

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

BIODATAS.....	3
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPÍTULO 1: EL RIESGO	10
ANDREW MASKREY	10
CAPÍTULO 2: LA APLICACIÓN DE LOS SIG AL ANÁLISIS DE RIESGOS.....	30
ANDREW MASKREY	30
CAPÍTULO 3: ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES SIG PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS.....	39
ANDREW MASKREY	39
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO Y EL RIESGO DEL ANÁLISIS ESPACIAL. EL USO DE LOS SIG PARA EL ATLAS REGIONAL DE RIESGOS DE COLIMA	69
JESÚS MANUEL MACÍAS.....	69
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RIESGOS DE DESASTRES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	78
ALICIA MINAYA P.	78
CAPÍTULO 6: PLANIFICACIÓN REGIONAL DEL OCCIDENTE COLOMBIANO BAJO CONSIDERACIÓN DE LAS RESTRICCIONES POR AMENAZAS ().....	117
ANDRÉS VELÁSQUEZ, HANSJÜRGEN MÉYER, WÁLTER MARÍN, FERNANDO RAMÍREZ, ANA CAMPOS, ANDRÉS DAVID DREWS, MARYORI ARANGO, MICHEL HERMELÍN, STEPHEN O. BENDER, JULIO SERJE	117
CAPÍTULO 7: ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES Y REGLAMENTACIÓN URBANA EN QUITO, ECUADOR	158
ING. MARÍA AUGUSTA FERNÁNDEZ	158
CAPÍTULO 8: SIG: PREVENCIÓN Y MANEJO DE LA VULNERABILIDAD URBANA EN ZONAS DE ALTO RIESGO SÍSMICO	189
DRA. NELLY A. GRAY DE CERDÁN	189
CAPÍTULO 9: ANÁLISIS DE RIESGO COMO GUÍA A UN ORDENAMIENTO DE ZONAS URBANAS. ESTUDIO DE CASO: ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA.....	204
FRANCISCO FLORES.....	204
CAPÍTULO 10: MAPEO DIGITAL DEL ESTADO DE RÍO DE JANEIRO Y DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PARAÍBA DEL SUR.....	238
ELAINE FERREIRA GOMES - SONIA MARÍA BELTRÃO - TERESA CRISTINA VEIGA	238
CAPÍTULO 11: APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA DETERMINACIÓN DE ÁREAS VULNERABLES A RIESGOS NATURALES	250

ING. CARMEN E. EUSTAQUIO VILLANUEVA	250
CAPÍTULO 12: DETERMINACIÓN DE ÁREAS CON RIESGO POTENCIAL DE EROSIÓN CON SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y PERCEPCIÓN REMOTA SECTOR: QUEBRADA LA SOLANA, RÍO QUIROZ, MARGEN IZQUIERDA RÍO MACARA PIURA-REGIÓN GRAU	258
NÉSTOR MONTALVO	258
CAPÍTULO 13: SIG E OS DESASTRES NATURAIS.....	279
UMA EXPERIENCIA NA REGIÃO DE SUMÉ, ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL	279
PROF. DR. MARX PRESTES BARBOSA.....	279
PROFA. MARIA JOSÉ DOS SANTOS	279

BIODATAS

STEPHEN BENDER es M.Sc. en arquitectura. Actualmente se desempeña como Especialista Principal de la Unidad de Desarrollo y Medio Ambiente de la Organización de Estados Americanos en Washington D.C.

ANA CAMPOS es ingeniería civil. Hizo M.Sc. en ingeniería sísmica en la Universidad de los Andes. Ha hecho evaluaciones de vulnerabilidad sísmica en Pereira y Cali, evaluación de vulnerabilidad de líneas vitales en Cali.

MARÍA JOSÉ DOS SANTOS es ingeniería agrónoma, especialista en Teledetección y profesora de la Universidad Federal de Paraíba. Es coordinadora del Área de Teledetección y SIG del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad Federal de Paraíba, Brasil. También es miembro de la Unidad de Estudios y Proyectos sobre Desastres (UN CAL).

MARÍA-AUGUSTA FERNANDEZ es ingeniería geógrafa e ingeniería en sistemas y ciencias de la computación de la Escuela Politécnica del Ejército de Ecuador. Postgrado en planificación regional en el Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas. Miembro Principal de la Comisión de Geografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Catedrática de la Universidad Católica del Ecuador. Asesora en desastres y medio ambiente para América del Sur de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID. Tiene aproximadamente veinte publicaciones entre artículos, ponencias y libros.

NELLY AMALIA GRAY DE CERDÁN es doctora en filosofía y letras especializada en geografía de la Universidad de Cuyo. Tiene, asimismo, un postgrado en Ordenamiento Territorial de la Universidad de Burdeos, Francia. Es investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina. Se desempeña como Profesora Titular y como Coordinadora del Centro de Estrategias Territoriales para el Mercosur (CETEM) en el Departamento de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo. Cuenta con una producción de más de cincuenta artículos publicados en revistas nacionales y extranjeras, cinco libros y capítulos de libros. Ha realizado una importante tarea como asesora de gobiernos locales, provinciales y de la Presidencia de Argentina en programas de ordenamiento territorial. Actualmente es Consultora Externa de la Unidad de Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente - Programa de Mitigación de Desastres de la OEA.

JESÚS MANUEL MACÍAS es geógrafo, doctor en Geografía, graduado en la Universidad Nacional Autónoma de México. Desde hace algunos años trabaja como investigador en el Centro de Investigaciones y Estudios Sociales en Antropología Social (CIESAS) en México, haciendo estudios regionales y sobre desastres. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México, de la Unión de Geógrafos Progresistas de México y del Grupo Especializado en Desastres del Consejo Mexicano de Ciencias Sociales, que es miembro de la

Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Tiene 35 títulos publicados entre artículos, libros y capítulos de libros.

ALICIA MINAYA PIZARRO es geógrafa, graduada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, con estudios de postgrado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección en la Universidad de Alcalá, España y maestría en Gestión del Medio Ambiente en la Universidad de Nottingham, Inglaterra. Ha trabajado en los temas ambiental, oferta ambiental, cambio climático, El Niño-Oscilación Sur, desastres, Agenda 21, en ITDG-Perú, CCAIJO-Cusco, el Instituto Geofísico del Perú y el Centro de Investigación en Geografía Aplicada (CIGA-PUCP). Actualmente apoya al Consejo Nacional de Medio Ambiente (CO-NAM) de Perú a través del Centro de Estudios Ambientales (IDEA) de la Pontificia Universidad Católica. Cuenta con varios artículos y trabajos a nivel nacional e internacional.

NÉSTOR MONTALVO es ingeniero agrícola, doctor en ciencias agronómicas, es especialista en recursos de agua y tierra, sistemas automatizados y sistemas de información geográfica. Se ha desempeñado como jefe del programa APODESA y jefe del departamento de recursos de agua y tierra de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Actualmente se desempeña como jefe del proyecto Estudios Automatizados Especializados del INADE y es profesor principal de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

MARX PRESTES BARBOSA es geólogo de petróleos, doctor, profesor de la Universidad Federal de Paraíba (Brasil), profesor visitante en el Centro de Ciencias para la Observación de la Tierra del Departamento de Geografía de la Universidad de Manitoba por el Consejo Nacional para el Desarrollo Técnico y Científico (CNPq/Brasil). Trabaja en desastres naturales y sus vinculaciones urbanas y rurales, con énfasis en la aplicación de datos de percepción remota en los problemas de sequías en el nordeste de Brasil.

FERNANDO RAMÍREZ GÓMEZ es sociólogo. Realizó estudios de maestría en La Universidad de París VIII. Ha trabajado en diferentes instituciones realizando investigaciones y consultorías sobre temas como población, desarrollo y desastres para el gobierno colombiano e instituciones internacionales como Naciones Unidas. Fue consultor de la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres hasta 1994. Actualmente se desempeña como consultor independiente en prevención de desastres y planificación urbana regional. Tiene entre sus publicaciones: "Algunas anotaciones sobre el trabajo independiente en Colombia", en:

Lecturas sobre Empleo (1987) y "Asentamientos Humanos en Zonas de Alto Riesgo, Elementos para una Política" (1991).

JULIO SERJE DE LA OSSA es ingeniero de sistemas y computación graduado en la Universidad de los Andes. Actualmente es Gerente de CompuArte Ltda. de Colombia. Se ha desempeñado como Consultor de FONADE en el diseño y desarrollo de un procesador de

documentos con capacidades gráficas y numéricas y un sistema de producción de gráficos estadísticos. Es desarrollador del software Desinventar promovido por LA RED.

ANDRÉS VELASQUEZ es ingeniero geólogo graduado en la Universidad Nacional Seccional de Medellín (1984). Ha sido investigador asociado del Observatorio Sismológico de Sur Occidente (OSSO) y actualmente es su director. Es profesor asistente de la Universidad del Valle desde 1988; es miembro fundador de LA RED. Participó en los planes de desarrollo de Medellín, Manizales, Pereira, y Cali (1983-1992), hizo estudios posterremoto de los sismos de 1991 (Chocó) y 1992 (Urabá). Es también miembro de comités locales y regionales para la prevención de desastres y de comisiones asesoras del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Ha dado conferencias y ha sido coorganizador de seminarios y talleres de mitigación de riesgos en Colombia y otros países en América Latina. Tiene varias publicaciones en las áreas de desastres históricos, planes de prevención de desastres, zonificaciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgos. Ha participado en actividades de mitigación de riesgos con comunidades urbanas y rurales, con sectores gubernamentales y no gubernamentales, instituciones de socorro y comunicadores.

INTRODUCCIÓN

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.

En los últimos años, ha surgido un creciente interés en la región por el uso de los SIG, tanto por parte de los organismos nacionales de gestión de desastres como por otras instituciones. Las expectativas generadas por el uso de SIG son muy altas, lo que a menudo implica que las organizaciones en la región dediquen cantidades significativas de recursos humanos, financieros e institucionales en la implementación de aplicaciones propias de los SIG.

Lamentablemente, paralelo al auge de los SIG, no ha ocurrido una sistematización de las experiencias en marcha ni una reflexión sobre los problemas conceptuales y metodológicos que se presentan en el diseño e implementación de aplicaciones para el análisis de riesgos. Sin enfrentar ni resolver estos problemas, se corre el peligro de que las aplicaciones no contribuyan positivamente a las estrategias de gestión de riesgos en la región.

Sin embargo, no es fácil una sistematización y análisis de la aplicación de los SIG al análisis de riesgos en la región. Por un lado, es evidente que, incluso en contextos como los Estados Unidos, el diseño de este tipo de aplicación es aún tema de investigación. No existen parámetros y procedimientos establecidos y probados que puedan utilizarse en su desarrollo, lo cual se refleja en una escasa literatura sobre el tema. En América Latina, la literatura disponible es más pobre aún, y se ha producido poca documentación sobre los proyectos en implementación.

Por otro lado, la literatura, en general, es de carácter descriptivo, centrada sobre todo en las características técnicas de los sistemas y no en el conjunto de cuestiones conceptuales y metodológicas que surgen en el diseño e implementación de las aplicaciones: los propósitos de la aplicación en el contexto de la gestión de riesgos; los conceptos y enfoques sobre el riesgo que informa el diseño de los modelos espaciales-temporales utilizados; los problemas para obtener datos de una adecuada calidad y cobertura; la gestión de los errores que pueden surgir en la información producida, y las estrategias utilizadas para la implementación de la aplicación en una entidad. Como tal, en vez de ayudar al análisis de problemas y a la exploración de estrategias, gran parte de la literatura confirma la impresión de que el diseño e implementación de aplicaciones SIG para el análisis de riesgos en América Latina, se está llevando a cabo en un vacío conceptual y metodológico.

Según los casos documentados en la literatura, los SIG, en la actualidad, juegan un rol sumamente conservador en la gestión de riesgos en la región. La mayoría de las aplicaciones documentadas parten de concepciones de riesgo informadas por las ciencias naturales y aplicadas, y en muchos casos se limitan al análisis de amenazas. Aun cuando el análisis de amenazas se complementa con datos sobre la vulnerabilidad, se busca cuantificar el riesgo como una medida neutral, y como objetivo de la

probabilidad de sufrir daños y pérdidas. Como tal, las aplicaciones tienden a enfocar la atención en las causas naturales y físicas de los desastres; mas no en los procesos sociales, económicos y políticos que configuran tanto amenazas como vulnerabilidades. Hasta la fecha, hay pocas aplicaciones que buscan representar el riesgo como una medida relativa y dinámica de la resistencia y capacidad de recuperación de una población vulnerable, frente a los daños y pérdidas causados por una amenaza determinada. En general, la información producida por los SIG se utiliza para sustentar estrategias convencionales de gestión de riesgo, como la zonificación de amenazas, y no para apoyar las estrategias de gestión de riesgos de poblaciones vulnerables. Menos comunes aún son las aplicaciones diseñadas para visualizar los escenarios de riesgo, desde la perspectiva de diferentes imaginarios, con el potencial de servir como herramientas de negociación entre los diversos actores comprometidos en su gestión.

Las aplicaciones documentadas manifiestan también un conjunto de problemas de diseño y de implementación. Debido a la gran variedad de amenazas y vulnerabilidades en la región y los procesos muy dinámicos de cambio, el riesgo en América Latina tiene una escala fractal muy alta, manifestada en escenarios de riesgo altamente localizados, cambiantes, heterogéneos y complejos.

Es muy difícil diseñar modelos espaciales-temporales de una resolución suficientemente alta, para poder visualizar estos escenarios en un SIG, debido a: la complejidad de las variables involucradas; la dificultad de cuantificar y representarlos como entidades espaciales-temporales, y la existencia de niveles de incertidumbre muy altos en tomo a su integración. En muchos contextos, estos problemas en el diseño de modelos espaciales se han complicado y agravado por la ausencia de fuentes de datos con una cobertura espacial y temporal adecuada y de una calidad aceptable.

El uso de datos de una calidad deficiente, en modelos cuya representación del riesgo es básicamente especulativa, magnifica y multiplica las posibilidades de error en la información producida. En general, en la región, se presta poca atención a la gestión del error en las aplicaciones SIG, y se ofrece poca información sobre el linaje de los datos y las operaciones realizadas sobre ellos. Como consecuencia, es probable que la información sobre el riesgo producida por muchas aplicaciones tenga niveles inaceptables de error, tanto en términos de la localización del riesgo como en términos de sus atributos, mientras que la detección y eliminación de los errores se vuelve bastante difícil.

Por otro lado, las estrategias de implementación de SIG en la región, que se basan en la adquisición de sistemas caros, ofreciendo funcionalidades sofisticadas, que requieren largos períodos para su puesta en funcionamiento, se han mostrado poco exitosas y sostenibles, dado que la mayoría de las instituciones y organizaciones comprometidas en la gestión de riesgos en América Latina se caracterizan por la inestabilidad, la falta de recursos y un enfoque cortoplacista y reactivo en la planificación de sus actividades.

Dada la falta de sistematización y análisis, no existen procedimientos y parámetros establecidos para resolver estos problemas. El presente libro 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.

Como tal, es menester resaltar que el libro no es un manual para aprender el manejo de un SIG. Tampoco pretende comparar las bondades relativas de los diferentes sistemas y softwares que se utilizan en la región. El objetivo central de la publicación de este libro, por parte de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres 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. Nuestra apuesta con esta publicación es que los SIG pueden ser herramientas para la generación de información que permiten la visualización y análisis de riesgos en la región, y que no podría producirse de otra forma.

La primera parte de este libro ofrece una sistematización y análisis comparativo sobre la aplicación de los SIG al análisis de riesgos en América Latina. en base a la literatura disponible. En el Capítulo 1, se presentan los diferentes enfoques conceptuales sobre el riesgo que han surgido de la investigación sobre los riesgos y los desastres, para luego caracterizar los escenarios de riesgo y la gestión de riesgos en América Latina. En el Capítulo 2, se introduce el concepto de análisis de riesgos, para luego reseñar la evolución de la aplicación de los SIG a este campo, tanto en América Latina como en otras partes del mundo, como una herramienta para la gestión de riesgos. En el Capítulo 3, se presenta un análisis y una sistematización de los problemas de diseño e implementación de aplicaciones de SIG para el análisis de riesgos en América Latina, además de las estrategias que podrían explorarse para resolver estos problemas.

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 Prevención de Desastres en América Latina: LA RED, en el marco de su V Reunión General llevada a cabo en Lima, Perú, en octubre de 1994. La importancia y relevancia de estos casos se debe no sólo al hecho de que ilustran con ejemplos concretos muchos de los problemas y estrategias reseñados en la primera parte del libro, sino que constituyen algunos de los pocos esfuerzos que se han realizado en América Latina, hasta la fecha, para sistematizar el uso del SIG en este campo, desde una perspectiva crítica. Como tal, representan una veta de análisis y sistematización que debe seguir profundizándose en el futuro.

Es preciso hacer explícito una limitación del presente trabajo. Refleja más que nada el estado de arte de los SIG del año 1994. Mientras que el análisis y sistematización presentados aquí no pueden representar más que un corte transversal en el tiempo, el desarrollo de la informática en general y de los SIG en particular en años recientes ha tenido una velocidad espectacular.

En el transcurso de la investigación y redacción del libro es indudable que han surgido numerosas nuevas aplicaciones en la región que ofrecen nuevas perspectivas sobre los problemas y estrategias presentados aquí. Nuestra única justificación frente a esta probabilidad y en defensa de la vigencia del libro es que los problemas de diseño e implementación presentados aquí, no son tan coyunturales como los sistemas de informática que los experimentan. Más bien, son problemas perennes, de carácter conceptual y metodológico, cuya solución no está garantizada por avances técnicos en el campo de la informática.

Por último, el autor quisiera agradecer a las siguientes personas que han contribuido en forma decisiva al desarrollo del presente trabajo: Andrés Velásquez (OSSO, Colombia); Jesús Manuel Macías (CIESAS, México); Juvenal Medina (ITDG, Perú); y Marx Prestes (Universidad de Paraíba, Brasil) quienes participaron en el diseño de la investigación y en la organización del Taller de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina: LA RED antes mencionado. Por su parte, María Augusta Fernández de RHUDO AID, Quito, y Stephen Bender de la OEA, Washington, facilitaron el acceso a una parte importante de la literatura analizada.

CAPÍTULO 1: EL RIESGO

Andrew Maskrey

La definición de términos y conceptos es un paso fundamental y una influencia dominante en la organización del pensamiento y, por consiguiente, en la dirección de la investigación y la aplicación sobre los riesgos (Lavell, 1992).

La investigación sobre los desastres y los riesgos aún ha de producir un cuerpo de teoría y terminología sólido y de amplia aceptación. Como tal, tanto los conceptos como sus significados reflejan diferentes perspectivas y enfoques hacia el riesgo que han evolucionado mediante los años bajo la influencia de diferentes disciplinas académicas. En la teoría sobre los desastres y los riesgos, se han incorporado gradualmente los aportes de las ciencias naturales, aplicadas y sociales, hasta llegar a modelos y conceptos más complejos y holísticos. Estos enfoques influyen decisivamente en las estructuras y estrategias creadas para la gestión de los riesgos en América Latina, en la conceptualización y aplicación del análisis de riesgos en el contexto de tales estructuras y estrategias, y en el diseño de aplicaciones de SIG para el análisis de riesgos.

1. EL ENFOQUE DE LAS CIENCIAS NATURALES

El primer período de investigación sobre el riesgo fue dominado por los aportes de las ciencias naturales. Se consideraba a los desastres como sinónimos de eventos físicos extremos, denominados desastres naturales. En su versión menos sofisticada, lo que podríamos llamar el enfoque de las ciencias naturales, postulaba que un terremoto, erupción volcánica, huracán u otro evento extremo era de por sí un desastre.

Como resultado, la magnitud de un desastre fue considerada como función de la severidad, magnitud e intensidad del evento físico (Lavell, 1992). Como consecuencia, la investigación de los desastres se centraba en el estudio de los procesos geológicos, meteorológicos, hidrológicos y otros procesos naturales que generan amenazas naturales, un término utilizado para describir la probabilidad de ocurrencia de un evento físico extremo en un lugar y período determinados. La investigación sobre el riesgo se centraba en la ubicación y distribución espacial de las amenazas, su frecuencia y periodicidad temporal, y su magnitud e intensidad.

Este enfoque elude cuestiones de responsabilidad social o política para los riesgos, mediante la categorización de los desastres como 'actos de Dios' o, si no, como productos inevitables de fuerzas naturales extremas. La semiótica del enfoque está poblada por imágenes de fenómenos naturales imponentes e incontrolables. Mediante la conceptualización de los desastres como eventos inevitables, no previsibles y extremos que interrumpen procesos políticos, sociales y económicos "normales", el enfoque difunde una visión de los desastres como eventos discretos, fundamentalmente desconectados de la sociedad.

El objetivo social de gran parte de la investigación realizada bajo este enfoque fue lograr que se pudiera predecir con mayor exactitud la ocurrencia de los desastres. La declaración del DIRDN, por las Naciones Unidas en 1989, que definió sus objetivos en términos de mejorar el conocimiento científico y difundir información sobre las amenazas naturales, fue coherente con este objetivo y con el enfoque de las ciencias naturales en general.

El enfoque mantiene su presencia aún en la literatura reciente (Bryant, 1991). El uso de frases como "los efectos de un desastre" o "el impacto de un desastre" indican que se consideran las amenazas naturales como sinónimos de los desastres, aunque sea en forma subconsciente, (Lavell, 1996). La declaración del DIRDN se refiere textualmente a "desastres como terremotos", mientras que una publicación reciente (Royal Academy of Engineering, 1995) categoriza los desastres como terremotos, inundaciones, tempestades, etc. Hasta el Banco Mundial (Munasinghe, Clarke, 1995) sigue categorizando a los desastres según el tipo de amenaza.

2. EL ENFOQUE DE LAS CIENCIAS APLICADAS

Una vez que la investigación se amplió hacia el estudio de las pérdidas y daños asociados con diferentes amenazas, surgió el concepto de que la magnitud de un desastre o del riesgo no fuera necesariamente función de la magnitud de la amenaza. Un ejemplo, ya hecho popular en la literatura, es que un terremoto de gran magnitud no necesariamente causaría un desastre si es que ocurriera en un desierto no habitado. Excluyendo posibles modificaciones al paisaje del desierto, no existiría un impacto físico, económico o social medible del sismo. Por lo tanto, bajo la influencia de ciencias aplicadas, como la ingeniería, se postuló que para producirse un desastre tiene que haber un impacto medible en el medio ambiente, sociedad o economía donde se manifiesta la amenaza.

La investigación, por lo tanto, dio un salto importante, del concepto que sostenía que los riesgos son sinónimos de las amenazas, hasta el concepto de que los desastres están estrechamente relacionados con los impactos producidos por eventos físicos extremos. Se empezó a considerar a los eventos extremos como los catalizadores que transforman una condición vulnerable en desastre (Cuny, 1983). Otros definieron a desastre como un evento no esperado, que causa alteraciones intensas a elementos expuestos; por ejemplo, la muerte, daños a la infraestructura o cambios ambientales (Cardona, 1992).

En los años 70 y 80, en el marco de lo que llamaríamos el enfoque de las ciencias aplicadas, la investigación estudió el impacto diferenciado de eventos asociados con amenazas de distinto tipo: en el espacio, en sistemas constructivos, en las morfologías urbanas, en redes de infraestructura y sistemas vitales, etc.

Introduciendo un concepto clave, el de la vulnerabilidad, se enfatizó que los impactos asociados con las amenazas, en vez de ser homogéneos, demuestran grandes irregularidades en el espacio y el tiempo. El riesgo empezó a ser definido como función tanto de la amenaza como de la vulnerabilidad (Davis, 1978; Romero y Maskrey, 1983). Se desarrollaron tipologías de sistemas constructivos, espacios y asentamientos; por

ejemplo, clasificando a viviendas no reforzadas de adobe como vulnerables a terremotos (Maskrey y Romero, 1985), a los asentamientos en las llanuras de inundación como vulnerables a inundaciones, etc. (Maskrey, 1985).

Mientras que los modelos de riesgo de las ciencias naturales fueron básicamente modelos de amenaza, las ciencias aplicadas presentaron modelos conceptuales que incorporaron la vulnerabilidad:

$$R = A * V \text{ o } R = A + V \text{ donde } R = \text{riesgo, } A = \text{amenaza y } V = \text{vulnerabilidad}$$

Lamentablemente, en la literatura no se adoptó una terminología común, generando confusión y frenando la comunicación entre investigadores y especialistas de diferentes disciplinas. Muchos científicos naturales, por ejemplo, utilizan el termino riesgo como sinónimo de amenaza (riesgos geológicos, riesgos meteorológicos, etc.). En cambio, en la literatura médica, a menudo se utiliza el término riesgo como sinónimo de vulnerabilidad, para definir factores como la mal nutrición y el agua contaminada que puede acelerar una epidemia. Frente a problemas semánticos como éstos, en 1980 el Grupo de Trabajo del ex UNDRO sobre el Análisis de Vulnerabilidades intentó desarrollar un modelo conceptual de riesgo más preciso, expresado como:

$$R = Re * El \text{ donde } Re = A * V$$

y donde A = amenaza natural (significando la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural, potencialmente peligroso, dentro de un período determinado en un área dada); V = vulnerabilidad (significando el grado de pérdida experimentado por un elemento o grupo de elementos, en riesgo, debido a la ocurrencia de un fenómeno natural de una determinada magnitud, expresado en una escala de 0 (sin daños) a 1 (destrucción total); El = elementos en riesgo (significando la población, edificaciones, obras civiles, actividades económicas, servicios públicos, utilidades e infraestructura, etc. en riesgo, en un área determinada); Re = riesgo específico (significando el grado de pérdida esperado de un fenómeno natural particular, como un producto de la amenaza y la vulnerabilidad); y R = riesgo (significando el número de vidas perdidas, personas heridas, daños a propiedades y disrupción de actividades económicas, esperado a raíz de un fenómeno natural determinado y, por ende, como producto de riesgo específico y elementos en riesgo) (UNDRO, 1980).

Un modelo similar desarrollado por Cardona fue expresado como:

$$R_{iet} = t(H_i, V_e)$$

donde H_i = la probabilidad de ocurrencia de una amenaza de intensidad "i"; V_e = la probabilidad de un elemento "e" de ser susceptible a pérdida, debido a una amenaza de intensidad "i"; t = un período determinado; R_{iet} = la probabilidad de que un elemento "e" sufre un pérdida como consecuencia de una amenaza de intensidad "i" en un período "t" (Cardona, 1992).

El enfoque de las ciencias aplicadas difiere del enfoque de las ciencias naturales en el hecho de que se centra en el impacto y efecto de los eventos asociados a las amenazas, y no en el evento mismo. Sin embargo, es preciso subrayar que el enfoque considera que las amenazas siguen siendo la causa de los desastres, mientras que el concepto de vulnerabilidad está utilizado solamente para explicar el daño, las pérdidas y otros efectos.

Como tal, el objetivo social de muchas investigaciones de las ciencias aplicadas ha sido el diseño de medidas estructurales y otro tipo para mitigar las pérdidas causadas por eventos extremos y, por ende, lograr que la sociedad sea segura.

Defensas ribereñas para reducir el impacto de las inundaciones, y planificación urbana basada en la zonificación sísmica, son típicamente medidas de gestión de riesgos inspiradas en el enfoque de las ciencias aplicadas. Este enfoque sí reconoce la existencia de responsabilidades sociales y políticas para evitar las pérdidas. Tanto los gobiernos, como el público en general, están exhortados por investigadores y funcionarios para implementar medidas de reducción de riesgos (Stallings, 1995). La semiótica del enfoque enfatiza imágenes de desastre asociadas con eventos amenazantes espectaculares y eventuales, causando enormes pérdidas y destrucción (el colapso de edificios y autopistas en Kobe, Japón, y Northridge, California) o enormes pérdidas de vida (como en Bangladesh y Sudán).

3. EL ENFOQUE DE LAS CIENCIAS SOCIALES

El enfoque de las ciencias aplicadas representó un cambio en el énfasis del estudio de las amenazas hacia el estudio de sus impactos y efectos. Un segundo cambio de énfasis se produjo en los años 70, cuando científicos sociales empezaron a cuestionar muchos de los supuestos implícitos en el enfoque de las ciencias aplicadas acerca de la vulnerabilidad.

En forma paralela con la investigación ingenieril sobre la vulnerabilidad, la investigación social, en los Estados Unidos, ya había enfocado el impacto de eventos asociados con amenazas de diferentes tipos en la organización social (Dynes et al., 1987; Quarantelli, 1978). El estudio de Prince sobre los efectos de la explosión de un buque de municiones en el muelle de Halifax, Nova Scotia, en 1920, es citado a menudo (García Acosta, 1992) como una de las primeras investigaciones sobre el impacto social de un desastre.

La investigación sobre el impacto social de las amenazas enfocó, en particular, cambios en los patrones de interacción social a diferentes niveles: el individuo, la familia, la comunidad y la sociedad más amplia (Drabek, 1986). Sin embargo, es cuestionable hasta qué punto la investigación sociológica norteamericana representaba una ruptura con el enfoque de las ciencias aplicadas, en la medida que consideraba que los eventos extremos causan diferentes tipos de cambio y disrupción en estructuras sociales normales, en el contexto de un sistema o subsistema social determinado, implicando que, al igual que en las ciencias ingenieriles, los desastres se catalogan como eventos sociales anormales.

Muchos consideran (Winchester, 1992) que un verdadero enfoque social de los desastres fue inaugurado por el trabajo del geógrafo Gilbert White, en los años 50 y 60. El trabajo de White se centró en la percepción social de las amenazas, y cómo dichas percepciones influían en las decisiones que toma una población determinada para que su medio ambiente sea más seguro o más peligroso (por ejemplo, si es que una población decide conscientemente vivir en una llanura de inundación o en las laderas de un volcán activo) (White, 1961). Sus investigaciones enfatizaron en que los desastres tienen causas humanas y no sólo naturales, y que las sociedades y comunidades expuestas a determinadas amenazas no son homogéneas.

Esto implica que diferentes grupos sociales realizan una gestión muy diferenciada de los riesgos que enfrentan y que, por ende, la vulnerabilidad es un valor de carácter social, que no puede reducirse al grado de pérdida que podría sufrir un determinado elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza.

La definición de vulnerabilidad, como un valor objetivo, representando pérdida o daño, fue también desacreditada por la sociología norteamericana (Drabek, 1986), la cual sugirió que un desastre sólo ocurre cuando los daños producidos por un evento exceden la capacidad de resistencia y recuperación de una determinada población. Esto implica que la vulnerabilidad no puede ser medida, ni definirse, sin hacer referencia a la capacidad de la población en cuestión de absorber, responder y recuperarse del evento. Si ocurrieran niveles de pérdidas similares en un país grande y en un país pequeño, las implicaciones serían muy diferentes, debido a las capacidades de las unidades sociales involucradas. Un nivel de destrucción que podría ser absorbido sin problemas, en un país como los Estados Unidos, probablemente sería catastrófico en una isla pequeña.

Otros investigadores exploraron los procesos causales de la vulnerabilidad, utilizando las teorías sociales de marginalidad y dependencia que estuvieron de moda en los años 70. Ellos plantearon que la vulnerabilidad es generada por determinados procesos económicos, sociales y políticos y, por lo tanto, lo redefinieron como el grado en que factores socioeconómicos y sociopolíticos afectan la capacidad de una población para absorber y recuperarse del impacto de un evento asociado con una amenaza determinada (Westgate, O'Keefe, 1976). Presentaron evidencias empíricas, con las cuales demostraron que las pérdidas sociales asociadas con amenazas con características similares en los países ricos son completamente diferentes que en los países pobres, y que en estos últimos las pérdidas sociales se concentran entre los grupos más marginados (Wijkman, Timberlake, 1984).

Investigadores en América Latina (Caputo et al., 1985; Maskrey, 1985, 1989) complementaron estos resultados con estudios de casos que demostraron que, debido a procesos sociales, económicos y políticos fácilmente identificables, gran parte de la población rural y urbana vive en un estado de vulnerabilidad más o menos permanente, caracterizado por: espacios físicos susceptibles a diversas amenazas; situaciones de viviendas inseguras; gran fragilidad en sus economías familiares y colectivas; la ausencia de servicios sociales básicos; falta de acceso a la propiedad y al crédito; presencia de discriminación étnica, política o de otro tipo; convivencia con recursos de aire y agua contaminados; altos índices de analfabetismo y ausencia de oportunidades de educación, etc.

Esta vulnerabilidad se configura históricamente, creando condiciones propicias para desastres periódicos; una situación ya descrita en gran detalle por Engels, en la ciudad de Manchester, Inglaterra, a mediados del siglo XIX. Se llegó, por lo tanto, a explicar los procesos de toma de decisiones de la población vulnerable en términos de la economía política.

Mediante esta radical redefinición de la vulnerabilidad como una condición socialmente producida, la magnitud de un desastre dejó de ser considerada como función de las pérdidas y daños ocasionados por un evento extremo; considerándose como función de los procesos en la economía política que generan la vulnerabilidad, empujando la responsabilidad para la ocurrencia de los desastres hacia el centro del ámbito político, económico y social (Hewitt, 1983). El enfoque social redefinió a los desastres como problemas no resueltos del desarrollo (Wijkman, Timberlake, 1984) o como períodos de crisis en el marco de procesos sociales preexistentes en una sociedad (Lavell, 1992). Los desastres empezaron a identificarse tanto con los patrones de vulnerabilidad como con los patrones de amenaza; mientras que los patrones de vulnerabilidad, a su vez, se asociaban con determinados procesos históricos de cambio social. La investigación empezó a dar atención tanto a los procesos históricos, mediante los cuales surge la vulnerabilidad, como a las pérdidas y daños asociados con amenazas específicas. La idea de amenazas afectando a sociedades "normales" se reemplazó con la idea de sociedades en crisis, afectadas por eventos previsibles y "normales".

Esta redefinición de la vulnerabilidad, de una medida objetiva de pérdida o daño, hacia una medida relativa de la capacidad de una población de absorber y recuperarse de un daño o pérdida determinada, planteó limitaciones para los modelos conceptuales inspirados en las ciencias aplicadas, y llevó a intentos de analizar y clasificar la vulnerabilidad y formular nuevos modelos de riesgo.

Wilches-Chaux (Wilches-Chaux, 1989) propuso una clasificación de la vulnerabilidad en términos de diez componentes:

La vulnerabilidad física (o localizacional)

Se refiere a la localización de grandes contingentes de la población en zonas de riesgo físico; condición suscitada, en parte, por la pobreza y la falta de opciones para una ubicación menos riesgosa y, en parte, debido a la alta productividad (particularmente agrícola) de un gran número de estas zonas (faldas de volcanes, zona de inundación de ríos, etc.), lo cual tradicionalmente ha motivado un poblamiento de las mismas.

La vulnerabilidad económica

Existe una relación inversa entre ingresos per cápita a nivel nacional, regional, local o poblacional y el impacto de los fenómenos físicos extremos. Es decir, la pobreza aumenta el riesgo de desastre. Más allá del problema de ingresos, la vulnerabilidad económica se refiere, de forma a veces correlacionada, al problema de la dependencia económica nacional, la ausencia de adecuados presupuestos públicos nacionales, regionales y locales, la falta de diversificación de la base económica, etc.

La vulnerabilidad social

Referente al bajo grado de organización y cohesión interna de comunidades bajo riesgo que impide su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastre.

La vulnerabilidad política

En el sentido del alto grado de centralización en la toma de decisiones y en la organización gubernamental, y en la debilidad en los niveles de autonomía de decisión regional, local y comunitario, lo cual impide una mayor adecuación de acciones a los problemas sentidos en estos niveles territoriales.

La vulnerabilidad técnica

Referente a las inadecuadas técnicas de construcción de edificios e infraestructura básica utilizadas en zonas de riesgo.

La vulnerabilidad ideológica

Referente a la forma en que los hombres conciben el mundo y el medio ambiente que habitan y con el cual interactúan. La pasividad, el fatalismo, la prevalencia de mitos, etc.; todos aumentan la vulnerabilidad de las poblaciones, limitando su capacidad de actuar adecuadamente frente a los riesgos que presenta la naturaleza.

La vulnerabilidad cultural

Expresada en la forma en que los individuos se ven a sí mismos, en la sociedad y como un conjunto nacional. Además, el papel que juegan los medios de comunicación en la consolidación de imágenes estereotipadas o en la transmisión de información desviante sobre el medio ambiente y los desastres (potenciales o reales).

La vulnerabilidad educativa

En el sentido de la ausencia, en los programas de educación, de elementos que adecuadamente instruyen sobre el medio ambiente, o el entorno que habitan los pobladores, su equilibrio o desequilibrio, etc. Además, se refiere al grado de preparación que recibe la población sobre formas adecuadas de comportamiento a nivel individual, familiar y comunitario, en caso de amenaza u ocurrencia de situaciones de desastre.

La vulnerabilidad ecológica

Relacionada con la forma en que los modelos de desarrollo no se fundamentan en "la convivencia, sino en la dominación por destrucción de las reservas del ambiente, que necesariamente conduce a un ecosistema; por una parte, altamente vulnerable, incapaz de autoajustarse internamente para compensar los efectos directos o indirectos de la acción humana y, por otra parte, altamente riesgoso para las comunidades que los explotan o habitan". (Wílches-Chaux 1988:3-39).

La vulnerabilidad institucional

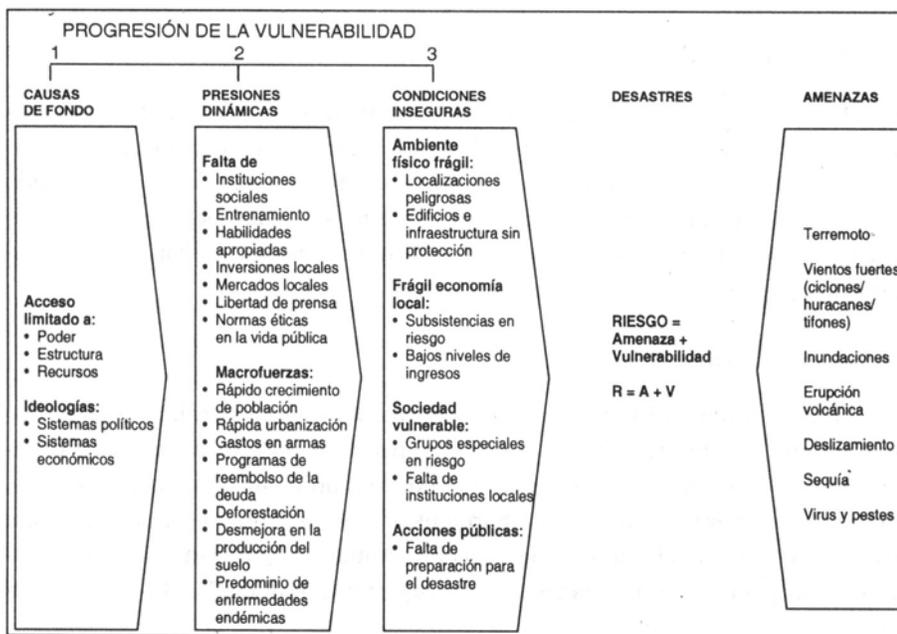
Reflejada en la obsolescencia y rigidez de las instituciones, especialmente las jurídicas, donde la burocracia, la prevalencia de la decisión política, el dominio de criterios personalistas, etc. impiden respuestas adecuadas y ágiles a la realidad existente.

Otro sistema de clasificación propuesto por Ratick (Ratick, 1994) definió la vulnerabilidad en términos de **Exposición**: la intersección de la actividad humana, el

uso del suelo y el medio ambiente construido con los patrones de amenaza; **Resistencia:** la capacidad de una sociedad y el medio ambiente construido a resistir el impacto de los eventos amenazantes; **Resiliencia:** la capacidad de una sociedad de recuperarse después del impacto; **Recuperación:** la capacidad de una sociedad de reconstruir después de un desastre; **Aprendizaje:** la capacidad de una sociedad de aprender de los desastres ocurridos; **Adaptación:** la capacidad de una sociedad de cambiar sus patrones de conducta a raíz de la ocurrencia de desastres.

Por otro lado, se propusieron nuevos modelos conceptuales de riesgo, tales como el modelo de "presión y liberación" (Cannon, 1994; Blaikie, et al., 1996).

MODELO DE PRESIÓN Y LIBERACIÓN



Este modelo pone énfasis en las relaciones entre: estructuras sociales, políticas y económicas globales, que llama "causas de fondo"; "presiones dinámicas", como la urbanización y la degradación ambiental, que afectan a sociedades determinadas y "condiciones inseguras" específicas, que se manifiestan en un ambiente físico, economía local y sociedad frágil y vulnerable. En el otro lado del modelo, se representan las amenazas, dando lugar a una versión mejorada y expandida del modelo $R = A \cdot V$ de las ciencias aplicadas. La equivalencia de la vulnerabilidad, como una medida de pérdida material, está reemplazada con una llamada "progresión de vulnerabilidades", desde lo global hacia lo específico.

A la vez, el modelo indica que la vulnerabilidad siempre es una variable sumamente compleja, en la cual la pobreza juega un papel importante, pero no necesariamente dominante.

Otro modelo conceptual es el "modelo de acceso" (Blaikie et al., 1996). Mientras que el modelo de "presión y liberación" podría considerarse estructuralista en enfoque, ya que tiende a dar énfasis a la vulnerabilidad como un resultado inevitable de "procesos dinámicos" y "causas de fondo"; el modelo de acceso (Sen, 1981; Chambers, 1989; Winchester, 1992) adopta una visión de adentro hacia afuera, explorando las barreras y canales que afectan el acceso de una unidad familiar a activos y recursos, a lo largo del tiempo, y que pueden conducir a un proceso de acumulación o desacumulación de bienes y reservas.

En este modelo, los activos se clasifican en varios tipos:

Activos humanos: Número de miembros de la familia disponible para el trabajo y su nivel de educación y salud.

Activos productivos familiares: Vivienda, tierras, equipos, animales, utensilios domésticos, etc.

Activos productivos comunales: Acceso a tierra, agua y otros recursos de propiedad comunal.

Demandas: Sobre otras familias, la comunidad, patrones, el Estado, ONG, etc.

Reservas: Dinero en el banco, joyas, alimentos, etc.

El modelo demuestra que es probable que hogares con pocos bienes y recursos disponibles o en reserva, y con poco acceso a recursos colectivos o a procesos redistributivos o de reciprocidad, tienen poca capacidad de absorber el impacto de una amenaza y recuperarse de ella. El modelo da énfasis a la existencia de niveles diferenciados de vulnerabilidad entre hogares en una población determinada, aun cuando los niveles de amenaza y vulnerabilidad física son iguales. La capacidad de poder convertir reservas en activos (por ejemplo, vender tierras para obtener dinero en efectivo), la dependencia sobre un solo medio de vida (un negocio familiar, por ejemplo) y el acceso del hogar a redes de apoyo social o familiar son todos ejemplos de factores que determinarían su nivel de vulnerabilidad a una amenaza determinada.

El modelo, entonces, enfatiza que la vulnerabilidad no puede considerarse sinónimo de pobreza. Mientras que la pobreza se refiere a necesidades insatisfechas, la vulnerabilidad se refiere a una falta de capacidad de defenderse y superar una crisis (Chambers, 1989).

4. UN ENFOQUE HOLÍSTICO

Los modelos conceptuales desarrollados bajo el enfoque social dan énfasis a las variables y procesos que configuran los patrones de vulnerabilidad. Sin embargo, subrayan tanto las causas "sociales" de los riesgos, que a veces tienden a perder de vista a las amenazas y las interrelaciones entre amenaza y vulnerabilidad. La investigación reciente ha vuelto a prestar mayor atención a las amenazas en una visión más holística del riesgo (Winchester, 1992; Blaikie et al., 1996; Lavell, 1996; Lavell,

Franco, 1996; Mansilla. 1996; Maskrey. 1994, 1996, etc.). En el presente trabajo, planteamos un modelo de escenario de riesgos en un intento de integrar dichos aportes en una visión del riesgo, que relaciona tanto las amenazas y las vulnerabilidades como las pérdidas y las estrategias de mitigación de las mismas.

Una investigación, utilizando el modelo de acceso (Winchester, 1992), definió al riesgo como una relación dinámica entre (1) vulnerabilidades, (2) amenazas, (3) pérdidas y daños y (4) estrategias de adaptación, en el marco de una determinada unidad social como el hogar. Esta definición empieza a destruir el concepto de riesgo como un valor objetivo y absoluto, ya que incide en que la percepción y valoración del riesgo por parte de la población y las estrategias de gestión que adopten frente al riesgo determinarían el valor social del riesgo.

A la vez, da énfasis al hecho de que las estrategias de gestión de la población están estrechamente relacionadas a la frecuencia, magnitud, predecibilidad y oportunidad de ocurrencia de las pérdidas o daños que sufran, como resultado de la interacción entre amenazas y vulnerabilidades. Una serie de sucesivas pérdidas pequeñas puede erosionar la capacidad de gestión de una población, hasta el punto de precipitar una crisis, de la misma manera que una pérdida eventual de gran magnitud. Por otro lado, es posible que una población pueda adaptar sus estrategias de gestión para enfrentar pérdidas regulares y frecuentes (como una inundación anual), lo cual sería imposible frente a una erupción volcánica que ocurra sólo una vez cada quinientos años.

Podríamos caracterizar las relaciones dinámicas entre: vulnerabilidades y capacidades, amenazas y oportunidades, pérdidas y activos, mitigación y sobrevivencia como escenarios de riesgo, en el contexto de una determinada unidad social, que puede ser desde un hogar hasta toda una sociedad. Como modelo, el concepto de escenarios de riesgos enfatiza que la población no es sólo una víctima pasiva de amenazas naturales y vulnerabilidades estructurales sino que activamente desarrolla estrategias de gestión de riesgos, que en el peor de los casos son estrategias de sobrevivencia, para mitigar las pérdidas y daños. Como tal, el riesgo se configura en el encuentro de procesos, tanto naturales como sociales, con las unidades sociales y sus estrategias de gestión. En el modelo, por lo tanto, el riesgo deja de existir en términos objetivos; que necesariamente tiene que tener un sujeto quien lo experimenta.

Las estrategias de gestión de la población pueden ser de diferentes tipos. De las contribuciones de distintos autores, se puede proponer la siguiente clasificación de las estrategias de gestión de riesgos: **Mitigación de Amenazas:** por ejemplo, la construcción de distintos ribereñas, estabilización de laderas, etc. **Reducción de la Vulnerabilidad Física o Técnica o la Exposición:** reubicación de asentamientos a lugares seguros, reforzamiento de estructuras, etc., desarrollando planes de contingencia para emergencias. **Reducción de la Vulnerabilidad Económica:** facilitando el acceso a recursos o a la diversificación de los medios de trabajo; aumentando los activos y las reservas, diversificación de estrategias de producción o de ingreso, migración a zonas con mejores posibilidades económicas, etc. **Reducción de la Vulnerabilidad Social o Educativa:** mejorando la salud o educación de miembros de la familia, aumentando el tamaño de las familias, reforzando las redes de apoyo mutuo familiares o comunales. **Reducción de la Vulnerabilidad Cultural:** adoptando

percepciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo que faciliten la evolución de estrategias positivas de mitigación, en vez de fatalismo. **Reducción de la Vulnerabilidad Política:** desarrollando formas de organización social y política que mejoren la capacidad de negociación de la población para obtener acceso a servicios, créditos, activos, etc. (Wilches-Chaux, 1989; Winchester, 1992; Maskrey, 1994; Blaikie et al. 1996).

ESCENARIOS DE RIESGOS



Diferentes combinaciones de estas estrategias pueden disminuir la exposición y aumentar la resistencia, resiliencia, recuperación, aprendizaje y adaptación (Ratick, 1994) frente a diferentes patrones de pérdidas. Sin embargo, en la medida que dichos patrones se vuelvan más extremos, debido a una acumulación acelerada de vulnerabilidades y amenazas, las opciones de gestión de riesgos se vuelven más limitadas, reduciendo el espacio de maniobra de la población.

En tales contextos, es probable que se acepten ciertos tipos de pérdida, como el "costo" de poder reducir o mitigar a otras, significando que las estrategias de gestión de riesgos se vuelvan estrategias eminentemente defensivas de sobrevivencia. En contextos más favorables, es posible que las estrategias de gestión de riesgos puedan tener características de "contraataque", reduciendo las pérdidas, mediante la implementación de una combinación de las estrategias arriba mencionadas.

A diferencia del modelo de "presión y liberación", que insinúa que los procesos sociales no influyen sobre las amenazas, en el modelo de escenarios de riesgo las amenazas están ubicadas en la confluencia de los procesos sociales y naturales. En otras palabras, los procesos sociales y naturales influyen tanto en la vulnerabilidad como en la amenazas. Obviamente, hay determinadas amenazas, como las erupciones volcánicas o los terremotos que, aparentemente, pueden ser más naturales que sociales.

Sin embargo, hasta amenazas de este tipo, a menudo, manifiestan una fuerte configuración social. La amenaza sísmica, por ejemplo, puede aumentarse mediante procesos como el drenaje y relleno de terrenos pantanosos, como en la ciudad de México. Como tal, la mayoría de las amenazas deberían describirse propiamente como amenazas socionaturales, particularmente aquellas como las inundaciones, deslizamientos y sequías, donde los patrones de intervención humana alteran de manera fundamental las características de la amenaza (Lavell, 1996). Mientras que una tempestad tropical intensa puede considerarse como un evento natural, las inundaciones y deslizamientos que provoca serían determinados no sólo por factores, como la topografía y la geología, sino también por el tipo de cobertura vegetal y uso de la tierra, factores que son socialmente y no naturalmente determinados. La deforestación, extracción de agua subterránea, sobrepastoreo, minería a tajo abierto, destrucción de manglares y construcción de infraestructura, como represas y carreteras, son todos procesos que pueden generar nuevas amenazas y exacerbar los existentes.

Aparte de las amenazas socionaturales, el desarrollo urbano e industrial también genera amenazas tecnológicas y antrópicas, debido a procesos continuos, como la contaminación del aire o agua, o por accidentes o fallas en procesos industriales o de generación de energía, debido a la negligencia, falta de controles adecuados o por el uso de tecnología y conocimiento científico inadecuado. Otras categorías de amenazas incluyen las biológicas, como el SIDA, y amenazas sociopolíticas, como las guerras y conflictos internos. Finalmente, habría que mencionar los efectos del cambio global ambiental que, aparentemente, estarían incidiendo en cambios radicales en los procesos que generan muchos tipos de amenaza.

En otras palabras, los mismos procesos sociales, políticos y económicos, que generan la vulnerabilidad, también influyen en las amenazas. A la vez, los procesos naturales también influyen en la vulnerabilidad. Las poblaciones vulnerables frecuentemente están obligadas a vivir en zonas susceptibles a amenazas; por ejemplo, en el fondo de barrancos, en las llanuras de inundación de los ríos o en tierras marginales con poco potencial agrícola. Dichas condiciones físicas no sólo configuran una susceptibilidad a amenaza sino, a menudo, también un aumento de la vulnerabilidad.

La construcción de viviendas e instalación de infraestructura y servicios básicos en laderas; por ejemplo, se vuelven mucho más costosas y difíciles que en tierras planas, imponiendo costos adicionales a poblaciones vulnerables. Similarmente, tener que practicar la agricultura en tierras marginales puede significar una reducción dramática en las oportunidades de ingreso de poblaciones vulnerables.

Para poder modelar el conjunto de relaciones que configuran el riesgo, también hay que enfrentar la cuestión de escala, un problema sólo parcialmente resuelto por las ciencias sociales. La sociología norteamericana ya había puesto énfasis en que la magnitud de un desastre no puede definirse ni medirse sin referencia a la unidad social (familia, comunidad, sociedad) donde ocurre la pérdida o daño (Drabek, 1986). Por relacionar el desastre con la capacidad de resistencia y recuperación de la población afectada, esta conceptualización de los desastres significó una ruptura radical con los esfuerzos mecanísticos de las Naciones Unidas, y con otros que definían desastres sólo en términos de la magnitud de las pérdidas (por ejemplo, un evento que mata a más de 100 personas o que afecta más de 1% del GNP de un país). En particular, permitió diferenciar a los desastres de situaciones de pérdidas "normales", como los accidentes de tránsito que ocurren gradualmente a lo largo del tiempo. Sin embargo, después de establecer esta relación entre pérdidas y capacidades, la investigación norteamericana tendía a dispersarse en definiciones semánticas de desastres a diferentes escalas (accidentes, emergencias, catástrofes, etc.), y perdió de vista las relaciones entre escenarios de riesgo a diferentes escalas. Para poder modelar estas relaciones, es preciso ir más allá de las definiciones semánticas y remitirse a la geometría fractal (Mandelbrot, 1982). La geometría fractal de riesgos es una forma de medir la complejidad y heterogeneidad del riesgo en el tiempo y el espacio.

Suponiendo que los riesgos y los desastres tuvieran un carácter fractal, los escenarios de riesgo a diferentes escalas estarían estrechamente relacionados, pero de una forma asincrónica y asimétrica. Un escenario de riesgo, a nivel de un hogar individual, sería un fractal de escenarios de riesgo a otras escalas; por ejemplo, a nivel de una ciudad, región o país. En otras palabras, el riesgo a nivel individual sería un fractal del riesgo a nivel global. La escala fractal del riesgo sería, entonces, una medida de la complejidad y heterogeneidad de los escenarios de riesgos en diferentes contextos. La escala fractal se mide desde 1 (mínima complejidad y diferenciación) hasta 2 (máxima complejidad y diferenciación). En países o regiones donde los escenarios de riesgo son sumamente heterogéneos y complejos, la escala fractal del riesgo tendería hacia 2. En otros contextos, donde los escenarios son más homogéneos y muestran menos diferenciación, la escala fractal del riesgo tendería hacia 1.

Contextos relativamente homogéneos, en términos físicos y sociales, probablemente tendrían una baja escala fractal de riesgo; mientras que contextos sumamente heterogéneos, tendrían una alta escala fractal. Un contexto donde el riesgo tiene una alta escala fractal sería conformado por múltiples pequeños escenarios de riesgo altamente heterogéneos y localizados. Un contexto donde el riesgo tiene una baja escala fractal estaría conformado por un menor número de escenarios de mayor tamaño y menor complejidad.

La construcción social de un determinado nivel de pérdida o daño, como un desastre, también dependería de la escala fractal del riesgo del escenario donde ocurra la pérdida o daño. En contextos de baja escala fractal, probablemente se necesitarían pérdidas relativamente significativas para ser considerados como un desastre, a diferencia de contextos de alta escala fractal, donde hasta una pérdida pequeña puede constituir un desastre.

En contextos donde la escala fractal del riesgo es alta, se requiere una alta resolución de observación para poder apreciar la compleja variabilidad del riesgo a nivel local. Estos son los contextos caracterizados por numerosos desastres pequeños, altamente diferenciados, aun cuando son provocados por un solo evento, como un gran terremoto. En un famoso ejemplo, Mandelbrot indicó que la longitud de la costa de Gran Bretaña aumenta según se aumenta la resolución de observación. La diferenciación visible del riesgo, entonces, aumentaría según se aumenta la resolución de observación; sobre todo, en contextos donde la escala fractal del riesgo es muy alta. Esto significa que no existe una respuesta objetiva a la pregunta de ¿cuántos? desastres sucedan en un contexto determinado, sin especificar la resolución de observación y la escala fractal de riesgos.

Observando el riesgo desde el espacio, en principio, sólo se llegaría a diferenciar niveles de riesgo entre países o continentes. Conforme se aumenta la resolución de observación; sin embargo, se volverán visibles mayores niveles de complejidad, tomándose visibles las diferenciaciones entre regiones, ciudades, comunidades y eventualmente entre hogares e individuos. En aquellos contextos donde el riesgo tiene mayor escala fractal, mediante aumentos en la resolución se podría apreciar cada vez más diferencias. En aquellos contextos donde el riesgo tiene baja escala fractal, existirá un límite donde, aun aumentando la resolución, no se apreciará mayores diferencias.

La geometría fractal de riesgos no es estática sino sumamente dinámica. Estos cambios se plasman no sólo en el espacio sino también en el tiempo. En términos temporales, los desastres pueden conceptualizarse como períodos comprimidos, cuando el nivel de pérdida supera súbitamente la capacidad de una población de absorber el impacto y recuperarse. Sin embargo, los desastres no sólo están asociados a eventos súbitos, como terremotos o erupciones volcánicas, sino también a sequías o guerras que pueden evolucionar durante varios años.

Las sequías, por ejemplo, representan una acumulación gradual de pérdidas a lo largo del tiempo, erosionando la capacidad de resistencia de un hogar vulnerable, hasta que se precipita una crisis. Inicialmente, estos desastres hogareños son invisibles a una baja resolución de observación, hasta que las pérdidas acumuladas provocan una crisis en un escenario de riesgo mayor; por ejemplo, en toda una región. Los ritmos de acumulación de pérdidas, entonces, también son de carácter fractal. Un desastre, a una escala determinada, casi siempre estaría antecedido por una acumulación de pérdidas anteriores, en escenarios menores. Desde esta perspectiva, la ocurrencia de una gran cantidad de desastres pequeños, en una región determinada, significa a menudo una acumulación de pérdidas, de riesgos y erosión de capacidades, que luego desembocan en desastres de mediana o gran escala.

Hay evidencia creciente de que el tiempo, en términos de la velocidad del cambio social, territorial y económico, está acelerándose, a la vez que las fronteras espaciales están destruyéndose (Harvey, 1991). Los fenómenos conocidos como postmodernidad, acumulación flexible y globalización tienen importantes implicancias para la dinámica espacial y temporal del riesgo. Por un lado, el cambio, manifestado en términos espaciales y temporales, se vuelve más rápido, turbulento e inesperado, retando a las capacidades de resistencia y adaptación de poblaciones enteras (Maskrey, 1994).

Las implicancias de la globalización significan que el cambio puede proceder de unas direcciones bastante inesperadas. La posibilidad de que una crisis en la Bolsa de México pueda provocar cambios ambientales en Brasil es una posibilidad real. La cada vez mayor interdependencia de las economías mundiales, debido al "aniquilamiento del espacio por el tiempo" (Harvey, 1991), significa que las causas de las amenazas y las vulnerabilidades pueden ser bastante autónomas de sus manifestaciones, tanto en términos espaciales como temporales. Mientras que el espacio, a nivel global, pierde aparentemente valor, conforme bajan los costos y tiempos de comunicación; paralelamente, la especificidad y heterogeneidad del espacio tiende a aumentar.

Los espacios específicos sufren cambios rápidos, mientras que los espacios adjuntos se estancan. La fragmentación del espacio y la aceleración del tiempo, por la globalización, significa que la escala fractal del riesgo tiende a aumentar. Los escenarios de riesgo se vuelven cada vez más complejos y heterogéneos, en el espacio, y cada vez más dinámicos en el tiempo. El análisis de riesgos, entonces, tiene que remitirse al cambio dinámico de la geometría fractal del riesgo en el espacio y el tiempo. Si resulta que es cierto que la escala fractal del riesgo, en muchos contextos, tiende a aumentar, significando escenarios de riesgo con altos niveles de complejidad, heterogeneidad y sumamente dinámicos y cambiantes; entonces, su análisis tendría que asumir un alto nivel de resolución espacial y temporal, capaz de detectar cambios sutiles en los riesgos locales. Llevar a cabo análisis de riesgos a resoluciones menores, no permitiría detectar estos cambios hasta que el riesgo acumulado se manifieste como desastres de mayor escala.

5. ESCENARIOS DE RIESGO EN AMÉRICA LATINA

Los escenarios de riesgo en América Latina están caracterizados por múltiples amenazas geológicas, meteorológicas, hidrológicas, tecnológicas, biológicas, etc. Mientras que algunas regiones, como la zona andina y el Caribe, experimentan sismos y erupciones volcánicas, las amenazas más comunes en la región son las inundaciones, sequías y deslizamientos: amenazas siconaturales, estrechamente relacionadas con patrones de intervención humana. Para cada desastre que se produzca asociado con amenazas sísmicas y volcánicas, suceden más de diez desastres asociados con amenazas siconaturales. Amenazas tecnológicas, relacionadas con concentraciones de industria pesada, refinerías e instalaciones militares también han sido asociadas con desastres importantes en América Latina, en los últimos años (Macías, 1993); mientras que una epidemia de cólera, que empezó en el Perú en 1991, demuestra la existencia de amenazas biológicas.

Los desastres en América Latina también están relacionados a la vulnerabilidad de amplios sectores sociales, económicos y territoriales en la región. La ubicación de asentamientos e infraestructura productiva y social en zonas susceptibles a amenazas, la poca resistencia de mucha de esta infraestructura a las amenazas, y la poca capacidad de grandes sectores de la población de absorber el impacto de las amenazas y recuperarse de ellas, debido a patrones marcados de desigualdad social, económico y político, caracterizan a la vulnerabilidad en la región. Las pérdidas ocurridas también erosionan el desarrollo social y económico, contribuyendo a una mayor vulnerabilidad.

Los daños y pérdidas asociados con los desastres son un problema creciente en la región. Según la base de datos Desinventar, en una muestra de 8 países (México, El Salvador, Guatemala, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Perú y Argentina), el número de desastres anuales se duplicaron entre 1990 y 1994, desde 1000 desastres al año a más de 2000 (LA RED, 1996). En los mismos países, el número de personas afectadas anualmente por los desastres aumentó de 180,000 en 1990 a más de 300,000 en 1994. Aproximadamente, la tercera parte de la mortalidad asociada a desastres ocurre en desastres pequeños, donde mueren menos de 10 personas; mientras que otro tercio ocurre en desastres de escala mediana, donde mueren entre 10 y 99 personas. El problema de los desastres en la región, entonces, no se restringe a las catástrofes de gran escala. La evidencia apunta hacia escenarios de riesgo con una alta escala fractal, con grandes números de pequeños desastres, manifestando riesgos de patrones especiales y temporales complejos e irregulares.

Los desastres con mayor impacto económico ocurren en zonas como las ciudades grandes, donde el valor de los activos e infraestructura expuesto es mayor, o donde se destruyen líneas vitales de infraestructura. El terremoto de la ciudad de México en 1985, el fenómeno del Niño en el Perú o Ecuador en 1982-1983 y la destrucción del oleoducto en Ecuador, por el terremoto de 1987, son ejemplos de eventos que produjeron un gran impacto económico. Otros eventos tienen un gran impacto social, aun cuando no afectan a sectores económicos estratégicos; por ejemplo, el terremoto del Perú de 1970 (Oliver-Smith, 1991), con más de 50,000 muertos, mayormente en la región de Ancash, en aquel entonces rural y aislada, o la erupción del Nevado Ruiz en 1985, con 25,000 muertos. Tanto en el caso de eventos con un gran impacto social como económico, las pérdidas son socialmente consideradas como grandes desastres, por la magnitud de las pérdidas en relación a la capacidad de resistencia o recuperación de la ciudad o región afectada. Debido a la alta escala fractal del riesgo en la región, estos grandes desastres, si fueran examinados con más alta resolución, se verían no como desastres homogéneos sino como desastres de una gran heterogeneidad y complejidad, representando la ocurrencia simultánea de múltiples desastres pequeños.

América Latina está también caracterizada por múltiples desastres pequeños, que ocurriendo paulatinamente todos los días son casi invisibles, si son observados a una baja resolución. En general, estos eventos ni afectan la infraestructura estratégica ni tampoco causan miles de muertos. Sin embargo, vistas a una alta resolución, causan pérdidas y daños significativos y acumulativos en poblaciones vulnerables. Aun cuando no se producen mortalidades, el daño a viviendas y medios de subsistencia afectan la capacidad de resistencia y recuperación de la población, haciendo que la "reconstrucción" sea lenta y difícil. Desastres de este tipo en zonas urbanas como Medellín, Colombia (Coupé, 1994);

Río de Janeiro, Brasil (Porto de Santos et al., 1991), y Chosica, Perú (Maskrey, 1984) son cada vez más comunes, debido a la generación de nuevos patrones de amenaza y vulnerabilidad. Otros desastres pequeños ocurren en regiones donde se experimentan procesos de urbanización acelerada, causando una acumulación paulatina de riesgos en regiones que hasta hace pocos años estuvieron aún cubiertas por bosque tropical virgen y que tenían una población dispersa y poco significativa. Desastres en regiones

como el Alto Mayo, Perú en 1990 y 1991; en Limón, Costa Rica en 1991, y en el Atrato Medio, Colombia en 1992 (Maskrey, 1996) no se caracterizan por pérdidas sociales y económicas catastróficas a nivel regional.

Sin embargo, a nivel de poblaciones específicas, causan daños y disrupción significativa a economías de subsistencia e informales, que a menudo son altamente vulnerables. Dichos desastres tienen un carácter disperso en extensas áreas, y exhiben una gran complejidad, debido a la alta escala fractal del riesgo en las regiones donde ocurren. Desastres como éstos están aumentando en número, en zonas como las vertientes orientales de los Andes, la costa Atlántica de América Central y la región biológica del Choco, en el occidente colombiano; sujetas a depresiones económicas y demográficas crecientes.

Algunos autores plantean (Lavell, 1996) que las pérdidas asociadas a los desastres pequeños crean las condiciones para desastres mayores, cuando el riesgo acumulado llega a una suerte de masa crítica. En América Latina, como en otras regiones, los factores causales del riesgo son cada vez más autónomos, en el tiempo y espacio de las zonas donde los riesgos se manifiestan como desastres. Las inundaciones en una ciudad pueden ser causadas por procesos de deforestación en una cuenca hidrográfica a cientos de kilómetros de distancia. Decisiones económicas, que crean las condiciones para nuevos desarrollos urbanos e industriales, pueden tomarse fuera de la región totalmente.

El volumen de capital especulativo que entra y sale de América Latina indica que, al igual que en otras economías "emergentes", el tiempo de retorno del capital se está acelerando. Entonces, se puede plantear la hipótesis de que la escala fractal del riesgo en la región está aumentando, con cambios cada vez más rápidos e inesperados en escenarios de riesgo cada vez más heterogéneos y complejos.

6. LA GESTIÓN DEL RIESGO EN AMÉRICA LATINA

Poblaciones vulnerables en América Latina implementan diversas estrategias orientadas a la gestión del riesgo, muchas de las cuales han sido documentadas (Maskrey, 1989; Lavell, 1997). La mayoría de estas estrategias son esencialmente defensivas, con el objetivo de mitigar pérdidas y daños. Ocasionalmente, sin embargo, estas estrategias defensivas logran convertirse en estrategias de "contraataque" y de reducción de riesgos (Maskrey, 1989, 1994), logrando a veces resultados sorprendentes (Monzón, 1995). Las estrategias defensivas de gestión de riesgos son esencialmente reactivas, a menudo individualistas y cortoplacistas.

Las estrategias de contraataque, en cambio, surgen mediante una toma de conciencia acerca del escenario de riesgo, en el cual están inmersos, a menudo, debido a que este escenario se convierte en un escenario de desastre, y mediante la potencialización de la organización social, que permite canalizar esta toma de conciencia en programas de gestión de riesgos. Mediante este tipo de estrategia, la población logra enfatizar sus capacidades en vez de sus vulnerabilidades; las ofertas y no sólo las amenazas ambientales, para acumular activos y no sólo sufrir pérdidas.

Frente a procesos estructurales de acumulación de vulnerabilidades y amenazas, y frente al aumento en la escala fractal del riesgo, en el tiempo y en el espacio, que hemos mencionado arriba, es improbable que la mayoría de estas estrategias de gestión de riesgos de poblaciones vulnerables logren resultados más que provisionales y coyunturales (Maskrey, 1992). Bajo estas circunstancias de cambio rápido y turbulento, las estrategias de gestión del riesgo enfrentan una suerte de obsolescencia permanente, con pocas posibilidades de adaptación a los escenarios de riesgo.

Diferentes metodologías para apoyar estas estrategias populares de gestión de riesgos han sido ensayadas por ONG y otras organizaciones (Maskrey, 1989; Lavell, 1994; Medina et al., 1991). Tales estrategias han incluido: el análisis de riesgos para generar conciencia acerca de los escenarios de riesgo; apoyo a la organización social, capacitación y asesoría técnica para lograr la implementación de diversas medidas de mitigación de amenazas y reducción de vulnerabilidades, como: estabilización de laderas (Barrero, 1994), construcción resistente (Maskrey, 1995; Wilches-Chaux, 1995) y reubicación (Wilches-Chaux, 1995), etc. En general, sin embargo, estas experiencias de apoyo a las estrategias de gestión de riesgos de la población han sido restringidas a proyectos o programas específicos, a menudo en zonas limitadas.

En los países de América Latina, se han creado agencias gubernamentales especializadas, con responsabilidad para coordinar la gestión de riesgos y desastres: el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) en el Perú, la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) en Costa Rica, la Dirección Nacional de Prevención y Atención de Desastres (DNPAD) en Colombia, etc. Con excepciones, como Colombia, Costa Rica, Panamá, etc., estas agencias forman parte de las estructuras nacionales de defensa. En algunos países, se han creado sistemas nacionales coordinados por las agencias mencionadas a nivel nacional, pero estructurados alrededor de una jerarquía de gobiernos regionales, metropolitanos y locales (Lavell, Franco, 1996), con la participación de otros actores sociales de los sectores no gubernamentales, académicos y privados. En el Perú, por ejemplo, el Sistema Nacional de Defensa Civil (SINDECI) está estructurado alrededor de Comités de Defensa Civil a nivel distrital, provincial y regional, coordinados por el INDECI a nivel central. Dichos Comités deberían coordinar las acciones de los gobiernos locales, de entidades gubernamentales descentralizadas, bomberos, ONG y otras organizaciones en sus respectivas jurisdicciones.

El énfasis de las agencias nacionales y los sistemas que intentan estructurar se deriva claramente de los enfoques de las ciencias naturales y aplicadas arriba mencionados. Su labor se centra en el manejo de las emergencias: el rol tradicional de la defensa civil. Mientras que la mayoría tiene responsabilidades legales más amplias, que abarcan la gestión de riesgos, sus intervenciones en este campo generalmente se reducen a los preparativos para las emergencias (PAHO, 1994), por ejemplo: la realización de simulacros, planes de contingencia y de evacuación, instalación de sistemas de alerta temprana, almacenamiento de suministros, protección de instalaciones de educación y salud, etc.

Cuando orientan su atención hacia la mitigación de amenazas o la reducción de vulnerabilidades, que raramente se produce ex ante de la ocurrencia de un desastre, ésta se enmarca estrictamente dentro del enfoque de las ciencias aplicadas, en el sentido de

que los desastres son eventos aislados y excepcionales, y se reducen a medidas físicas, como la construcción de defensas ribereñas o el reforzamiento de algunas estructuras. Hay poca evidencia de un interés sistemático en la gestión de riesgos por parte de las agencias o sistemas nacionales.

Las agencias gubernamentales también se caracterizan por ser altamente centralizadas. Mientras que, a menudo, el organismo nacional tiene una infraestructura y recursos bien desarrollados en la ciudad capital; con frecuencia, las instancias locales de los "sistemas" no están adecuadamente implementados. A veces, existen sólo en el papel. En general, la capacidad de estas instancias locales refleja la capacidad del estado en las diferentes regiones y localidades de un país.

En las regiones más vulnerables, caracterizadas por niveles bajos de inversión pública y provisión de servicios y gobiernos locales endeblados, los "sistemas" manifiestan una debilidad correspondiente. Como consecuencia, la capacidad de los "sistemas" a nivel local tiende a ser inversamente relacionada a los niveles de vulnerabilidad. Esto implica que, a menudo, los "sistemas" tienen mayor capacidad e interés en responder a desastres de mediana y gran escala, en regiones de importancia política y económica, y menor capacidad e interés en responder a desastres pequeños en regiones vulnerables, de poca importancia política y económica.

En general, sólo los desastres medianos y grandes son declarados oficialmente como tales, para poder movilizar recursos nacionales e internacionales. La mayoría de los desastres pequeños es atendida por los gobiernos locales, organizaciones de base, ONG y otros actores locales, con poco apoyo nacional e internacional. Dado el nivel de resolución con el cual las agencias gubernamentales observan el riesgo y los desastres, los escenarios de riesgo locales en toda la región y desastres pequeños, que suceden todos los días, asumen un carácter de invisibilidad.

En muchos países, las agencias gubernamentales descansan excesivamente en las estructuras oficiales, civiles y militares, para organizar los "sistemas" y, con frecuencia, tienen dificultades para coordinar con organizaciones de base y no gubernamentales. Como resultado, casi siempre hay poca articulación entre las acciones de las agencias nacionales y sus "sistemas", y las estrategias de gestión de riesgos de poblaciones vulnerables. Estas estrategias son raramente integradas en los planes o programas de las agencias y sistemas nacionales. Dada esta falta de articulación, las acciones de gestión de riesgos, tanto de las poblaciones como de las agencias, pierden efectividad y eficiencia. Para ser efectivas y viables, las estrategias de gestión de riesgos de la población normalmente requieren el apoyo de recursos, medidas complementarias, normas y políticas que sólo puede ofrecer el Estado. Por otro lado, los proyectos y programas oficiales a menudo fracasan o no alcanzan sus objetivos, por no corresponder a las prioridades, necesidades y percepciones de riesgo de la población.

Estrategias convencionales de gestión de riesgos, como la zonificación urbana y los reglamentos de construcción, pierden efectividad en muchos contextos, por corresponder a imaginarios formales de gestión de riesgos que, a menudo, no son compartidos por la población. En estas estrategias, claramente informadas por el enfoque de las ciencias aplicadas, el riesgo está conceptualizado como un valor

objetivo, cuantificable y absoluto. Las estrategias de gestión de riesgos de la población, en cambio, son consideradas como producto de una falta de información, ignorancia o irresponsabilidad. No se admite la existencia de estrategias de gestión de riesgo de la población, informada por su propia racionalidad o imaginario de riesgos.

Las más exitosas experiencias de gestión de riesgos en América Latina (Maskrey, 1992; Wilches-Chaux, 1995) ocurren cuando existen procesos de negociación y concertación entre la población y los actores externos que permiten que estos últimos adecuen sus políticas, programas y proyectos, para tomar en cuenta las percepciones, imaginarios, prioridades y necesidades de los primeros.

El reconocimiento de que los riesgos no son objetivos, sino que se leen según diferentes imaginarios, es el primer paso que hay que dar para producir acercamiento, diálogo y negociación entre ambos. Para los organismos nacionales y sus "sistemas", implica asumir un cambio de enfoque o paradigma, desde el manejo de emergencias hacia la gestión de riesgos. Implica también aumentar la resolución con la cual se visualizan los escenarios complejos de riesgo en América Latina, de manera que la gestión de riesgos corresponda a las especificidades de cada escenario local. Por último, pasa por una voluntad de acercarse y relacionarse con las poblaciones vulnerables y sus organizaciones sociales, de manera que el diálogo y negociación de imaginarios pueda producirse.

CAPÍTULO 2: LA APLICACIÓN DE LOS SIG AL ANÁLISIS DE RIESGOS

Andrew Maskrey

1. EL ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos se refiere a la predicción de un determinado nivel de riesgo y la definición de sus atributos en coordenadas espaciales y temporales específicas. El análisis de riesgos viene recomendándose desde hace mucho tiempo como una herramienta para la gestión de riesgos. En 1980, el ex UNDRO ya había recomendado que los mapas de riesgo no deben limitarse a proporcionar información sobre las amenazas, sino también sobre las vidas y propiedades expuestas (UNDRO, 1980). Según el ex UNDRO, los mapas de riesgo son fundamentales para el diseño de programas de mitigación y para la aplicación de medidas de mitigación como la zonificación urbana y los reglamentos de construcción. La Declaración y Plan de Acción de Yokohama de 1994 (IDNDR, 1994) estableció como principio básico que el análisis de riesgos es clave para lograr el éxito en la reducción de desastres.

En la práctica, el análisis de riesgos como metodología ha reflejado los enfoques establecidos por la investigación y las prioridades de las agencias responsables de la gestión de los riesgos. Ya que existen diferentes enfoques sobre el riesgo, que van desde el concepto de que riesgo es sinónimo de amenaza, hasta conceptos holísticos de escenarios de riesgos, el análisis de riesgos puede entenderse de muchas maneras.

En muchos casos, el análisis de riesgos se limita a producir mapas de la distribución espacial y temporal de las amenazas y sus atributos. Bajo la denominación generalizada de mapas de riesgo se producen mapas de amenaza sísmica, amenaza de deslizamientos y de inundaciones, etc. El análisis de la distribución, frecuencia, topología y magnitud de amenazas, sin embargo, representa una evaluación de amenazas y no de riesgos propiamente dichos, ya que no se toma en cuenta la vulnerabilidad.

Hasta hoy, la mayor parte de la investigación sobre el riesgo (Rogge, 1992) sigue reflejando enfoques derivados de las ciencias aplicadas y, como tal, se basa en la definición de riesgo formulada por el ex UNDRO, como "el número de pérdidas de vida, personas heridas, daños a propiedades y interrupción de actividades económicas esperado debido a un fenómeno natural particular y consiguientemente el producto de riesgo específico y elementos en riesgo" (UNDRO, 1980). Como tal, cuando se intentan formulaciones más sofisticadas que vayan más allá de la simple evaluación de amenazas, el análisis de riesgos se convierte en una metodología para relacionar los estimados de pérdida con los diferentes elementos afectados y la naturaleza y seriedad de la amenaza (Arnold, 1984).

Los análisis de riesgo, elaborados bajo este enfoque, combinan una evaluación de amenazas con información sobre la vulnerabilidad física, tal como la presencia de

asentamientos, actividades económicas e infraestructuras vulnerables en ubicaciones susceptibles a amenazas, permitiendo un estimado de las posibles pérdidas (Bender, 1993; OEA, 1993). En general, la información sobre vulnerabilidad social y económica se limita a señalar la ubicación de concentraciones de población o de importantes actividades productivas en zonas susceptibles a amenazas.

En la literatura reciente (Davis y Bickerman, 1993), se describen metodologías complejas y sofisticadas para el análisis de riesgos, que combinan: datos físicos y sociales contextuales, el mapeo de amenazas, el análisis de vulnerabilidades, estimados de pérdidas y el análisis de recursos. Mientras que hay poca evidencia de la aplicación en la práctica de metodologías tan amplias, es claro que aunque intenten incorporar mayor información sobre aspectos sociales y económicos siguen sustentados en la definición del riesgo como la probabilidad de pérdida. Por lo tanto, consideran al riesgo como una variable objetiva, neutral y absoluta que puede medirse y cuantificarse para su uso en la planificación. Es aún bastante raro encontrar análisis de riesgos informados por enfoques sociales u holísticos, y que analicen los aspectos sociales, económicos, culturales y políticos de la vulnerabilidad (Aysan, Davis, 1992; Internacional Hurricane Center, 1996).

2. LA APLICACIÓN DE LOS SIG AL ANÁLISIS DE RIESGOS

Antes de la disponibilidad amplia de tecnología informática en los años 80 (Guevara, 1995), los análisis de riesgos fueron realizados utilizando técnicas analógicas, como la superposición manual de mapas temáticos. Esa técnica había sido utilizada durante muchos años para producir mapas de las amenazas ambientales; por ejemplo, para identificar polígonos donde existan terrenos aptos para la construcción, en zonas que no sufran de inundaciones (McHarg, 1975). La misma técnica fue utilizada en 1982 para producir el Plan de Protección Sísmica de Lima Metropolitana (Maskrey y Romero, 1985), mediante la superposición de capas cartográficas sobre la vulnerabilidad física de las construcciones (altura de las construcciones, materiales de construcción, estado de conservación, etc.) con información sobre la vulnerabilidad social y económica.

Técnicas analógicas de este tipo, sin embargo, tienen fuertes limitaciones para el análisis de riesgos, debido al impedimento físico de no poder superponer más que un número pequeño de mapas. Como tal, resultan insuficientes para manejar grandes volúmenes de datos o para realizar operaciones espaciales más sofisticadas. Por otro lado, la información que se produce es fundamentalmente estática en carácter, dado el tiempo y recursos requeridos para redibujar manualmente los mapas.

Es poco sorprendente, entonces, la introducción de sistemas digitales de información, como los SIG, para el análisis de riesgos. Un SIG puede capturar datos geográficos en diferentes formatos; por ejemplo, mapas analógicos digitalizados, imágenes de satélite y datos alfanuméricos georreferenciados, y puede también almacenar grandes volúmenes de datos en un formato digital en diferentes estructuras de bases de datos. Los SIG permiten la integración de números ilimitados de capas temáticas, utilizando diferentes algoritmos para llevar a cabo operaciones espaciales.

También permiten la representación gráfica de la información geográfica en muchos formatos diferentes, incluyendo pero no limitándose a mapas temáticos. En términos institucionales, los SIG permiten centralizar e integrar información normalmente dispersa en diferentes formatos, en diferentes organizaciones, para producir "nueva" información de acuerdo a las necesidades de diferentes aplicaciones y usuarios. En contraste a las técnicas analógicas, los SIG ofrecen sistemas dinámicos de información, en los cuales los datos pueden ser actualizados periódicamente o continuamente.

Según la OEA (Bender. 1993), el uso de los SIG para el análisis de riesgos ofrece una serie de ventajas: puede ser barato, si es que hay una selección adecuada de equipos; puede multiplicar la productividad, reducir costos y dar resultados de más alta calidad que técnicas manuales, irrespectivo de los costos involucrados; puede, asimismo, facilitar la toma de decisiones y mejorar la coordinación entre agencias. Adicionalmente, puede mejorar la amplitud y profundidad de los análisis de riesgos, orientar los procesos de desarrollo, y asistir a planificadores en la selección de medidas de mitigación y la implementación de acciones de preparativos y respuesta. El uso de un SIG puede ahorrar tiempo en la preparación de mapas y facilitar la evaluación de diferentes estrategias de desarrollo, referente a usos de tierra existentes y potenciales. Mediante la combinación de diferentes fuentes de información, un SIG puede descubrir información nueva y valiosa sobre los riesgos, que permita ayudar a los planificadores a evaluar el impacto de las amenazas en actividades de desarrollo existentes y propuestas.

De la literatura se desprende el uso de varias técnicas para el análisis de riesgos en un ambiente SIG. Una primera técnica consiste en construir índices probabilísticos de riesgo, mediante la combinación de diferentes capas temáticas representando diferentes variables. En cada capa se describen las características espaciales, temporales, atributos y topología de una variable asociada con el riesgo. Por ejemplo, se combinan capas representando variables como la precipitación pluvial, la topografía, la geología y la cobertura vegetal, para inducir una probabilidad de erosión. A cada variable se le asigna un peso o valoración particular; asimismo, se definen diferentes algoritmos para combinar las variables.

Esta técnica se presta para el estudio de los procesos sociales y naturales que configuran el riesgo, para determinar áreas con niveles relativos de riesgo, sobre todo a una baja resolución. Conforme se aumenta la resolución, se requiere incorporar más capas, y la combinación de ellas se vuelve más complicada. Mientras que esta técnica permite indicar los niveles probables de riesgo en determinadas zonas en forma relativa, no permite estimar posibles pérdidas, salvo que el análisis se realice a una resolución más alta y se combine con datos específicos sobre los elementos en riesgo.

Una segunda técnica consiste en combinar capas temáticas sobre los elementos en riesgo y combinarlos con otras capas sobre las amenazas. Esto permite estimar las pérdidas que podrían producirse en caso de manifestarse una amenaza de una magnitud determinada. En este caso, por ejemplo, pueden combinarse datos detallados sobre una red vial con datos sobre la amenaza de inundación, para determinar cuántos puentes se destruirían en una inundación que ocurra cada 20 años. Este tipo de aplicación puede identificar la existencia de una hidroeléctrica (representado por un punto) en una llanura de inundación (representado por un polígono), o un asentamiento

de 400 familias en una ladera susceptible a deslizamientos. Esta técnica se utiliza, frecuentemente, en aplicaciones a nivel local o urbano, y para estudiar la factibilidad y el cosco- benefició antes de la construcción de proyectos de infraestructura. Por ejemplo, las aplicaciones desarrolladas en Quito (Fernández, 1994) y Mendoza (Gray de Cerdán, 1994) ofrecen información detallada sobre aspectos específicos del riesgo, útiles tanto para la planificación urbana y de contingencias.

Estas dos técnicas arriba mencionadas pueden describirse como inductivas, ya que inducen el nivel de riesgo de combinaciones de datos específicos. También en los SIG para el análisis de riesgos se utilizan técnicas deductivas, construyendo patrones históricos de ocurrencia de desastres, para deducir un nivel probable de riesgo en una ubicación y período determinados. Las técnicas deductivas pueden utilizarse en aplicaciones a diferentes niveles de resolución. Las técnicas inductivas y deductivas pueden combinarse: por ejemplo, la integración de datos sobre fallas geológicas y placas tectónicas con datos sobre epicentros anteriores e intensidades para modelar la amenaza sísmica (OEA, 1993).

Según la literatura (Johnson, 1994), una de las primeras aplicaciones de SIG para la evaluación de riesgos fue desarrollada en los años 70 y principios de los 80, por la oficina de Menlo Park del United States Geological Survey, para un condado del norte de California. Otra aplicación pionera de SIG para el análisis de riesgos se llamó el Emergency Preparedness Planning and Operations System (EPPOS), que fue desarrollada para la ciudad de Los Ángeles a mediados de los 80 (Johnson, 1986).

En América Latina, el proyecto piloto de la OEA sobre evaluación de amenazas naturales y mitigación de desastres en América Latina y el Caribe ha sido pionero en la promoción del uso del SIG para el análisis de riesgos. Según la documentación del proyecto, tres aplicaciones pilotos fueron desarrolladas en 1985 en Santa Lucía, Honduras y Paraguay. Y hasta 1993, se habían implementado más de 200 aplicaciones en 20 países de la región, integrando datos sobre amenazas, recursos naturales, población e infraestructura (Bender, 1993).

A nivel nacional, existen aplicaciones para zonificar las amenazas y, mediante la incorporación de datos sobre la población, zonificar también actividades económicas o infraestructura expuesta y llevar a cabo evaluaciones preliminares del riesgo. Por ejemplo, una aplicación desarrollada en Ecuador (Bender, 1993) demostró que 670 km de carreteras asfaltadas estuvieron ubicados dentro de un radio de 30 km de volcanes activos. En Guatemala, se concluyó que todos los aeropuertos principales estuvieron ubicados dentro de zonas de intensidad sísmica de VII o más y, en el Perú, que cerca de 300,000 personas (incluyendo el autor del presente libro) viven en zonas susceptibles de sufrir tsunamis de altura de 5 metros o más.

A nivel regional, se han utilizado SIG para realizar estudios más detallados de zonas seleccionadas; por ejemplo, para integrar información acerca de los regímenes de precipitación, la topografía y la capacidad de los cauces de los ríos, con el fin de determinar el impacto máximo de las inundaciones o para ubicar a una represa o reservorio futuro. En Honduras, un SIG fue utilizado para combinar información sobre la ubicación de las llanuras de inundaciones, proyectos de desarrollo, usos del suelo, tipos

de suelo y asentamientos humanos; detectándose que 66% de la tierra ocupada o planificada para inversiones en agricultura intensiva estuvo ubicada en áreas sujetas a inundaciones.

A nivel urbano y local, los SIG han sido utilizados como herramientas para llevar a cabo estudios de factibilidad o prefactibilidad de proyectos específicos de infraestructura e inversión. Las aplicaciones han analizado los sistemas vitales para instalaciones productivas y asentamientos con el objetivo de poder definir componentes o segmentos críticos que deberían tener los niveles de riesgo más bajos o que deberían ser priorizados para la rehabilitación o reconstrucción después de un desastre.

Ya que la justificación de aplicar el SIG es, normalmente, mejorar la eficacia y eficiencia de los análisis de riesgos, no sorprende que en los SIG predominen los enfoques de las ciencias naturales y aplicadas. Predominan aplicaciones para la investigación de las amenazas (Emani, 1993). Los SIG, para el análisis de amenazas, incluyen aplicaciones para analizar deslizamientos y erosión (Andrade, 1994; Porto de Santos, 1991; Ponte Ramirea, 1991; APODESA, 1994; Beltrao, 1994; Guillander et al., 1993), tsunamis (Zavala, 1991), incendios forestales (Martínez, 1994; Woods, 1994; Yuan, 1994); el monitoreo de derrames de petróleo (Hassen, 1994) y múltiples amenazas (Eustaquio y Quispe, 1995).

En las aplicaciones que incorporan información sobre la vulnerabilidad, se maneja el concepto de riesgo como la probabilidad de pérdida, y por lo tanto, como una variable que puede medirse y cuantificarse. Según la literatura consultada, un SIG fue utilizado en 1987 para evaluar la vulnerabilidad a materiales tóxicos, de minorías "étnicas en Santa Mónica (McMaster et al., 1987). De la misma manera, los SIG han sido utilizados para predecir el impacto social y económico de los sismos (Haney, 1986) y huracanes (Berke et al., 1985); así como también para diseñar sistemas de tránsito que permitan a los servicios de socorro llegar rápidamente a una zona de desastre (Meade, 1994), para hacer mapas de amenaza volcánica y de la población expuesta a ella (Soesilo, 1994), para estudiar las coincidencias entre áreas de amenaza de tomados, alta densidad poblacional, y la existencia de sistemas de alerta (Dymon, 1994); la discriminación de paisajes susceptibles a malaria (Beck et al., 1994), y para combinar mapas de amenazas con datos sobre la vulnerabilidad física (Eustaquio y Ángulo, 1994; Benavides, 1995; Cueva, 1991; Fernández, 1994; Flores, 1994).

Hay pocas aplicaciones documentadas en la literatura que tienen influencia de los enfoques sociales u holísticos del riesgo. El estudio de comunidades en Massachusetts frente a maretazos, utilizando un SIG (Emani et al. 1993), es uno de los pocos estudios documentados, en la literatura, que toma en cuenta factores de vulnerabilidad como la edad, etnicidad, ingreso y la capacidad de la población para resistir y recuperarse de pérdidas. Una aplicación, que aún está en la fase de diseño conceptual, examina explícitamente la cuestión de cómo modelar la vulnerabilidad social en el contexto de un SIG (Macías, 1994); mientras que otra ha desarrollado un modelo espacial que intenta explícitamente representar patrones de vulnerabilidad social (Minaya, 1994).

En otras palabras, la información producida por los SIG, tanto en América Latina como en otras regiones, presenta el riesgo como una variable objetiva, cuantificable y

absoluta. Aun cuando existen aplicaciones que ofrecen información sobre la vulnerabilidad social (Gray de Cerdán, 1994; Velázquez, 1994; Prestes, 1994); para complementar un análisis de la vulnerabilidad física, el concepto de vulnerabilidad social se reduce a la exposición de un determinado grupo social o población a una amenaza, y mide su probabilidad de ser afectada. Este concepto es muy diferente al concepto de los enfoques sociales y holísticos de la vulnerabilidad social como la configuración social de la capacidad de la población de resistir y recuperarse de una amenaza. Como tal, los análisis de riesgos llevados a cabo por los SIG tienden a enfocar la atención en las causas naturales y físicas de los desastres; mas no en los procesos sociales, económicos y políticos que configuran tanto amenazas como vulnerabilidades.

Sí bien hay experiencias en América Latina sobre el desarrollo de los SIG para el análisis de riesgos, hay poca sistematización de su aplicación en procesos de gestión de riesgos. La mayoría de las aplicaciones documentadas son de investigación, proyectos pilotos, o no están totalmente implementadas. Aun en los casos donde existen experiencias de aplicación, los resultados documentados se refieren más a productos de los SIG mismos, y no a cambios en políticas, programas y proyectos de gestión de riesgos. Como tal, aunque hay organismos nacionales de gestión de desastres con SIG bajo implementación, es prematuro evaluar hasta qué punto la información producida incide en procesos de toma de decisiones. En otras palabras, existe un enamoramiento entre las organizaciones comprometidas en la gestión de riesgos y los SIG, sin que se haya producido hasta la fecha un matrimonio convincente.

En general, la información sobre el riesgo que producen las aplicaciones resulta informada del mismo imaginario formal del riesgo que impregna las estrategias de la mayoría de los organismos nacionales de gestión de riesgos y de otras organizaciones. Se trata de un imaginario en el cual el riesgo aparece como una variable objetiva, neutral y cuantificable. No se reconoce la posible existencia de otros imaginarios de riesgo; por ejemplo, de poblaciones vulnerables, producto de otros valores, prioridades y prácticas. Como tal, las aplicaciones SIG, por lo general, no están diseñadas para producir información que haga posible apoyar las estrategias de gestión de riesgo de poblaciones vulnerables, si' no para apoyar las estrategias convencionales de los organismos nacionales y otros.

Explícitamente, en muchas de las aplicaciones se indica que la información producida puede utilizarse para apoyar medidas convencionales de gestión de riesgos; por ejemplo: para orientar el uso del suelo y el desarrollo de proyectos de infraestructura, o para incorporarse en los procesos de planificación urbana y regional en forma proscriptiva o prescriptiva. Por ejemplo, las pérdidas potenciales por la manifestación de una amenaza pueden incluirse en un análisis de costos y beneficios, antes de diseñar una carretera o una hidroeléctrica. En el caso del desarrollo urbano, la información puede utilizarse para diseñar reglamentos de zonificación y de construcción que reflejen los niveles de amenaza para diferentes usos y tipos de construcción en distintas zonas, buscando minimizar los daños futuros. La información también puede utilizarse en la preparación para contingencias, permitiendo el almacenamiento de suministros y la programación de actividades preventivas en áreas donde se esperan mayores daños y destrucción. En el sector privado, las estimaciones de pérdidas y daños pueden ser

utilizadas por los aseguradores y reaseguradores para fijar las primas de seguros, y por inversionistas para determinar las prioridades de inversión.

El problema, sin embargo, es que, tal como se comentó en el Capítulo 1, estas estrategias convencionales, a menudo, no logran los resultados esperados, no por la falta de información de un SIG, sino por problemas políticos, sociales y económicos. Por ejemplo, la zonificación urbana como estrategia de gestión de riesgos, a menudo fracasa o termina distorsionada. Por un lado, las empresas del sector construcción influyen políticamente para que la zonificación refleje la rentabilidad del suelo urbano, mientras que poblaciones vulnerables se ven forzadas a asentarse, por invasión u otros medios, en terrenos caracterizados por altos niveles de amenaza. En ambos casos, los actores manejan otros imaginarios del riesgo, donde las potenciales pérdidas que podrían sufrir a raíz de las amenazas tienen menos importancia que los beneficios de rentabilidad o supervivencia que representa la urbanización. Por no reconocer la existencia de estos otros imaginarios, se ve reducida la contribución potencial que podría hacer el SIG a la gestión de riesgos.

En algunos casos, la aplicación de SIG puede ser hasta contraproducente para la población vulnerable, debido al conflicto de imaginarios arriba mencionado. Si es que se llega a reubicar a una población vulnerable con la finalidad de reducir su vulnerabilidad a la amenaza sísmica, puede ser que se la exponga a sufrir pérdidas mayores debido al aumento de otras amenazas como el desempleo. En el imaginario de riesgos de la población, la amenaza del desempleo puede tener mayor peso que la amenaza sísmica; pero no así en el imaginario formal representado en el SIG. En otras palabras, cuando se utiliza la información producida por los SIG, en apoyo a políticas o programas convencionales de gestión de riesgos, se puede terminar imponiendo medidas de gestión de riesgos que atentan contra las prioridades y necesidades de la población vulnerable.

Antes de la utilización del SIG, las metodologías analógicas también generaron información sobre el riesgo, el cual fue presentado como objetivo, cuantificable y absoluto, en apoyo a estrategias convencionales de gestión de riesgos. La información producida por un SIG, sin embargo, tiene connotaciones semióticas muy diferentes. En términos semióticos, un mapa de riesgo producido por un SIG es codificado como alta tecnología, tanto por sus diseñadores como por sus eventuales usuarios, haciendo que la información presentada aparente una mayor objetividad.

Esta codificación semiótica de la información tiene importantes implicancias. En primer lugar, presta mayor poder y prestigio a las organizaciones e investigadores que utilizan SIG para el análisis de riesgos, frente a los que no lo utilizan. En segundo lugar, envuelve la misma información en un aura de mayor objetividad y legitimidad que hace más difícil que se reconozca la existencia de otros imaginarios de riesgo; sobre todo, los imaginarios de las poblaciones vulnerables, quienes eventualmente pueden convertirse en "víctimas" de la información. Dado que la tecnología tiene valores de objetividad y rigurosidad que son compartidos, tanto por sus diseñadores como por sus usuarios, el uso del SIG puede hacer más difícil que una población vulnerable cuestione la veracidad de la información que le es presentada sobre el riesgo, desvalorizando como resultado su propio imaginario del riesgo.

Este problema no es exclusivo de América Latina; sin embargo, puede ser peor que en los países desarrollados, dada la distancia tecnológica entre productores y usuarios de la información. Si mantiene su direccionalidad actual, si es que se llega a aplicar el SIG en los procesos de gestión de riesgos, puede contribuir a que las políticas y programas convencionales de gestión de riesgos sean más tecnocráticos y menos sensibles a los imaginarios de riesgo de poblaciones vulnerables, con el resultado de que la racionalidad de dichos programas y políticas sea más autoritaria y opaca. Este problema se agrava en la medida que, en muchas aplicaciones, la información presentada por el SIG al usuario aparenta una gran objetividad, precisión y resolución. En la realidad, según el análisis presentado en el presente libro, muchas aplicaciones están caracterizadas por utilizar modelos espaciales-temporales especulativos, alimentados por datos de una calidad inadecuada y sin una gestión apropiada del error. Como tal, por un lado, la información presentada al usuario puede ser caracterizada por niveles inaceptables de error; mientras que, por otro lado, el usuario no dispone de herramientas para cuestionar o verificar la información presentada.

Este carácter y enfoque tan conservador de la aplicaciones del SIG para el análisis de riesgos puede ser resultado, en parte, del hecho de que la mayoría de los profesionales comprometidos en el desarrollo de SIG provienen de las ciencias naturales o aplicadas y, como tal, tienen poca familiaridad con los enfoques sociales u holísticos del riesgo o con estrategias participativas de gestión de riesgos. Mediante la literatura, se manifiesta no sólo una visión reduccionista del riesgo, sino también una fe positivista en la tecnología per se y una actitud poco crítica hacia los problemas conceptuales y metodológicos implícitos en el diseño del SIG. Las dificultades propias del diseño del SIG para el análisis de riesgos, se reducen a la obtención de los datos necesarios, a los problemas técnicos de integrar datos de diferentes fuentes en diferentes formatos y al montaje de una configuración de hardware y software de una potencia adecuada. A la vez, las instituciones que implementan estrategias participativas de gestión de riesgos, con poblaciones vulnerables, a menudo son las que tienen menos experiencia en el diseño y aplicación de un SIG.

Una alternativa más apropiada para el desarrollo del SIG, entonces, sería el diseño e implementación de aplicaciones articuladas a las estrategias-de gestión de riesgos de las poblaciones vulnerables en la región. El diseño del SIG que representan los imaginarios de riesgo de una población vulnerable podría convertirse en una herramienta, que ayude a las poblaciones a visualizar los escenarios de riesgo de los cuales son sujetos, aumentando su conciencia de los mismos y su capacidad de pasar de estrategias de supervivencia hacia estrategias de contraataque. En este sentido, los SIG, en manos de una población vulnerable o de las instituciones que la apoyan, puede ser un arma potente de negociación con actores sociales externos. En la misma forma que la posesión de un SIG da poder y prestigio a organismos gubernamentales, universidades y otros; la utilización de información generada por un SIG puede cambiar la imagen de una población vulnerable, objeto de planificadores y técnicos externos. Si son combinados con estrategias apropiadas de información y comunicación en regiones y zonas vulnerables, los SIG podrían convertirse en instrumentos valiosos para la gestión local de riesgos.

De la misma forma, los SIG podrían utilizarse como instrumentos de concertación y de negociación, en la medida que, en vez de representar sólo un imaginario de riesgos, se utilizarían para representar múltiples imaginarios de riesgo. En este sentido, los SIG podrían utilizarse para visualizar y modelar las consecuencias de diferentes estrategias de gestión de riesgos, alimentadas por diferentes imaginarios. Desde esta perspectiva, los SIG podrían convertirse en instrumentos para la democratización de la información sobre riesgos.

Incorporar los SIG dentro de una estrategia participativa de gestión de riesgos, sin embargo, implica un cambio fundamental en la actitud, filosofía y enfoque asumidos por los especialistas y científicos comprometidos con su diseño y desarrollo. Es preciso que ocurra una revalorización de los imaginarios de riesgo de las poblaciones vulnerables y de las ventajas de articular las estrategias de gestión de riesgos a esos imaginarios, para poder diseñar aplicaciones apropiadas a las necesidades de la población vulnerable.

CAPÍTULO 3: ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES SIG PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS

Andrew Maskrey

El diseño de aplicaciones SIG en América Latina, que refleje los enfoques sociales y holísticos del riesgo, y que sea capaz de generar información que refleje diferentes imaginarios de riesgo, significa enfrentar un conjunto de problemas de orden conceptual, metodológico y contextual: la falta de desarrollo de modelos espaciales de riesgo capaces de representar en un ambiente SIG el complejo de variables que interviene en un escenario de riesgos, la ausencia de fuentes de datos con cobertura espacial, temporal y calidad adecuada para alimentar los modelos espaciales, la existencia de errores en la información producida y las dificultades de su verificación y, por último, la utilización de metodologías inapropiadas para la implementación de SIG en organizaciones de la región. Con el fin de mejorar la relevancia, efectividad y eficiencia de las aplicaciones SIG para el análisis de riesgos en la región, es preciso estudiar con detenimiento este conjunto de problemas y sugerir posibles estrategias frente a ellos.

1. EL DISEÑO DE MODELOS ESPACIALES DE RIESGO

Para analizar riesgos en un ambiente SIG, el riesgo tiene que representarse como un modelo espacial. En el modelo espacial en un SIG, los fenómenos del mundo real se representan como entidades espaciales (puntos, líneas, polígonos, superficies o redes). Un fenómeno que no puede representarse por algún tipo de entidad espacial no puede incorporarse en un modelo espacial. Cada entidad espacial tiene que ser georreferenciada, para mostrar dónde se ubica el fenómeno. Los modelos espaciales también tienen que poder representar los atributos del fenómeno, indicando qué cosa se encuentra en un lugar determinado. Finalmente, en los modelos espaciales hay que expresar la topología de las entidades espaciales, y las relaciones entre sus atributos. Ya que el riesgo no sólo tiene atributos espaciales sino también temporales, los modelos espaciales de riesgo, normalmente, tendrían que incluir una referencia temporal. En otras palabras, un modelo espacial de riesgo debería tener la capacidad de representar y analizar el riesgo en sus dimensiones espaciales, temporales y semánticas.

Normalmente, el proceso de desarrollo de una aplicación SIG se inicia con el diseño del modelo espacial, el cual se sustenta, a su vez, sobre un modelo conceptual del fenómeno por representarse. Según la literatura disponible, es evidente que en muchas aplicaciones los modelos espaciales de riesgo y los procedimientos utilizados para la integración de los datos no tienen un sustento conceptual explícito, sino que se basan en definiciones pragmáticas y operativas del riesgo. La documentación sobre los modelos de riesgo, a menudo, se reduce a un listado de los atributos incorporados en la aplicación como capas temáticas con poco sustento conceptual de su significado. El diseño de un modelo espacial, sin embargo, no puede llevarse a cabo autónomamente y

sin referencia al desarrollo de teorías y marcos conceptuales sobre el riesgo. Cualquier modelo espacial se nutre implícita o explícitamente de una u otra teoría del riesgo. Las limitaciones de un modelo espacial para representar el riesgo, normalmente, reflejan las limitaciones de los modelos conceptuales de riesgo subyacentes. Para poder analizar los escenarios de riesgo, entonces, es preciso el diseño de modelos espaciales que se alimenten de los enfoques sociales u holísticos del riesgo y que sean capaces de analizar no sólo los aspectos físicos, sino también los aspectos sociales, económicos, culturales y políticos del mismo.

Existen procedimientos más o menos establecidos para el diseño de modelos espaciales de amenaza o de vulnerabilidad física. En las ciencias naturales y aplicadas hay modelos conceptuales relativamente bien desarrollados. Asimismo, los fenómenos físicos son más fáciles de cuantificar, y son más estables en términos espaciales y temporales que los fenómenos sociales. Con esto no se quiere insinuar que el diseño de modelos espaciales de la amenaza y la vulnerabilidad física no tiene problemas. A menudo, dichos modelos son complicados, debido a la poca simetría espacial o temporal entre un fenómeno natural asociado con una amenaza y la amenaza misma. Por ejemplo, se necesitarían datos sobre la precipitación fluvial en la cabecera de una cuenca, para modelar la amenaza de inundación en llanuras aluviales distantes por muchos cientos de kilómetros.

En el caso de las sequías, se requerirían datos sobre deficiencias en la precipitación fluvial durante muchos años, para poder modelar la probable deficiencia de agua superficial y subterránea en un año determinado. Es preciso, asimismo, dar énfasis a que los modelos de amenaza tampoco son infalibles. En la medida que parten de visiones reduccionistas de los procesos naturales, sólo pueden ofrecer un cierto grado de confianza en el análisis de riesgos.

El diseño de modelos espaciales de riesgo, en base a los enfoques sociales y holísticos del riesgo, sin embargo, presentan problemas mayores y más explícitos. En el presente, el desarrollo de modelos espaciales sociales u holísticos todavía constituye un tema de investigación de frontera, aun en contextos como Clarke University en los Estados Unidos, una verdadera Meca de la investigación sobre los SIG. Desde dicho centro de estudios, Ratick observa: "Una cuestión importante, y dificultad principal en el desarrollo de métodos de análisis cuantitativos, es el desarrollo de medidas representativas de las diferentes dimensiones de la vulnerabilidad que puede construirse con los datos obtenidos y determinar cómo estas dimensiones pueden combinarse para crear unos índices útiles y manejables que ilustren la vulnerabilidad diferenciada" (Ratick, 1994).

Algunos autores (Macías, 1994) cuestionan la posibilidad de desarrollar modelos espaciales en un SIG, que pueden representar las dimensiones sociales y holísticas del riesgo, ya que existen problemas radicales de cuantificación, representación espacial, temporal y de escala difíciles de resolverse. Determinados componentes de la vulnerabilidad, como la existencia de activos, pueden cuantificarse y asignarse a entidades espaciales y temporales, siempre que existan los datos necesarios. Otros componentes, sin embargo, como la organización social o la vulnerabilidad cultural son difíciles o imposibles de cuantificar y representar mediante entidades espaciales y temporales claramente definidas. Muchas de las variables que intervienen en un

escenario de riesgo, como las estrategias de gestión de la población, son de carácter cualitativo, relativo y dinámico en el espacio y el tiempo. Según el imaginario con el cual se percibe, las variables tendrían diferentes valoraciones y relaciones entre ellas. Evidentemente, variables que no pueden cuantificarse o asignarse a una entidad espacial o temporal no pueden incorporarse fácilmente en un modelo espacial de riesgo. Aun suponiendo que se lograra la cuantificación y representación espacial y temporal de las variables, a menudo es difícil construir la topología con algún grado de certeza, por tratarse de variables con contornos espaciales y temporales sumamente difusos.

Para representar un escenario de riesgo en un modelo espacial, también hay que enfrentar el problema de escala. La compleja geometría fractal del riesgo, en América Latina, significa que, en un escenario de riesgo determinado, intervienen procesos sociales y naturales que operan a escalas completamente diferentes y con poca correlación espacial y temporal. Cambios globales en el clima o en la economía regional pueden tener una enorme incidencia en los procesos, operando en un escenario de riesgo local, a pesar de que las escalas espaciales y temporales son radicalmente diferentes. Refiriéndose al estudio de la erosión del suelo desde una perspectiva de la economía política, Blaikie constata que las decisiones humanas no necesariamente tienen expresiones espaciales o temporales claramente definidas (Blaikie, 1981). La erosión del suelo, en un lugar específico, es a menudo la expresión de decisiones humanas acumuladas, hechas en otras ubicaciones espaciales, durante un período de siglos.

En contextos donde el riesgo tiene una alta escala fractal, el diseño de modelos capaces de representar los escenarios de riesgo, a nivel local, significa abordar una gran complejidad y heterogeneidad en las variables que intervienen y, por consiguiente, una gran incertidumbre en el peso e importancia que tenga cada variable. Por lo tanto, las aplicaciones que pretenden analizar el riesgo, a un alto nivel de resolución, requieren de modelos espaciales mucho más complejos que aplicaciones cuyo análisis se realiza a baja resolución.

En otras palabras, una aplicación que busca diferenciar los niveles de riesgo, entre hogares de una región, requerirá un modelo espacial mucho más complejo al de una aplicación que busca diferenciar los niveles de riesgo entre las provincias de la misma región. Conforme se aumenta la resolución, por ejemplo, existirá cada vez mayor diferenciación entre los imaginarios de riesgo presentes en los escenarios. En los modelos espaciales, la complejidad se refiere no sólo al número de variables que hay que modelarse sino, también, a las relaciones entre las variables. La definición de las operaciones espaciales necesarias para combinar una gran variedad de variables presenta problemas no sólo de complejidad, sino también de incertidumbre, ya que el modelo mostrará diferentes niveles de sensibilidad frente a cambios en las diferentes variables.

En resumen, entonces, el diseño de modelos espaciales de riesgo, capaces de representar los conceptos de los enfoques sociales y holísticos, requiere de estrategias para resolver problemas de cuantificación, de representación espacial y temporal, de escala y de complejidad e incertidumbre. Mientras que este tema aún está por

investigarse, de la literatura existente se desprenden, por lo menos, pistas que indican una estrategia por explorarse.

Lo medular de una estrategia de diseño de estas características consistiría en reconocer explícitamente que el riesgo es una variable relativa, cuya valoración depende del sujeto de un escenario de riesgo dado, a diferentes escalas. Esto podría permitir resolver, en parte por lo menos, los problemas de complejidad, incertidumbre, escala, resolución y cuantificación, arriba mencionados, siempre y cuando el acercamiento a las variables que conforman el riesgo sea explícitamente subjetiva y se abandone toda pretensión de presentar el riesgo como una variable absoluta, objetiva y neutral.

De hacerse explícito el imaginario del sujeto de un escenario de riesgos, debería ser posible: reducir la complejidad de variables que intervienen en el escenario a unas pocas variables que sean críticas, desde la percepción del sujeto, y que representen procesos que operan a escalas mayores; asignar valores y pesos a estas variables críticas, y definir su representación espacial y temporal según ese imaginario. La principal cuestión por resolverse en el diseño de un modelo espacial, entonces, sería como acercarse a los imaginarios de los sujetos de los escenarios de riesgo, de tal manera que sea posible extraer las variables y sus valoraciones y representaciones necesarias para construir el modelo.

Una técnica que puede considerarse, y que fue ensayada en el desarrollo de un modelo espacial de vulnerabilidades en la región San Martín, Perú (Minaya, 1994), es el uso de inteligencia extraída de estudios anteriores y de un conocimiento íntimo de los escenarios de riesgo por modelarse, para poder representar los imaginarios de riesgo que caracterizan a la región. En esta aplicación, se utilizó inteligencia sobre la región, tanto para escoger variables críticas que podrían cuantificarse, como para definir los valores y algoritmos por utilizarse a la hora de combinar las variables. Esto permitió usar un modelo espacial relativamente sencillo, para expresar escenarios de riesgo de una gran complejidad.

El uso de inteligencia en el diseño de modelos espaciales consiste en la representación de los procesos espaciales, sociales y económicos que configuran el riesgo, mediante indicadores espaciales, temporales y semánticos específicos, escogidos en base a una investigación social previa. En San Martín, por ejemplo, se consideró que variables como una alta tasa de crecimiento poblacional o como la presencia de un alto porcentaje de población activa en la agricultura, y la existencia de necesidades básicas insatisfechas fueron críticas para determinar la vulnerabilidad de la población. La decisión de escoger estas variables se basó en el hecho de que, en San Martín, la vulnerabilidad se manifiesta sobre todo en áreas de fuerte inmigración de población andina, que normalmente muestra altas tasas de pobreza, y se dedica a la agricultura marginal.

En otras palabras, de la investigación social existente, se dedujo un patrón de vulnerabilidad que luego fue representado en un modelo espacial. Aplicando inteligencia de esta manera, fue posible reducir expresiones complejas de vulnerabilidad a un número relativamente pequeño de variables capaces de representación espacial y temporal. En el modelo, se utilizó una diversidad de variables para representar la

vulnerabilidad, escogiendo indicadores cuantitativos; por ejemplo, la presencia de artefactos electrodomésticos en hogares (un dato disponible en el censo nacional) para modelar el nivel de activos.

La asignación de pesos a cada variable, para su integración, y la determinación de los rangos de vulnerabilidad por representarse fueron también producto de un proceso iterativo de comparar los resultados de diferentes combinaciones de pesos y rangos con inteligencia deductiva sobre las áreas más vulnerables en la región, hasta que el modelo arrojó un resultado que coincidió con lo que la investigación previa sugería como un patrón de alta vulnerabilidad.

La aplicación de inteligencia al diseño de modelos espaciales y la integración de datos asumen que existen procesos previos de investigación, como en San Martín (Maskrey et al., 1991). Esto implica que el estudio de los procesos y factores que configuran los escenarios de riesgo debería considerarse como una parte integral del proceso de diseño de un SIG, antes de intentar construir modelos espaciales. Idealmente, los patrones de riesgo que se deducen de la investigación deberían ser validados utilizando técnicas, como el llamado Delphi, para obtener consensos acerca de las medidas cuantitativas por utilizarse, los sistemas de pesos aplicados y las formas en que las medidas cuantitativas pueden combinarse.

El Delphi es una técnica estructurada para la concertación de opiniones de expertos, con el fin de lograr, donde sea posible, un consenso (Ratick, 1994). También es posible aplicar estrategias participativas mediante las cuales diferentes usuarios con diferentes imaginarios de riesgo definan las variables que deben utilizarse y los pesos y valoraciones asignados a cada uno, hasta que los patrones de riesgo que arroje el modelo espacial-temporal utilizado coincida con las propias percepciones del mismo. Ya existen SIG para el análisis de riesgos, que permiten a los usuarios modificar los algoritmos y pesos asignados a las diferentes variables de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, según sus propios imaginarios. El Integrated Planning Decision Support System (IPDS), desarrollado en Colorado State University (Mejía et al., 1995), ofrece módulos específicos para el análisis de amenazas, vulnerabilidades y riesgos, que permiten al usuario determinar los algoritmos y los pesos utilizados para cuantificar y combinar las variables.

Sin embargo, en los modelos construidos utilizando inteligencia, existen límites respecto a la resolución del análisis que tiene que hacerse explícito. En la aplicación mencionada en San Martín, la entidad espacial utilizada como modelo fue el distrito municipal, por razones tanto conceptuales como pragmáticas. En términos conceptuales, permitió una resolución de análisis relativamente alta, ilustrando variaciones específicas en vulnerabilidad en un total de 77 distritos en esta región, de unos 50,000 km². Si el análisis se hubiera basado en la entidad espacial más grande de la provincia, la aplicación no habría representado adecuadamente la complejidad de riesgo en la zona.

En términos pragmáticos, había cierta disponibilidad de datos censales a nivel de distrito, que no existían a niveles de resolución más alta. Mientras que una resolución más alta podría haber permitido un análisis más detallado de la vulnerabilidad, esto hubiera sido imposible de modelar en la práctica, debido a la ausencia de datos. La

resolución temporal de la aplicación fue limitada, asimismo, al período de 10 años entre los censos nacionales. Esto significa que el modelo no pudo representar ni variaciones en la vulnerabilidad entre comunidades al interior de un distrito, ni entre un año u otro.

Reconociendo los límites en resolución de un modelo de riesgo, puede ser deseable emplear una estrategia consistente en el diseño de aplicaciones y modelos espaciales distintos con diferentes niveles de resolución: un enfoque adoptado, implícitamente por lo menos, por la OEA (Bender, 1993). El desarrollo de aplicaciones a nivel nacional o regional, a una baja resolución y utilizando modelos y datos de carácter más general, podría permitir identificar áreas de riesgo relativo, sin pretender ofrecer información detallada sobre los escenarios de riesgo en áreas y períodos precisos.

En zonas específicas, identificadas mediante una aplicación a baja resolución, pueden desarrollarse aplicaciones locales a alta resolución, que sí permiten incorporar información e inteligencia específica sobre los escenarios de riesgo en la localidad. Una estrategia de este tipo puede tener ventajas, en términos de permitir mayor especificidad y confiabilidad en las aplicaciones locales, mientras que reduce la complejidad de los modelos utilizados a nivel nacional y regional. Esto puede permitir un significativo ahorro en tiempo y recursos, tanto en el diseño de modelos como en la obtención de los datos necesarios para alimentar los modelos.

En aplicaciones locales, a alta resolución, es posible obtener inteligencia directamente de la población de un escenario de riesgo, mediante el uso de técnicas participativas de análisis. La familia de metodologías conocidas como Evaluación Rural Rápida (RRA), Evaluación Rural Participativa (PRA) y otras (Chambers, 1992) ha recibido bastante apoyo y aceptación en la planificación del desarrollo rural, y han sido aplicadas en programas participativos de reducción de riesgos (Bastian, 1996). El PRA es una metodología participativa de levantamiento de datos, incluyendo aspectos socioculturales y económicos. El modelo de evaluación de capacidades y vulnerabilidades (CVA) (Anderson y Woodrow, 1989; Munasinghe y Clarke, 1995) tiene semejanza con estas metodologías, y fue diseñado, especialmente, para la gestión de riesgos, particularmente en el contexto de programas de reconstrucción.

Sí se aplican correctamente el PRA y técnicas similares, pueden producir información sobre las amenazas, vulnerabilidades y estrategias de gestión de una población vulnerable que refleja las percepciones e imaginario de la misma población. El uso de técnicas como el PRA puede permitir la incorporación en un modelo espacial de variables, como la organización social o la percepción de amenazas a nivel altamente localizadas, que es imposible incorporar en aplicaciones desarrolladas a resoluciones más bajas, aun cuando se aplica inteligencia al desarrollo del modelo espacial. Sin embargo, es importante no magnificar las bondades del PRA. Hay distorsiones implícitas en los datos generados por PRA que tienden a reflejar las desigualdades, divisiones y conflictos internos que existen dentro de cualquier población (Mosse, 1996).

Por otro lado, hay poca experiencia documentada de la integración y representación de los datos cualitativos producidos por PRA, y técnicas parecidas, en modelos espaciales en un SIG. Una posible estrategia, facilitada por el desarrollo de la multimedia, podría ser el uso de textos, testimonios, fotos e imágenes de video, incorporados en una

aplicación como atributos de entidades temporales y espaciales específicas, permitiendo que se ilustren los datos cuantitativos presentados y abriendo una ventana a la realidad. Las posibilidades de la multimedia ya permiten la incorporación de este tipo de información cualitativa en el marco estructurado de índices de vulnerabilidad y riesgo. La utilización de testimonios verbales, fotos, cronogramas y otros productos de PRA, como atributos en una aplicación, podría permitir la verificación y corrección de los datos cuantitativos, aumentando la confiabilidad de la información producida y su transparencia para los usuarios.

Es preciso reconocer, sin embargo, que en el caso de aplicaciones que pretenden un nivel de resolución muy alto, puede ser más factible y traer ventajas significativas llevar a cabo el análisis fuera de un ambiente SIG. En estos casos, un SIG, como la aplicación desarrollada en San Martín, se utilizaría para identificar distritos altamente vulnerables. El análisis de riesgos, al interior de cada distrito, se realizaría luego utilizando técnicas como PRA, pero fuera del SIG.

Otra posible técnica para resolver los problemas de cuantificación, representación, escala y complejidad es el uso de metodologías deductivas. Si la ocurrencia de un desastre se entiende como una manifestación del riesgo, entonces, la ocurrencia de un gran número de desastres, en una entidad espacial dada en un período corto, indica de facto la existencia de un alto nivel de riesgo. El concepto desastre, como riesgo manifiesto, necesariamente representa la manifestación, en un lugar y tiempo determinados, de todas las variables que configuran un escenario de riesgos, incluyendo variables sociales y culturales, que son difíciles de cuantificar y representar utilizando metodologías inductivas.

Esta técnica está ilustrada por la aplicación Desinventar, (LA RED, 1996). Desinventar no es un SIG propiamente dicho, sino una base de datos relacionales sobre desastres ocurridos y pérdidas registradas que permite la representación espacial, temporal y semántica de los datos. Como tal, puede aplicarse al análisis de riesgos, a diferentes niveles de resolución, deduciendo niveles de riesgo de la ocurrencia histórica de desastres y pérdidas. En Desinventar, los datos sobre la ocurrencia de desastres y las pérdidas asociadas son referenciados en el tiempo y espacio, y almacenados en una base de datos relacionales.

Desinventar utiliza las unidades político-administrativas de los países de América Latina: típicamente distritos, provincias, departamentos o sus equivalentes, para georreferenciar la ocurrencia de desastres y una variedad de atributos sobre las pérdidas y las causas de éstos. Se utiliza como entidades espaciales a las unidades político-administrativa más pequeñas en cada país, y se incorpora atributos como: el número de muertos y heridos, número de viviendas dañadas y destruidas, hectáreas de tierra agrícola afectadas, cantidad de infraestructura (carreteras, líneas de transmisión, etc.) dañada y destruida, etc. La base de datos puede ser consultada y los resultados representados como tablas alfanuméricas, gráficos o mapas temáticos a diferentes niveles de resolución espacial, temporal y semántica.

Dadas las entidades espaciales y temporales utilizadas en su base de datos (unidad político-administrativa más pequeña, fechas específicas), Desinventar puede utilizarse

para explorar la dinámica espacial, semántica y temporal del riesgo a una muy alta resolución. Permite, sobre todo, escoger diferentes niveles de resolución espacial, semántica y temporal para el análisis. La base de datos de Desinventar fue diseñada en base al concepto que una amenaza puede manifestarse como múltiples desastres.

En Desinventar, entonces, un terremoto grande que afecta a una región extensa, no sería capturado en la base de datos como un solo desastre sino como múltiples desastres georreferenciados sufridos por cada una de las entidades espaciales afectadas. Por lo tanto, Desinventar puede utilizarse para modelar la complejidad fractal de grandes desastres, limitado sólo por las entidades espaciales y temporales utilizadas. Puede emplearse, asimismo, para verificar y validar modelos inductivos de riesgo, permitiendo detectar y eliminar errores.

Este tipo de modelo espacial, sin embargo, tiene límites que deben reconocerse. Por un lado, las series temporales de datos pueden ser demasiado cortas para poder tomar en cuenta riesgos asociados con eventos infrecuentes, como las erupciones volcánicas. Un riesgo potencial puede existir aun cuando no haya ocurrido ningún desastre reciente.

Sobre todo, el problema presentado por este tipo de modelo deductivo reduce el concepto de desastre al concepto de pérdidas. La existencia de una pérdida no necesariamente implica la ocurrencia de un desastre desde el imaginario de la población afectada. Por lo tanto, el modelo vuelve a presentar información sobre el riesgo como si fuera objetiva, absoluta y neutral. Por ejemplo, en el caso de desastres de pequeña o mediana escala que ocurren en regiones con una baja densidad poblacional, como el Alto Mayo (Perú), Atrato Medio (Colombia), o Limón (Costa Rica) (Maskrey, 1996), el número de muertos o heridos probablemente no sea un indicador adecuado de la magnitud de un desastre.

Muchas viviendas, en regiones tropicales como éstas, se construyen con estructuras livianas que no matan a sus ocupantes durante terremotos. La existencia de pocos muertos puede esconder un desastre de gran magnitud para la población. Para hacer la transición del concepto de pérdida al concepto de desastre, se requiere información adicional sobre aspectos como la organización social, tamaño de la población, características de la economía, etc. En otras palabras, al igual que con los modelos inductivos, sería preciso interpretar los datos sobre desastres y pérdidas ocurridos, con inteligencia sobre la sociedad, región y economía respectiva, para poder dar una valoración a los datos que refleja el imaginario de la población afectada.

Para resumir, mientras que tanto metodologías inductivas como deductivas o una combinación de ambas pueden utilizarse para el diseño de modelos espaciales-temporales de riesgo, es importante que éstos se sustenten en modelos conceptuales que reflejen los aportes de la investigación social u holística sobre el riesgo. En segundo lugar, la aplicación de inteligencia sobre los imaginarios de riesgo de la población sujeto de la aplicación permite escoger, valorizar y combinar con confianza las variables críticas en la configuración del riesgo.

Esto permite enfrentar los problemas de cuantificación, representación espacial y temporal, escala, complejidad e incertidumbre propios del diseño de modelos

espaciales-temporales que reflejan los enfoques sociales u holísticos. Este uso de inteligencia supone, sobre todo, creatividad e imaginación, por parte del diseñador; ya que tiene más afinidades con el arte que con la ciencia. Gabriel García Márquez comentó cierta vez, refiriéndose a Graham Greene, que la clave de la técnica literaria del escritor inglés es su habilidad de destilar y sintetizar toda la experiencia del trópico en el olor de una guayaba podrida. Un modelo espacial-temporal de riesgo de buena calidad sería, entonces, un modelo caracterizado no por su complejidad sino por su simplicidad: su capacidad de sintetizar una realidad compleja e incierta en un número pequeño de variables críticas que reflejan explícitamente un determinado imaginario de riesgos.

2. LA DISPONIBILIDAD, COBERTURA Y CALIDAD DE LOS DATOS

El diseño de los SIG para el análisis de riesgos en América Latina también enfrenta problemas críticos de disponibilidad, cobertura y calidad de los datos. Encontrar fuentes de datos de una calidad y cobertura adecuadas para el análisis de riesgos es un obstáculo al diseño e implementación de SIG en la región. En muchos casos, datos actualizados con una cobertura geográfica completa, sencillamente, no existen. En el Perú, por ejemplo, sólo 49% del territorio tiene cartografía a escalas de 1:100,000 o mayor.

La cobertura cartográfica de gran parte del país es incompleta, debido a nubosidad o humo en las fotos aéreas o imágenes de satélite que se utilizan como fuentes, dado que la estación seca en gran parte del país coincide con la época de quema, cuando los agricultores preparan sus campos para el cultivo. Son pocas las áreas del país (generalmente donde se desarrollan actividades mineras significativas) que tienen mapas geológicos detallados. El mapa catastral agrícola más reciente ya tiene más de 20 años. En toda América Latina, los censos nacionales de población, optimistamente, se llevan a cabo cada 10 años.

Dados los problemas de disponibilidad y cobertura de datos cartográficos analógicos, los sensores remotos ofrecen a veces la única fuente de datos con una cobertura temporal y espacial completa. El uso de imágenes LANDSAT o SPOT y de fotos aéreas está documentado extensivamente en la literatura. Existen técnicas para la clasificación de imágenes que permiten la detección de laderas susceptibles a deslizamientos (British Geological Survey, 1995) y otras amenazas. Sin embargo, en muchas zonas, las imágenes de satélite sufren de los mismos problemas de nubosidad y humo que los mapas que se derivan de ellos, mientras que las imágenes de radar aún no están fácilmente disponibles. Un obstáculo para el uso de imágenes remotas en la región es su alto costo, significando que son inaccesibles para muchas instituciones públicas y privadas. Mientras que en los países de la región hay una disponibilidad creciente de cartografía digital, muchas instituciones no tienen acceso a ella, salvo que estén dispuestas a pagar precios exorbitantes. Como resultado, sigue siendo más barato, en muchos casos, digitalizar los datos requeridos de la cartografía analógica.

Aparentemente, estos problemas son comunes a los países en desarrollo. En una aplicación documentada en Ghana (Minor, 1994), la incertidumbre referente a la disponibilidad, calidad y formato de datos frenó el progreso del desarrollo de bases de

datos. Los diseñadores de SIG concluyeron que muchas demoras y problemas podrían haberse evitado, si es que se hubiera planificado desde el principio para el peor escenario posible de disponibilidad de datos. Problemas aún más serios ocurren en Beirut, Líbano (Azar, Ferreira, 1994), donde la mayoría de los datos disponibles tiene una antigüedad de por lo menos 30 años. Davis y Bickerman enumeran una larga lista de problemas que tienen que enfrentar para obtener datos destinados al desarrollo de un sistema nacional de gestión de desastres hipotético en un país en vías de desarrollo (Davis et al., 1993). Éstos incluyen: la ausencia de datos referenciales, de mapas topográficos, de datos históricos sobre ocurrencia de amenazas, de datos sociales y económicos sobre patrones de vulnerabilidad; problemas de calidad, formato y confiabilidad de los datos. Todos estos problemas se presentan en América Latina.

Los datos en América Latina también padecen problemas propios de la región. Como se ha mencionado en el punto 5, un número importante de desastres, de pequeña y mediana escala ocurren en América Latina, en regiones periféricas con bajas densidades poblacionales y poca importancia económica. No es sorprendente que muchas de estas regiones tengan datos cartográficos y estadísticos con una cobertura incompleta y de baja calidad. A la vez, debido a la existencia de ritmos dinámicos e inestables de cambio social, demográfico, territorial y económico, particularmente en regiones de este tipo, tanto los datos espaciales como sus atributos se desactualizan con mucho mayor rapidez que en países más estables del mundo. Por ejemplo, la aplicación del SIG en San Martín, Perú (Minaya, 1994), fue desarrollada en un contexto donde la población de la región se había duplicado en sólo 10 años. Dentro de la misma región, el crecimiento poblacional de algunas ciudades tenía una tasa anual de más del 28%. Movimientos demográficos, mediante la migración o el desplazamiento forzado, caracterizan a países como Colombia, Perú, Brasil y los países de América Central.

Los cambios en la geomorfología y el paisaje son igualmente dinámicos. La deforestación afecta entre 0.5% y 1.5% de los bosques de la región cada año, y está relacionada con la creciente ocurrencia y magnitud de inundaciones, sequías, deslizamientos y otras amenazas hidrometeorológicas. Los rellenos y drenajes en zonas costeras o pantanosas pueden aumentar dramáticamente la amenaza sísmica. Ciudades en expansión rápida causan cambios en los ecosistemas que las rodean. Regiones que hace 25 años estuvieron completamente deshabitadas y donde la manifestación de amenazas de gran escala no hubiera causado ni pérdidas ni desastres; a menudo, tienen ahora una población grande y creciente con redes complejas de ciudades, actividades económicas e infraestructura en riesgo. En regiones como éstas, es muy posible que modelos espaciales-temporales que se basan en datos con una antigüedad de sólo 10 años no representan los niveles actuales de riesgo.

La calidad de los datos también está relacionada con problemas de incompatibilidad entre series de datos de períodos diferentes. En América Latina, los tipos de datos recolectados y los sistemas utilizados para clasificarlos a menudo cambian de censo a censo, haciendo difícil producir series temporales de un atributo determinado. Adicionalmente, hay una falta de confianza en la calidad de datos censales oficiales en algunos países, como México, aun cuando estos datos son actualizados. En algunas zonas, datos detallados derivados de estudios particulares pueden utilizarse para llenar el vacío; sin embargo, entre ellos hay normalmente problemas de incompatibilidad y de

falta de cobertura que impiden su integración en un SIG, salvo en el caso de aplicaciones locales.

El cambio social, económico y territorial, a la vez, agrava estos problemas de compatibilidad. El SIG de San Martín (Minaya, 1994) utilizó datos de los censos nacionales de 1981 y 1993. En ese período, el crecimiento poblacional en la región fue tan rápido que se crearon dos nuevas provincias y una gran cantidad de nuevos distritos, mediante la subdivisión y la amalgamación de entidades político-administrativas existentes, significando que las topologías político-administrativas de 1981 y 1993 fueron completamente diferentes. Adicionalmente, muchos distritos no tenían límites claramente definidos.

Los mapas producidos por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), que implementa los censos nacionales y los mapas producidos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), responsable de la cartografía nacional, presentaron áreas y topologías diferentes. De por sí, la cartografía producida por el IGN, a una escala de 1:100,000, se proyecta de escalas menores (1:1'000,000), llevando a problemas de imprecisión en la ubicación, área y forma de centros urbanos y otras entidades espaciales. Como resultado de este tipo de problemas, la construcción de la topología en un SIG puede volverse un proceso arbitrario e incierto.

La calidad de los datos también tiene relación con las metodologías utilizadas para recolectarlos. En el caso de los datos sobre pérdidas y desastres ocurridos, los que a menudo son importantes para el análisis de riesgos; la calidad especulativa y no uniforme de estas metodologías impide su incorporación en análisis comparativos. En la mayoría de los países, no existen bases de datos oficiales sobre la ocurrencia de desastres y pérdidas, sino múltiples informes sobre desastres específicos elaborados con metodologías diferentes. Frente a esta realidad, a menudo la única fuente de datos sobre los desastres ocurridos son los reportes periodísticos; los cuales, sin embargo, presentan problemas propios, tal como fue visto en la aplicación Desinventar (LA RED, 1996). Es posible que exista una relación inversa entre la cobertura de los datos sobre un desastre y la distancia en el espacio y el tiempo del desastres de la fuente periodística consultada. Es muy probable que muchos desastres, ocurridos en regiones aisladas, antes de la era de las telecomunicaciones modernas, nunca fueron registrados. Esto implica que los datos periodísticos pueden tener una distorsión a favor de desastres recientes en áreas accesibles, y que su uso daría origen a series temporales y espaciales distorsionadas.

La calidad de los datos también se ve afectada por las variaciones en la terminología que se utiliza para describir amenazas, pérdidas, poblaciones y desastres. En la aplicación de Desinventar, por ejemplo, las entidades espaciales fueron georreferenciadas utilizando los códigos censales y los nombres oficiales de las unidades político-administrativas respectivas en cada país. En las fuentes de datos sobre desastres ocurridos, sin embargo, se utilizan con frecuencia nombres coloquiales para la georreferenciación. La topología del espacio en uso popular raramente coincide con la topología oficial; sin embargo, influye en la definición de muchas bases de datos, incluso las oficiales. El uso repetido de nombres comunes; por ejemplo, San Juan, Santa Rosa, complica el problema. Problemas similares ocurren con la terminología

utilizada para describir las amenazas y las pérdidas con múltiples variaciones locales en los términos utilizados. Ciertos atributos, como el número de muertos en un desastre, son robustos y pueden fácilmente medirse y compararse en diferentes países. En cambio, en el caso de amenazas como huracanes o deslizamientos, hay muchos términos locales que se utilizan para describir diferencias sutiles, pero importantes, en el tipo de amenaza. Las definiciones utilizadas en los datos sobre el impacto social y económico de un evento son más variables aún y el significado de uno u otro término varía según quién lo utiliza y quién lo interpreta.

Los datos sobre los desastres y los riesgos a menudo se manipulan para servir a intereses particulares, lo cual también afecta la calidad de los mismos. Poblaciones locales o gobiernos municipales a veces exageran los datos sobre las pérdidas sufridas o riesgos enfrentados, para negociar más recursos o asistencia de un gobierno nacional. Estos, a su vez, hacen lo mismo para obtener mayor ayuda internacional. En cambio, a veces se subestiman las pérdidas y el riesgo, para dar una imagen de previsión y competencia. Los datos sobre desastres también cambian con el tiempo, empezando a veces con informes exagerados y sensacionalistas e imprecisos, hasta que aparecen informes menos sensacionalistas y mejor informados sobre las pérdidas y daños ocurridos.

En resumen, hay numerosos problemas para conseguir datos con una cobertura espacial, temporal y calidad adecuada para alimentar un modelo espacial-temporal que sirva al análisis de riesgos en América Latina. La ausencia de datos actualizados y con una cobertura espacial adecuada, particularmente en regiones aisladas que experimentan procesos rápidos de cambio; el alto costo de datos remotos y digitales; la incompatibilidad entre diferentes series y fuentes de datos; la falta de precisión y existencia de error en la cartografía; y la ausencia de métodos homogéneos para la producción de datos sobre los desastres y pérdidas ocasionadas son sólo algunos de los problemas que tienen que enfrentarse comúnmente en el diseño de un SIG para el análisis de riesgos en la región. Tomando en cuenta estos problemas, es preciso explorar estrategias alternativas para poder satisfacer los requerimientos de datos.

Una primera estrategia consiste en explorar la disponibilidad de datos en paralelo con el diseño del modelo espacial-temporal. A menudo, se gastan esfuerzos significativos en el diseño de modelos espaciales, para luego descubrir que no existen los datos necesarios para implementar el modelo. El levantamiento de inventarios o metabases de datos, entonces, debería acompañar al proceso de diseño de modelos espaciales, mediante un proceso iterativo de selección de datos y desarrollo de modelos, hasta que se llegue a un modelo funcional a las necesidades de la aplicación, que puede implementarse con los datos disponibles. En la medida que el modelo escogido sea lo más sencillo posible, tal como se recomienda en el punto 1, esto puede reducir a su vez los requerimientos de datos. Esta estrategia puede significar un ahorro significativo en tiempo y recursos en el desarrollo de una aplicación. A la vez, antes de iniciarse el levantamiento de inventarios de datos, es preciso hacer explícita la terminología convencional que se utilizaría en una aplicación. En la aplicación Desinventar, por ejemplo, se desarrolló un diccionario de términos por utilizarse a nivel regional, antes de dar inicio a la recopilación de los datos por incorporarse.

En América Latina, metabases de datos en general aún no existen, salvo en el caso de datos remotos como imágenes LANDSAT, que están disponibles en el Internet. Por lo tanto, es preciso adoptar una actitud creativa y proactiva para identificar, acceder y combinar fuentes de datos inconsistentes, incompatibles e incompletos. Aunque muchos datos, supuestamente, son de dominio público, se requiere en muchos casos aplicar técnicas de negociación de diversa índole para poder obtener acceso a ellos. Tejer y remachar los retazos de datos conseguidos, para lograr la cobertura espacial, temporal y de atributos requeridos, también exige una voluntad y capacidad para tomar decisiones, aun cuando los datos y sus atributos son aparentemente incompatibles y contradictorios. Al igual que en el diseño de modelos espaciales-temporales de riesgo, la mejor estrategia para conseguir, completar e integrar los datos necesarios para alimentar el modelo es la aplicación de *inteligencia* acerca de los escenarios de riesgo bajo análisis. Para el diseñador, la *inteligencia* es crucial, a fin de poder tomar decisiones y eliminar errores en la integración de los datos.

En San Martín, Perú, por ejemplo, la cartografía de la región a escala 1:1'000,000 muestra tanto las carreteras existentes como las proyectadas, a pesar de que algunas de éstas últimas nunca fueron construidas. En casos como éste, la aplicación de *inteligencia* sobre la región es la única manera de tomar decisiones acerca de qué carreteras proyectadas existen o no, y para evitar la producción de errores en la información producida. La *inteligencia*, entonces, puede ayudar al diseñador a: eliminar errores en los datos cartográficos y de sus atributos, tomar decisiones cuando existen contradicciones, saber cuándo y cómo aplicar técnicas de interpolación o de corrección de contornos y escoger atributos que reflejen los supuestos implícitos en el modelo espacial. En otras palabras, la imaginación geográfica del diseñador es clave para poder identificar errores y navegar con éxito en un mar de datos absurdos.

Una segunda estrategia consiste en la producción de información primaria para satisfacer las necesidades de una aplicación. En zonas donde no existe una cobertura de datos actualizados, a una escala adecuada, es posible generar datos primarios mediante métodos como los autocensos o el análisis de riesgos participativos (Medina, 1996). Aplicaciones en el Perú (Maskrey et al., 1992) demuestran que los autocensos, donde comunidades locales levantan sus propios datos sociales y económicos, pueden organizarse para cubrir áreas relativamente grandes, produciendo series de datos actualizados similares a los encontrados en los censos nacionales.

El análisis de riesgos con participación local, en el cual la población produce datos primarios sobre la ocurrencia histórica de amenazas y desastres en cada localidad, fue aplicada en la región San Martín, cubriendo una población de más de 600,000 personas en una área de más de 50,000 km². En otras palabras, si bien la producción de información primaria utilizando técnicas como PRA (Hall, 1996) puede ser adecuada para aplicaciones detalladas a nivel local, es posible también generar datos primarios para alimentar aplicaciones a nivel regional. En algunos contextos, en comparación con las dificultades y costos implícitos en la adquisición e integración de datos secundarios, esta estrategia puede resultar un ahorro significativo de tiempo y recursos en la implementación de una aplicación. Asimismo, permite mayor control sobre la calidad de los datos producidos y su relevancia para las necesidades de la aplicación.

Cuando las fuentes existentes de datos cartográficos son incompletas, desactualizadas, demasiado caras o tienen problemas de nubosidad, el uso de la videografía puede representar otra estrategia de costo relativamente bajo para generar datos cartográficos directos (Doyle et al., 1994). Imágenes de vídeo tomadas desde avionetas o helicópteros, utilizando equipos no profesionales, ofrecen una tecnología a bajo costo para capturar los atributos espaciales y temporales de escenarios de riesgo y de desastres ocurridos. Sí es que se combina con el uso de GPS y técnicas sencillas de análisis de imágenes, la videografía puede ser una estrategia eficiente y de bajo costo, particularmente en áreas remotas e inaccesibles. Otra alternativa que puede tener mayor importancia en el futuro es el uso de orthophotos digitales.

Éstas son representaciones digitales de fotos aéreas con distorsiones debido a topografía, condiciones atmosféricas y sistemas de cámara corregidos. Particularmente, en el caso de aplicaciones locales, las orthophotos digitales permiten una resolución más alta que las imágenes de satélite (Tessele, 1994). Es posible, además, que la disponibilidad creciente de imágenes de satélite declasificadas de los países de la ex Unión Soviética genere una reducción en los precios de datos remotos en América Latina, aumentando su accesibilidad y uso en aplicaciones para el análisis de riesgos.

3. LA GESTIÓN DEL ERROR EN LA INTEGRACIÓN DE LOS DATOS

Con la capacidad de los SIG para generar información, que es analíticamente compleja, se crea una capacidad poderosa para generar errores en la información producida. La cantidad de errores potenciales, que pueden producirse y magnificarse en el proceso de integración de datos, está relacionada con la gran cantidad de variables que se combinan en muchas aplicaciones, los niveles de incertidumbre respecto a la relativa importancia y peso de cada variable en el modelo espacial, los procedimientos y algoritmos utilizados para integrar los datos, y los errores ya existentes en los datos utilizados. En el diseño de aplicaciones de SIG para el análisis de riesgos en América Latina, es preciso, entonces, contemplar estrategias para la gestión del error, con el fin de mejorar la calidad y transparencia de la información ofrecida al usuario.

Hay múltiples oportunidades para la magnificación de errores existentes y la generación de nuevos errores en los procesos de integración de datos. La integración de variables con valores relativos con otras variables de valores absolutos es un problema común en muchas aplicaciones, y que produce error: por ejemplo, la combinación de indicadores de vulnerabilidad relativa con valores absolutos, como el tamaño de la población; lo cual produce índices de vulnerabilidad que muestran a zonas con mayor población como más vulnerables que zonas con menor población, aun cuando su vulnerabilidad relativa es muy baja.

El tamaño de las entidades espaciales utilizadas para el análisis es otra causa de error. Con frecuencia, la densidad poblacional es calculada mediante la división de la población total de una zona entre su área total. Sin embargo, en muchas zonas la población total se concentra en un área pequeña rodeada de áreas no pobladas. Como resultado, muchas áreas densamente pobladas aparecen con una baja densidad poblacional.

Otros errores son generados cuando se integran datos producidos a diferentes niveles de resolución o cuando se pretende ofrecer información de alta resolución, pero producida con datos con bajos niveles de resolución. Cuando se observan datos producidos a baja resolución con una alta resolución, la información aparenta una alta precisión. Esta supuesta precisión de la información, sin embargo, es falsa y errónea, ya que representa valores promedios interpolados y no valores específicos. Asimismo, el uso de datos cartográficos producidos a baja resolución, en aplicaciones que pretenden una alta resolución, aumenta la probabilidad de errores posicionales y de topología.

Los errores arriba mencionados frecuentemente se agravan por problemas de visualización; sobre todo, cuando el usuario está confrontando con mapas temáticos que muestran índices de riesgo o de vulnerabilidad, pero sin los datos referenciales necesarios para interpretar la información ofrecida sobre entidades espaciales de diferentes tamaños y con diferentes concentraciones de población, infraestructura y actividades económicas. Sobre todo en las aplicaciones que producen índices probabilísticos de riesgo, el usuario a menudo se encuentra frente a un mapa temático abstracto, sin tener acceso a datos referenciales que le permitan interpretar correctamente la información.

Lamentablemente, hay pocas aplicaciones documentadas en la literatura que ofrecen información sobre la procedencia de los datos o sobre las operaciones espaciales llevadas a cabo; que le permitan al usuario verificar o convalidar la información presentada sobre el riesgo. Esto es particularmente crítico dado el carácter especulativo de muchos de los modelos espaciales y procedimientos de integración de datos utilizados en las aplicaciones, así como también la calidad deficiente de muchos de los datos en sí. En aplicaciones a escala local, donde los mapas temáticos representan elementos específicos en riesgo, y donde no se pretenden generar índices compuestos de riesgo, la información ofrecida puede ser más transparente y fácil de verificar. Este no es el caso, sin embargo, en aplicaciones que sólo presentan mapas abstractos representando índices probabilísticos de riesgo.

Frente a este conjunto de problemas, hay una serie de estrategias que deberían considerarse para lograr una gestión adecuada del error, en aplicaciones para el análisis de riesgos. Una primera estrategia, que debería ser incluida como parte integral del diseño de cualquier aplicación, es la compilación, a lo largo del proceso de diseño, de información detallada sobre la procedencia de los datos, incluyendo las fuentes y los sistemas de medición y clasificación utilizados en el levantamiento y procesamiento de los mismos. Esta información debería ser complementada con perfiles detallados de los modelos espaciales-temporales utilizados y del conjunto de operaciones espaciales realizados sobre los datos. La información debería ser presentada como un expediente que acompaña a cualquier mapa temático producido, de manera que los supuestos y niveles de error e incertidumbre, implícitos en la información presentada puedan ser lo más explícitos y transparentes posibles para el usuario.

Una segunda estrategia, coincidente con las recomendaciones presentadas en los puntos 1 y 2, consiste en verificar la información producida mediante la comparación con información de otras fuentes o con *inteligencia* sobre los escenarios de riesgo

analizados en la aplicación. Mayor inteligencia sobre el contexto significa mayores posibilidades de detección y eliminación de errores. Información deductiva sobre desastres y pérdidas ocurridas, o aplicaciones como Desinventar, pueden utilizarse para validar información producida por técnicas inductivas. Los datos generados por técnicas como el PRA, asimismo, pueden ayudar a identificar errores tanto en la cartografía como en los atributos en zonas específicas. Aun en el caso de aplicaciones a nivel regional o nacional, el levantamiento selectivo de datos primarios utilizando PRA puede emplearse para validar muestras de datos y estimar niveles estadísticos probables de error.

Una tercera estrategia, coincidente con la recomendación presentada en el punto 1, sobre desarrollar aplicaciones a diferentes niveles de resolución, es reconocer explícitamente los límites de resolución impuestos por los datos utilizados en una aplicación. La información sobre riesgos producida por un SIG sería más creíble, en la medida que la resolución utilizada en la presentación de los mapas finales refleje la resolución más baja encontrada en los datos fuentes. En la medida que se ve estrictamente necesario integrar datos generados a una baja resolución para producir información a una resolución más alta, las limitaciones impuestas por la resolución de los datos fuentes deberían hacerse explícitos para el usuario.

Una cuarta estrategia de gestión del error y de reducción de incertidumbre, que podría considerarse, es la aplicación de simulaciones tipo Monte Carlo. Las técnicas Monte Carlo han sido aplicadas en análisis de riesgos en los Estados Unidos (Shinozuka et al., 1995; Emmi et al., 1995), para verificar el impacto de variaciones en los datos utilizados en los resultados finales. Ejemplos de este tipo abundan en los países desarrollados (Shinozuka, Hwang, 1995): el uso de simulaciones Monte Carlo para examinar la fragilidad de sistemas de agua, electricidad, gas, etc., con variaciones en datos específicos. En un estudio sobre la amenaza sísmica en Salt Lake City, Utah; por ejemplo (Emmi et al., 1995), se encontró que la distribución de la amenaza sísmica en la zona se mantenía igual aun cuando se produjeran variaciones significativas en los contornos entre los polígonos de intensidad sísmica.

Sin embargo, los niveles de amenaza resultaron ser sumamente sensibles a cambios en las mismas intensidades. El uso de las técnicas Monte Carlo ofrece la posibilidad de explorar el impacto de errores, tanto en los datos fuentes como en los algoritmos utilizados en las operaciones espaciales, aun cuando no exista información acerca de la probable distribución de errores en los datos, aumentando la confiabilidad de la información presentada al usuario. La reciente Versión 2 de IDRISI (IDRISI, 1996) ofrece una variedad de herramientas para manejar la incertidumbre y el error en las aplicaciones de análisis de riesgos; en particular, para evaluar el impacto de errores de medición en el proceso de toma de decisiones, mediante técnicas, como el Ordered Weighted Average (OWA), que permiten al diseñador variar los procedimientos para la combinación de variables, tomando en cuenta tanto el peso de cada variable como el grado de riesgo en la solución.

4. LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SIG EN ORGANIZACIONES

Según la literatura existente, una estrategia convencional de implementación de un SIG en una organización (McRae s.f.) incorpora varias fases: una fase de diseño, una fase de implementación y una fase de operaciones.

La fase de diseño empieza con una etapa de análisis: incluyendo el análisis del ambiente organizacional, institucional y político de la entidad (estructura organizativa, metas y objetivos, planes y actividades, recursos humanos, físicos y de información); oportunidades y limitaciones; un análisis de las necesidades de los usuarios; un análisis de los recursos de los usuarios, antes de pasar a la integración de los requerimientos y recursos de los usuarios y la evaluación de requerimientos funcionales. La etapa de diseño sigue con los requerimientos funcionales que surgen de la etapa del análisis y lleva al diseño conceptual y físico (hardware, software, modelo de datos, especificaciones, etc.) del SIG, y un plan de implementación. A menudo, el SIG se implementa después como un proyecto piloto, llevando a la revisión del diseño y los planes de implementación. La fase de implementación incluye la creación de bases de datos, software, hardware, capacitación e infraestructura; mientras que la fase de operaciones incluye actualización, expansión y monitoreo del rendimiento del sistema.

Aplicando estrategias de este tipo, típicamente pasan cinco o más años entre el surgimiento en una organización de la idea de tener un SIG y la implementación completa del mismo. En la literatura, se mencionan las dificultades de convencer a los directores y gerentes de los beneficios del SIG para poder mantener la velocidad de un proyecto, las dificultades en convencer a diferentes partes de una organización de adoptar fuentes comunes de datos, personal, procedimientos, compartir recursos y la resistencia a la introducción de los SIG, debido a cambios en las funciones laborales y estructuras de gestión.

La literatura también documenta una evolución paulatina de las estrategias de desarrollo de los SIG: desde un enfoque tecnocéntrico que da prioridad a la tecnología y la computarización de funciones existentes, hacia enfoques de orientación humana que priorizan los flujos y roles de la información en las estructuras organizativas; desde un enfoque de sistemas de información centralizados hacia un enfoque de redes de información en base a nodos independientes, y desde un enfoque en base a megacomputadoras y unidades especializadas de informática hacia un énfasis en redes de microcomputadores y la diseminación de las funciones de informática en toda la organización (Guevara, 1995).

Hay poca documentación en la literatura acerca de la implementación del SIG en organizaciones en América Latina. Sin embargo, al comprobarse que en organizaciones en la región existen SIG con funcionalidades sofisticadas y con configuraciones de hardware y software de alto costo, pero que en realidad son poco utilizados en la gestión de riesgos; hay que cuestionar hasta qué punto las estrategias de implementación de este tipo son relevantes o apropiadas.

En primer lugar, en América Latina, la mayoría de las organizaciones involucradas en la gestión de riesgos, tanto en el sector gubernamental como en el sector no

gubernamental, no tienen una cultura corporativa que haga posible la implementación de proyectos y programas de largo plazo, aun cuando su estructura pueda aparentar ser corporativa de una forma superficial. América Latina es postmoderna por necesidad, más que por convicción (Silva, 1992), y con la excepción de ciertos sectores, como la banca, nunca ha existido una cultura organizacional corporativa tal como existe en Europa o América del Norte. Con la crisis del modernismo en la región, en los últimos veinte años, los diferentes sectores de la sociedad se organizan cada vez más en torno a organizaciones pequeñas, especializadas y a menudo efímeras en los sectores gubernamentales, no gubernamentales y privados, con objetivos y funciones a corto plazo. Como tal, el trabajo de la mayoría de las organizaciones comprometidas en la gestión de riesgos está estructurado como proyectos o programas específicos y de muy corto plazo, que responden más a necesidades y demandas contextuales que a planes de mediano o largo alcance, y que se adaptan en forma pragmática a circunstancias sociales, económicas y políticas cambiantes.

Hay que cuestionar, entonces, cuántas organizaciones realmente requieren un SIG de carácter corporativo, capaz de cumplir múltiples funciones para diferentes aplicaciones con altos niveles de resolución y precisión. La funcionalidad sofisticada de muchos SIG contrasta con los requerimientos de información muy específicos y a corto plazo de las organizaciones. Según algunos autores (Somers, 1994), los costos de implementar SIG diseñados para múltiples usuarios, funciones y aplicaciones, y con altos niveles de resolución y precisión, ya son mayores que los beneficios; y que los argumentos que se utilizaron para justificar las enormes inversiones, en tiempo y recursos, con el fin de implementar SIG de tipo corporativo, como la posibilidad de compartir fuentes de datos y de diseñar aplicaciones múltiples sobre bases de datos compartidas, ya no son válidos.

En segundo lugar, es improbable que una estrategia informática corporativa, que requiere de varios años para madurar, logre plasmarse con éxito en organizaciones de este tipo y rendir sus frutos, ya que las características y necesidades de la organización cambian a menudo más rápidamente de lo que el sistema bajo implementación puede cambiar. La descentralización funcional y espacial de las organizaciones, el cambio de estructuras jerárquicas a favor de estructuras planas con un énfasis en el trabajo en equipo, la necesidad de asegurar la adaptación y la innovación en contextos cada vez más cambiantes y especializados y la fragmentación de los sistemas de valores, tanto en las organizaciones como en la sociedad en general, son todos factores que atentan contra estrategias de implementación de SIG de este tipo.

La velocidad del cambio es tal, que la mayoría de las organizaciones nunca reciben beneficios de un SIG de carácter corporativo. A menudo, los sistemas se vuelven obsoletos antes de culminarse su implementación, y no pueden adaptarse con la velocidad necesaria para mantenerse al día con cambios en la organización. Las estrategias de implementación a menudo exigen muchos supuestos: que cada etapa sea completada en detalle, antes de proceder a la siguiente; que el plan de desarrollo de todo el sistema sea completado antes de iniciar la implementación; que todos los requerimientos se analicen simultáneamente; que un diseño detallado completo sea desarrollado, etc. Cuando un elemento crítico en la organización se cambia, el proceso se detiene; dado que depende de que una serie de supuestos se mantenga igual.

En tercer lugar, el campo de la informática en general, y los SIG en particular, están evolucionando tan rápidamente que el tiempo de vigencia de un sistema determinado se vuelve cada vez más corto antes de que se desactualice. En los años 90, la introducción de interfases gráficas como Windows, el aumento en la velocidad de procesamiento y capacidad de almacenamiento de las computadoras personales, el desarrollo de redes locales y remotas, y el crecimiento espectacular de Internet son todos factores que están cambiando los paradigmas de la informática a una velocidad rápida. Según Guevara, estos desarrollos en la informática y las comunicaciones están creando condiciones nuevas para el trabajo en equipo, estructuras organizacionales descentralizadas y trabajo en red, que hasta hace pocos años hubieran sido imposibles.

En cuarto lugar, las organizaciones de gestión de riesgos en la región a menudo están caracterizadas por limitaciones presupuestales, que significan que la implementación de SIG de carácter corporativo, y con múltiples funcionalidades, sólo sean posibles con el concurso de la cooperación técnica internacional. Sin embargo, muchos intentos de la cooperación técnica internacional de introducir SIG, en organizaciones en América Latina, utilizando estrategias convencionales, no han tenido el éxito esperado.

Aun cuando existe financiamiento para adquirir el hardware y software necesarios y recursos para capacitar al personal, la sostenibilidad ha sido difícil de lograr, salvo que la cooperación continúe en forma indefinida. Una vez que se termina, las organizaciones a menudo se muestran sin capacidad de actualizar o renovar el SIG con sus propios recursos, y para reemplazar personal capacitado que deja la organización. Como resultado, algunos SIG, en poco tiempo, se vuelven obsoletos e inutilizables.

Muchos de estos problemas están subrayados en un informe del Banco Mundial sobre el uso de la informática para la gestión de desastres en regiones en desarrollo (Hassan et al., 1990). Según los autores, los intentos de la cooperación técnica internacional de implantar sistemas informáticos sofisticados, y que dependan del suministro de datos remotos, fracasan debido a que los sistemas no pueden integrarse de una manera sostenible en los entornos tecnológicos y organizacionales locales. Subrayan que, tanto los políticos como los funcionarios gubernamentales, encuentran dificultades para destinar recursos humanos y financieros a la implementación y mantenimiento de sistemas de información sofisticados. A la vez, insisten en que, en muchos países, la planificación a largo plazo, que a menudo es la razón de ser de los sistemas de información, sólo se practica en el papel, mientras que programas reactivos y a corto plazo son la norma más que la excepción.

En realidad, la implementación del SIG para el análisis de riesgos en organizaciones de América Latina responde no sólo a objetivos científicos y tecnológicos, y a preocupaciones sociales y humanitarias legítimas, sino también a cuestiones de poder. Dadas las connotaciones semióticas de la tecnología, la posesión de un SIG brinda poder y prestigio tanto a la organización como a los profesionales comprometidos: algo que es explotado por los vendedores de sistemas. Poseer un software como el ARCINFO, en vez de IDRISI, o un digitalizador grande, en vez de uno pequeño, son consideraciones reales en el desarrollo del SIG de organizaciones en América Latina, sin tomar en cuenta la cuestión de su funcionalidad.

Según Somers, la implementación del SIG de carácter autónomo, desagregado y no corporativo, orientados a aplicaciones especializadas y con objetivos y beneficios de corto plazo, representan una opción más apropiada para la mayoría de organizaciones, dada la limitación de recursos, la necesidad de tener resultados inmediatos y la disponibilidad de nuevas tecnologías y datos (Somers, 1994). Esto implica una estrategia de desarrollo del SIG consistente en un diseño básico, incorporando las características de los datos, las aplicaciones, la funcionalidad del software, y los usos, para luego basar el desarrollo del sistema sobre ese diseño. Bajo esta estrategia, tanto las aplicaciones como los resultados, podrían lograrse en el corto plazo, mientras que se sigue un trabajo más detallado sobre otros componentes del sistema.

Tales sistemas probablemente ofrecen pocas funciones para aplicaciones muy específicas y, a menudo, ofrecerían sólo los niveles de resolución y precisión estrictamente necesarios para la aplicación y posibilidades a lograr con los datos disponibles. Es paradójico que Somers ilustre su estrategia propuesta, con referencia a la implementación de un SIG para la gestión de emergencias, citando aplicaciones que se lograron desarrollar en unos pocos días.

La OEA (Bender, 1993) recomienda una estrategia similar, en base a la utilización de equipos sencillos y de bajo costo diseñados para satisfacer las necesidades de información de aplicaciones específicas a corto plazo. Según la OEA, sistemas grandes y sofisticados, que requieren de mayores capacidades técnicas, pueden ser más difíciles de reparar y mantener localmente, y sus funcionalidades y capacidades no necesariamente son útiles o valen el costo adicional para el análisis de riesgos. Dadas las limitaciones financieras y técnicas típicas de la región, los SIG para aplicaciones específicas, probablemente, sean más sostenibles a la larga, comparado con sistemas multiusuarios y múltiples aplicaciones. Al mismo tiempo, pueden permitir que la mayoría de las aplicaciones se desarrollen en plazos cortos con equipos no sofisticados, produciendo beneficios a corto plazo para las organizaciones comprendidas. Según la OEA, el obstáculo principal para la implementación del SIG, en América Latina, es la ausencia de personal capacitado; problema que puede ser superado si la capacitación se incluye como un componente dentro de las estrategias de desarrollo del SIG.

En resumen, una estrategia de implementación del SIG para el análisis de riesgos en América Latina, probablemente, consistiría en el desarrollo rápido de aplicaciones específicas en vez del desarrollo de proyectos complejos con múltiples aplicaciones. Tal estrategia ofrecería visibilidad y resultados a corto plazo. Aun cuando el objetivo final en una organización es desarrollar un SIG más complejo; probablemente, sea mejor optar por un proceso de desarrollo flexible, relacionando las aplicaciones a nivel conceptual pero desarrollándolas en forma individual, permitiendo flexibilidad en el enfoque y cronograma de cada uno. Cuando no existen marcos institucionales estables, que puedan sostener un proyecto a mediano o largo plazo, es improbable que estrategias de implementación del SIG que requieren largos períodos y niveles importantes de estabilidad institucional puedan funcionar.

En la medida que se tomen en cuenta las estrategias propuestas anteriormente para el diseño de modelos espaciales-temporales, para la adquisición de datos y para la gestión de errores es posible implementar aplicaciones para el análisis de riesgos con un mínimo de equipamiento, con software de bajo costo y en plazos relativamente cortos. En la medida que el diseño se sustente en un modelo espacial-temporal sencillo, basado en datos fácilmente disponibles, y en la medida que se haga explícito que con los datos disponibles sea posible lograr sólo un bajo nivel de resolución, la inversión en tiempo y recursos que se requiera para implementar un SIG se reduce drásticamente. Las estrategias de implementación de este tipo son altamente apropiadas para las organizaciones que apoyan las estrategias de gestión de riesgos de la población y que requieren herramientas ágiles para la visualización de escenarios de riesgo que pueden compartirse con la misma población, y que pueden implementarse en zonas de poca infraestructura y soporte técnico.

Una visión de redes de organizaciones locales utilizando SIG de bajo costo, para apoyar las estrategias de gestión de riesgos de poblaciones vulnerables, es radicalmente distinta a la visión de organizaciones centralizadas utilizando SIG sofisticados para sustentar estrategias convencionales de gestión de riesgos. Con el rápido desarrollo de las telecomunicaciones en América Latina y las posibilidades cada día mejores de conexión al Internet, aun en regiones relativamente aisladas, esta estrategia apropiada de implementación del SIG en organizaciones se vuelve más viable. El Internet puede permitir mayor acercamiento y comunicación entre sistemas de información en organizaciones pequeñas, mayor acceso a datos y mayores posibilidades de difundir la información producida. La producción, actualización y difusión de información sobre riesgos, en tiempo verídico, es una posibilidad real en el Internet, que va a influir en el desarrollo de los SIG para el análisis de riesgos. La producción de información sobre riesgos, reflejando *imaginarios* locales, donde se combinan datos producidos por metodologías como PRA con datos remotos, y donde redes de organizaciones locales comparten información y la consolidan a otras resoluciones, para influir en las políticas nacionales e internacionales, es técnicamente posible hoy en día. Falta sólo cambiar los imaginarios del diseño e implementación del SIG para el análisis de riesgos, para que sea viable.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, M.; WOODROW, P., 1989, *Rising From the Ashes: Development Strategies in Times of Disaster*, Westview Press, Boulder.

ANDRADE, B.; MONETT, A.. 1994, *Los derrumbes de laderas en la ciudad de Valparaíso:*

un problema ambiental a considerar en la planificación urbana, III Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra, Chile.

APODESA, 1994, *Determinación de áreas con riesgo potencial de erosión con Sistema de Información Geográfica y Percepción Remota*, mimeo, Lima, Perú.

ARNOLD, CHRISTOPHER, 1984, *Techniques of Vulnerability Assesment*, en Krimgold, F (ed), *Disaster Mitigation Program Implementation*, Virginia Polytechnic Institute, Virginia.

AYSAN, YASEMIN; DAVIS, IAN (eds.), 1992, *Disasters and the Small Dwelling: Perspectives for the UN IDNDR*, James and James, London.

AZAR, K.; FERREIRA, J., 1994, *Using GIS for Estimating the Spatial Distribution of Land Value in Metropolitan Beirut*, URISA (1994) pp. 805-819.

BASTIAN, S.; BASTIAN N., 1996, *Assessing Participation: A Debate from South Asia*, Duryog Nivaran / Konark Publishers, New Delhi.

BARRETO, RODRIGO, 1994, *Manejo ambiental y prevención de desastres naturales con participación comunitaria: el caso de los barrios populares del noroccidente de Quito*, en Lavell, A. 1994, *Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*, LA RED, Bogotá.

BECK, L.R.; RODRÍGUEZ. M.H. et al., 1994. *Remote Sensing as a Landscape Epidemiological Tool to Identify Villages at High Risk for Malaria Transmission*, American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 51 (3), pp. 271-280

BELTRAO, S., 1994, *Mapeo digital del Estado de Río de Janeiro y de la cuenca hidrográfica del río Paraíba del Sur*, mimeo, gobierno del Estado de Río de Janeiro.

BENAVIDES. PORCEL, Nociza. 1995, *El SIG como herramienta para el manejo de las emergencias urbanas*, V Conferencia y Curso Iberoamericano sobre Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

BENDER, S.; BELLO. E., 1993, *GIS Applications for Natural Hazard Management in Latin América and the Caribbean*, Department of Regional Development, Organization of American States, Washington D.C.

BERKE, P. et al., 1985, *A Computer Simulación System for Assesment of Hurricane Hazard impacts on Land Development*, Simulación Series 15(1): 149-151

BLAIKIE. P.M., 1981. *Class, Land Use and Soil Erosion*, ODI Review, 1981(2). pp. 57 - 66.

BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER. B.; 1996. Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. LA RED / ITDG, Bogotá. British Geological Survey, 1995, *Project Summary Report: Rapid Methods of Landslide Hazard Mapping*. Technical Report WC/95/30, BGS. Keyworth, Nottingham.

BRYANT, E.A., 1991, *Natural Hazard*, Cambridge University Press, Cambridge.

CANNON, TERRY. 1994, *Vulnerability Analisis and the Explanation of Natural Hazard*, en Varley, Ann, 1994, *Disasters Development and Environment*, Wiley, Chichester.

CAPUTO. M.G.. HARDOY, J.; HERZER. H.. 1985, *Desastres y sociedad en América Latina*, IIED/GEL, Buenos Aires.

CARDONA, OMAR DARÍO, 1992, *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo* en Maskrey, Andrew, 1993, *Los desastres no son naturales*, LA RED, Bogotá.

CHAMBERS, ROBERT, 1989, *Vulnerability, Coping an a Policy*, IDS Bulletin, No. 20, Institute of Development Studies, Sussex.

CHAMBERS, ROBERT, 1992, *Rural Appraisal: Rapid Relaxed an a Participatory*, IDS Discussion Paper No. 311, Institute of Development Studies, Sussex.

COUPÉ, FRANCOISE, 1994, *Políticas urbanas y participación frente a los desastres*, en Maskrey, A.; Franco, F. 1994, *Desastres y Sociedad*, No. 2, Año 2, LA RED / ITDG, Bogotá.

CUEVA, R. ROSALES. J., 1991, *Aplicación del SIG en la sistematización de información para el estudio de contaminación de Lima Metropolitana*, III Conferencia Latinoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

CUNY, FRED, 1983. *Disasters an a Development*, Oxford University Press, Oxford. DA CRUZ, JOSÉ, 1993, *Disasters an a Development*, Oxford University Press, Oxford. DAVIS, IAN, 1978, *Shelter After Disaster*, Oxford Polytechnic Press. Oxford.

DAVIS, I; BICKMORE, D., 1993, *Data Management/or Disaster Planning*, en Merriman, Browitt (eds.), 1993, *Natural Disasters: Protecting Vulnerable Communities*, Thomas Telford, London

DOYLE, KRAUSS; WELLS, ROBERTS, 1994, *The Use of Videography to Assess the Spatial Impact of Hurricanes on Forest Ecosystems*, GIS/LIS (1994), pp. 223-228

DRABEK, T. 1986, *Human System Responses to Disaster: An inventory of Sociological Findings*, Springer Verlag, New York.

DYMON, Ute J.. 1994, *Mapping Severe Weather Alerts in Alabama and Georgia*, GIS/LIS (1994). pp.229-234.

DYNES, R.R.; DE MARCHI, B.; PELANDA, C. (eds), 1987, *Sociology of Disaster*, Franco Agneli Libri. Milan.

EMANI, S., 1993, *GIS Applications in Hazard Management: A Review/*, American Association of Geographer, Atlanta, April 7-10.

EMANI, RATICK, Clark, Dow, Kasperson, Moser, Schwarz, 1993, *Assessing Vulnerability to Extreme Storm Events an a Sea Level Rise Using Geographical Information Systems*, GIS/LIS Proceedings, Minneapolis Convention Centre, Minnesota.

EMMI, P. HORTON, C., 1995, *A Monte Carlo Simulation of Error Propagation in a GIS Based Assesment of Seismic Risk*, Int. J. Geographical Information Systems, Vol. 9, 447-461.

ENGELS, FREDERICK, 1845, *The Situation of the Working Class in England*, ediciones varias.

EUSTAQUIO VILLANUEVA, C. ANGULO VILLAREAL, L., 1995, *Evaluación y zonificación de las amenazas naturales en el Perú aplicando Sistemas de Información Geográfica*, V Conferencia y Curso Iberoamericano sobre Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

EUSTAQUIO VILLANUEVA, C., QUISPE VÍLCHEZ, J., 1995, *Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la determinación de áreas vulnerables a riesgos naturales*, V Conferencia y Curso Iberoamericano sobre Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

FERNÁNDEZ, M.A., 1994, *Memorias de un proyecto exitoso: del Atlas Informatizado de Quito al Sistema Urbano de Información Metropolitana de Quito*, mimeo, USAID/RHUDO, Quito, Ecuador.

FLORES, FRANCISCO, 1994, *Análisis de riesgo como guía a un ordenamiento de zonas urbanas: estudio de caso: zona metropolitana de Guadalajara*, mimeo, Universidad de Guadalajara, México.

GARCÍA ACOSTA, Virginia, 1992, *Enfoques teóricos para el estudio histórico de los desastres naturales*, en Maskrey, A. 1993, *Los desastres no son naturales*, LA RED, Bogotá.

GITTINGS, BRUCE, 1996, *Worldwide Earthquake Locator* <http://geovax.ed.ac.uk/quakes/>

GRAY DE CERDÁN, N., 1994, *SIG: Prevención y manejo de la vulnerabilidad urbana, en zonas de alto riesgo sísmico*, mimeo, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

GUEVARA, J. ARMANDO, 1995, *New Technology Forces that will Shape the Evolution of GIS: The Geo Technology Paradigm*, V Conferencia y Curso Iberoamericano sobre Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

GUILLANDER, D. GELUGNE, P. et al., 1993, *Automatic mapping of landslides Hazards Areas in Tahiti Island Using Digital Data*, Buletin de la Societé Géologique de France, Vol. 164, 4. pp. 577-583

HALL, N, BELLER, R., 1996, *Participatory Data Collection*, mimeo, ITDG / OCDS, Oxford.

HANEY, T., 1986, *Application of Computer Technology for Damage/Risk Projections*, en Marston S.A. (ed) 1986, *Terminal Disasters: Computer Applications in Emergency*

Management, Program on Environment and Behavior Monograph No. 39, pp. 95-108. University of Colorado, Boulder.

HARVEY, DAVID. 1991. *The Condition of Postmodernity*, Basil Blackwell, Oxford.

HASSAN, H. LUSCOMBE, W. 1990, *Disaster information and Technology Transfer in Developing Countries*, Environmental Operations and Strategy Division, World Bank, Washington D.C.

HASSEN, KHALED, 1994, *Object Oriented Graphical User Interface Prototyping for a Oil Spill Information Mapping System*, URISA (1994) pp. 706-719.

HAZARDNET, 1996, <http://hoshi.cic.sfu.ca/hazard/>

HEWITT. KENNETH (ed.), 1983. *Interpretations of Calamity*, Allen and Unwin, New York.

IDRISI Project, 1996, *IDRISI Version 2 for Windows*, Clarke University.

International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR), 1994, *Yokohama Message and Plan of Acción*. United Nations, Geneva.

International Hurricane Center, 1996, *Miami Declaration and Plan of Action on Disaster Reduction and Sustainable Development*, FIU / LA RED / OAS, Miami.

JOHNSON, GLEN O., 1986, *Emergency Preparedness Planning and Operations System:EPPOS*, Los Angeles City Planning Department.

JOHNSON, GLENN, O., 1994, *The Value of Computer Methods for Hazards Vulnerability Analysis*, URISA (Urban and Regional Information Association, pp. 661-674.

LA RED, 1996, *Desinventar: Sistema de Inventarios de Desastres en América Latina*, OSSO / ITDG, Cali.

LAVELL, ALLAN, 1992, *Ciencias Sociales y desastres naturales en América Latina: un encuentro inconcluso*, en Maskrey, Andrew. 1993, *Los desastres no son naturales*, LA RED, Bogotá.

LAVELL, ALLAN (comp.), 1994, *Viviendo en Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*, LA RED / FLACSO / CEPREDENAC, Bogotá.

LAVELL, ALLAN, 1996, *Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano: problemas y conceptos*, en Fernández, M.A., 1996, *Ciudades en riesgo*, LA RED / USAID, Lima.

LAVELL, A. FRANCO, E. (eds), 1996, *Estado, sociedad y gestión de desastres en América Latina. En busca del paradigma perdido*, LA RED, Lima.

LAVELL, ALLAN, 1997, Comunidades urbanas en Centroamérica: vulnerabilidad a desastres, en Maskrey, A.; Franco, E., 1997, *Desastres y Sociedad*, No. 7, Año 5, LA RED / ITDG, Lima.

MACÍAS, J.M., 1993, Lecciones de un desastre, en Maskrey, A. Franco, E. 1993, *Desastres y Sociedad*, No. 1, Año 1, LA RED / ITDG, Bogotá.

MACÍAS, J. M. 1994, *Análisis espacial del riesgo y el riesgo del análisis espacial: el uso del SIG para el Atlas Regional de Colima*, mimeo, CIESAS, México.

MANDELBROT, BENOIT, 1982, *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman, San Francisco.

MANSILLA, ELIZABETH (ed.), 1996, *Desastres: modelo para armar*, LA RED, Lima.

MARTINEZ, J., 1994. Desarrollo de un sistema de *prognosis y gestión para el control de incendios forestales en Chile (Proyecto F1 - 13)*: Creación de las bases de datos, III Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra, Chile.

MASKREY. ANDREW, 1984, *Community Based Hazard Mitigation*, en Krimgold, F. (ed), 1985, *Disaster Mitigation Program Implementation*, Virginia Polytechnic Institute, Virginia.

MASKREY, A.; ROMERO, G., 1985, *Urbanización y vulnerabilidad sísmica en Lima Metropolitana*, PREDES, Lima.

MASKREY, ANDREW, 1989, *Disaster Mitigation: A Community Based Approach*, Development Guidelines No. 1, OXFAM Publications, Oxford.

MASKREY, A.; ROJAS, J.; PINEDO, T.. 1991. *Raíces y bosques: San Martín, modelo para armar*, ITDG / CEPSCO, Lima.

MASKREY, A.; MEDINA, J.; ARCE. I.' PINEDO, T.. 1992. *Plan local del desarrollo del distrito de Shapaja, San Martín*, ITDG / CEPSCO, Lima.

MASKREY. ANDREW, 1992, *Introducing Disaster Mitigation in a Political Vacuum: The Experiences of the Reconstruction Plan following the Alto Mayo Earthquake, Peru, 1990*, en Aysan, Y, Davis, I, 1992, *Disasters and the Small*, Dewing, James and James, London.

MASKREY, ANDREW., 1994, *Comunidad y desastres en América Latina: estrategias de intervención* en Lavell, Allan, 1994, *Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*, LA RED, Bogotá.

MASKREY. ANDREW., 1995, *The Semiotics of Technological Innovation*, en Aysan et al. *Developing Building for Safety Programs*, Intermediate Technology Publications, London.

MASKREY, ANDREW, 1996, *Terremotos en el trópico húmedo: la gestión de los desastres del Alto Mayo, Perú, 1991 y 1992; Limón, Costa Rica, 1991 y Atrato Medio, Colombia, 1992*, ITDG / LA RED, Bogotá.

MCHARG, IAN, 1975, *Design with Nature*, Doubleday Books, New York.

MCMASTER, R.; JOHNSON J.. 1987, *Assessing Community Vulnerability to Hazardous Materials with a Geographic Information System*, American Congress on Surveying and Mapping.

MCRAE, STEPHEN, s.f., *GIS Design and the Questions Users Should be Asking*, Schofield Brothers, Rochester, New Hampshire.

MEADE, PETER, 1994, *The Crash of Avianca Flight 052: GIS Would Have Made a Difference*, URISA (1994) p689 - 694.

MEDINA, J.; ROMERO, R., 1991, *Los desastres sí avisan: estudios de vulnerabilidad y mitigación II*, ITDG, Lima.

MEDINA JUVENAL, 1996, *Análisis de vulnerabilidades y riesgos en la región San Martín, mimeo, ITDG, Lima*.

MEJÍA-NAVARRO, M.; GARCÍA, L., 1995, *Integrated Planning Decision Support System*, Colorado State University.

MINAYA, ALICIA, 1994, *Análisis de riesgo a desastres mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica: región San Martín, Perú*, mimeo, ITDG, Perú.

MINOR, T.; CARTER, J.; CHESLEY, M.; KNOWLES, R. 1994. *An Integrated Approach to Groundwater Exploration in Developing Countries Using GIS and Remote Sensing*, ASPRS/ACSM(1994)

MONZÓN. FLOR DE MARÍA, 1995, *Alto Mayo: la solución apropiada y la oportunidad propicia*, en Maskrey, A.; Franco, E., 1995, *Desastres y Sociedad*, No. 4, Año 3, LA RED/ITDG, Bogotá.

MOSSE, DAVID, 1996, *The Social Construction of People's Knowledge in Participatory Rural Development* en Bastian, S.; Bastian, N., 1996, *Assessing Participation: A Debate from South Asia*, Duryog Nivaran / Konark Publishers. Delhi.

MUNASINGHE, M.; CLARKE, C., 1995, *Disaster Prevention for Sustainable Development*, World Bank, Washington.

NASA, 1996, *Global Emergency Observation. Warning and Relief Network*, Marshall Space Flight Center, <http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/geowam/>

OEA, 1993, *Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado: capítulo 5: Sistemas de Información Geográfica en el manejo de peligros naturales*, Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Organización de Estados Americanos, Washington D.C.

OLIVER-SMITH, ANTHONY, 1991, *The Martyred City*, University of New Mexico Press.

Pan American Health Organization (PAHO), 1994, *A World Safe from Natural Disasters: The Journey of Latin America and the Caribbean*, Washington

PONTE RAMÍREZ, R.; BASTIDAS DE CALDERÓN, M., 1991, *Aplicación de un SIG en la generación de un modelo de potencial de erosión en la cuenca del lago de Valencia, Venezuela*, III Conferencia Latinoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

PORTO DE SANTOS, U.; SIMOES, M.; VIEIRA, H., 1991, *Sistemas de Informacao Geográfica na Obtencao de Mapas de Risco ao Deslizamento em Encostas: Uma Aplicacao a Favela do Vidigal no Rio de Janeiro, Brasil*, III Conferencia Latinoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

PRESTES BARBOSA, M.; DOS SANTOS, M. J., 1994. *SÍG e Os Desastres Naturais:*

Uma Experiencia na Regiao de Sume, Estado de Pareaba, Brasil, mimeo, UNCAL, Brasil.

QUARANTELLI, E.L., 1978, *Disasters; Theory and Research*, Sage Studies in International Sociology 13, Beverly Hills, California.

RATICK, SAMUEL L., 1994, *Coping with Climate Change: Vulnerability and Response to Sea level Rise and Severe Storms*, Center for Technology, Environment and Development, Clark University.

ROGGE, JOHN, 1992, *A Research Agenda for Disaster and Emergency Management*, University of Manitoba, Canada.

ROMERO, G.; MASKREY, A., 1983. *Cómo entender los desastres naturales*, en Maskrey, Andrew, 1993, *Los desastres no son naturales*, LA RED, Bogotá. Royal Academy of Engineering, 1995, *Windstorm: Coming to Terms with Man's Worst Natural Hazard*, Royal Academy of Engineering, London.

SEN, A.K., 1981, *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*, Oxford, Clarendon Press

SHINOZUKA, M.; HWANG. H., 1995, *Systems Analysis for Memphis Light, Gas and Water*, NCEER Bulletin, Buffalo.

SILVA, ARMANDO, 1992, *Imaginarios urbanos: el caso de Bogotá y Sao Paulo*, Tercer Mundo Editores, Bogotá.

SOESILO, INDROYANO, 1994, Volcanic Hazard information Sub System (VHÍS) Within Indonesia Disaster Management Information System (IDM1S): A Pilot Study, ASPRS / ACSM.

SOMERS. REBECA, 1994, *Alternative GIS Development Strategies*, GIS/LIS (1994). pp. 706-715.

STALLINGS, ROBERT, 1995, Construyendo el riesgo: teoría sociológica sobre la amenaza sísmica, en Maskrey, A.; Franco, E. (eds), 1995, *Desastres y Sociedad*, No. 4, Año 3, LA RED / ITDG, Bogotá.

SWIFT, J., 1989, *Why are Rural People Vulnerable to Famine*, IDS Buletin, 20, Sussex University.

TESELLE, GALE. 1994, *A National Digital Orthographic Program*, GIS/LIS (1994) pp. 741-751

UNDRO, 1980, *Natural Disasters and vulnerability Analysis*, Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, Geneva.

UNDRO, 1989, *International Decade for Natural Disaster Reduction*, Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, Geneva.

U.S.G.S. 1996, *National Seismic Hazards Mapping Project*, <http://gldage.cr.usgs.gov/eq/>

VELÁSQUEZ, A., 1994, *Planificación regional del occidente colombiano bajo consideración de las restricciones por amenazas*, mimeo, OSSO, Cali.

WESTGATE, K.N. Y O'KEEFE, P. 1976, *Some Definitions of Disaster*, Occasional Paper No. 4, Disaster Research Unit, University of Bradford.

WHITE. G.F., 1961, *Papers on Flood Problems*, Research Paper No. 70. Department of Geography, University of Chicago.

WIJKMAN. A.; TIMBERLAKE. L., 1984, *Natural Disasters: Acts of God or Acts of Man*, Earthscan, Washington.

WILCHES-CHAUX, Gustavo, 1989, La vulnerabilidad global, en Maskrey, A. 1993. *Los desastres no son naturales*, LA RED, Bogotá.

WILCHES-CHAUX, 1995, *Particularidades de un desastre. Características del terremoto y la avalancha del 6 de junio de 1994 y de sus efectos sobre las comunidades afectadas*, en Maskrey, A.; Franco, E. (eds.), 1995, *Desastres y Sociedad*, Año 3. No. 4, LA RED/ITDG . Bogotá.

WILCHES-CHAUX. 1995, *The SENA self-help Reconstruction Program following the 1983 Popayan Earthquake, Colombia*, en Aysan, et al. *Developing Building for Safety Programmes*, Intermediate Technology Publications, London.

WINCHESTER. PETER, 1992, *Power, Choice and Vulnerability: A Case Study in Disaster mismanagement in South India*, James and James, London.

WOODS JAMES A.. 1994, *The Point Dume Fire Disaster of October 1993*, GIS/LIS (1994) pp. 825-832.

YUAN, MAY, 1994, *Wildfire Conceptual Modelling for Building GIS Space-Time Models*, GIS/LIS (1994) pp. 860-869.

ZAVALA ORTIZ, P., 1991, *Detección de los efectos de un tsunami en la bahía de Arica aplicando tecnología SIG*, III Conferencia Latinoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO Y EL RIESGO DEL ANÁLISIS ESPACIAL. EL USO DE LOS SIG PARA EL ATLAS REGIONAL DE RIESGOS DE COLIMA

Jesús Manuel Macías¹

1. INTRODUCCIÓN

En estas breves líneas se proponen algunas ideas que aún no tienen una cohesión entre sí; pero que responden a la incertidumbre de ensayar el análisis espacial referido a la caracterización de riesgos de un área determinada, enfrentándose al uso del Sistema de Información Geográfica (SIG). Los planteamientos que se hacen intentan rescatar una discusión que invade la frontera entre prácticas usuales de investigación social y la incorporación de instrumentos tecnológicamente recientes como el SIG. La reacción que aquí se refleja es necesariamente crítica.

2. ESPACIO Y RIESGO

Análisis espacial y riesgo son dos temas que, vistos en relación, abarcan un importante contenido estratégico. Agregada a ello la consideración del SIG, una herramienta de relativa y reciente innovación, complementan lo que yo llamaría los usos actuales necesarios para referir la problemática global de los desastres.

El término "análisis espacial" fue introducido al final de la década de los años cuarenta (Shafer, 1980), a propósito de un clima de ruptura del paradigma del estudio regional ligado a los desarrollos de la Geografía Humana o Cultural;

es decir, la Geografía Regional clásica. En ese entonces, fue el impulso del cuantitativismo que, 04 manos de geógrafos anglosajones (Macías), enarboló el término en cuestión, dándole un contenido provisto de una gran orientación hacia la instrumentación de modelos matemáticos para analizar procesos espaciales (económicos y sociales, fundamentalmente). En la década de los años setenta, todo ese impulso ganado por la tendencia cuantitativa comenzó a recibir puntapiés; primero ideológicos y, después, sustanciados por críticas conceptuales y prácticas científicas que denunciaron esencialmente su proclividad por desvirtuar la realidad que traducía mediante errores en sus modelos matemáticos (Macías :19).

En ese devenir, los consensos académicos transitaron de la región al espacio; pero ya no al concepto de espacio que se mantuvo convicto dentro de los modelos matemáticos por el cuantitativismo, sino a un concepto amplio que se alimentaba aún de búsquedas

¹ Investigador Titular del Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México y Miembro Fundador de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED).

conceptuales que rondaban los vastos terrenos de las filosofías existenciales (Coraggio, 1977) y dialéctico-materialistas.

El análisis espacial, entonces, se refiere -y lo refiero aquí- al ejercicio analítico de los procesos sociales y naturales mediante sus expresiones espaciales.

Por otro lado, el problema del riesgo en relación al análisis espacial podía suponer la puesta en juego de una variable más para aplicar dicho análisis. No puede ser así, el riesgo es planteado aquí como un concepto del análisis espacial, en tanto que corresponde a hechos manifiestos (Korn, 1971), o al "aspecto negativo de la posibilidad, el poder no ser" (Abbagnano, 1983).

Son conocidas varias propuestas para entender el riesgo, que le ponen en relación con dos categorías, a saber, la amenaza y la vulnerabilidad (Maskrey, 1989), y que son expuestas en términos de una ecuación que ilustra la manera en que se vinculan, por ejemplo:

$$\text{riesgo} = \text{peligro} \times \text{vulnerabilidad}$$

El riesgo aquí se refiere a un concepto que totaliza la posibilidad del desastre, y, en esos términos, las categorías de peligro y vulnerabilidad están también comprendidas por dicha totalidad. Si el concepto riesgo se refiere al aspecto económico -riesgo económico-, su utilidad analítica se concreta en relación a las categorías económicas asociadas a las vidas humanas, los bienes y la infraestructura productiva (Blong, 1994), de manera que puede alcanzar una ecuación de la siguiente forma:

$$\text{riesgo} = \text{peligro} \times \text{vulnerabilidad} \times \text{valor}$$

Las ecuaciones, así mostradas, carecen de valor de manipulación en términos matemáticos. Su expresión es cualitativa y pueden expresar, con los signos, la relación sumatoria o multiplicadora. Si bien la definición de cada una de las variables de las categorías puede eventualmente concretar el valor matemático (cuantitativo) y ponerse en juego, la esencialidad de estas operaciones carecería de significado para fines del análisis espacial que aquí refiero; porque tanto los conceptos como las categorías se desvirtúan, en su relación con la realidad, por el hecho de extraer de ellas sólo su aspecto de extensión (cuantitativo) y omitir el de intención (cualitativo).

El análisis espacial del riesgo supone atender tanto la espacialidad de los procesos sociales como la de los naturales², o más bien la relación existente entre ellos.

Uno podría asumir que, a diferencia de los procesos sociales, los naturales tienen un ritmo de espacialidad más estable y de larga duración; en tanto que los sociales son más dinámicos, cambiantes y de duración, comparativamente, más reducida. Esto es un factor sustantivo para la consideración del riesgo. Caracterizar, en esos términos al riesgo, y utilizar un instrumento esencialmente analítico como el Sistema de Información

² Utilizo el término acuñado por Coraggio (1977). Sin embargo, el manejo de contenidos tiene algunas diferencias que corresponden a otro encuadramiento de marco referencial.

Geográfica, tiene implicaciones diversas que conviene identificar en el siguiente apartado.

3. LOS SIG Y EL ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO

No es escasa la literatura básicamente técnica que ilustra las bondades y características de los SIG, en cuanto se refiere a "programas de cómputo diseñados para computar, almacenar, recuperar, manipular y desplegar información geográfica de una región de interés" (Burrough, 1989).

Podría afirmar, no sin riesgo de incurrir en equivocación, que estos "programas de cómputo", llamados SIG, pierden mucho de su potencial benéfico analítico cuando se convierten en una suerte de poder técnico en sí.

Se puede verificar la tendencia a incrementar y ampliar el uso del SIG para varios propósitos, cosa que ayuda a eliminar el manto "esotérico" que le han echado encima los técnicos iniciadores; pero también es posible identificar varias limitaciones que surgen de la comparación del trabajo cartográfico tradicional con el computarizado. El uso del SIG impone una nueva modalidad de organización de trabajo. Dependiendo de la complejidad de los propósitos para los que se utiliza esta herramienta, se puede anticipar un proceso simplificado de su utilización, que incluye varias fases: conceptual, configuración del ordenamiento de información y elección de cartografía básica y temática. Por otro lado, la tarea de captura de información y de imágenes. Todas estas fases exigen un determinado grado de dominio técnico y conceptual. Su puesta en marcha requiere un trabajo de equipo; pero un paso es el determinante, y se refiere al marco conceptual que regirá la índole de información que habrá de alimentar al sistema.

Son dos aspectos, entonces, los fundamentales que interesa destacar en este punto; el trabajo conceptual y los procedimientos para conocer, seleccionar e incorporar información.

Es pertinente valorar el avance que el trabajo teórico acerca de los riesgos y los desastres ha logrado alcanzar, así como también de sus insuficiencias. En primer lugar, plantear al riesgo como problema del análisis espacial significa revisar el grado de adelanto, que puede percibirse en diferentes propuestas que tienen que ver con mapas o atlas de riesgos. En este orden de cosas, puede señalarse la práctica de distinguir un procedimiento específico para definir la caracterización y cartografía de un riesgo determinado (vgr. volcánico, sísmico, de inundaciones, etc.).

Hay propuestas que intentan trasponer las cartas de riesgos específicos para observar una "confluencia de riesgos o amenazas". Distintos procedimientos desembocan en una gradación de riesgos cualitativa (alto, medio, bajo) o cuantitativa (1, 3, 5, etc.). Sin embargo, es difícil suponer un mecanismo de comparabilidad u homologación de riesgos combinados. La gradación cualitativa o cuantitativa puede arrojar alguna elucidación al respecto, pero no dejar de ser parcial en la medida en que está determinada por el analista. Para entender lo anterior, baste trasladar la visión del analista a la realidad sujeta a su observación, colocarlo con los pies en la tierra (en el área sujeta a riesgos) para que pueda sentir en carne propia las mentiras de sus mapas.

Los riesgos son diferenciales en el tiempo y en el espacio. Uno puede estar a merced de varias amenazas que le fincan ciertos parámetros de riesgos, pero no todos son del mismo significado en un solo momento o durante todo el tiempo. Ciertamente, el riesgo es "el aspecto negativo de la posibilidad", pero es también diferencial según la "posibilidad" de referencia.

Cuando examinamos la propuesta que distingue a "los elementos en riesgo" para ejercer la "determinación del riesgo", podemos poner en operación una sencilla inferencia que ilustra la base conceptual proveniente de la administración de (empresas) riesgos, donde la vida humana y las lesiones son "variables dependientes" de los "elementos en riesgo". La vulnerabilidad que se pone ahí en juego alude a las condiciones dañables de las infraestructuras, edificaciones y otros bienes inmuebles (o muebles). Por ello, entre otras cosas, la noción de "vulnerabilidad social" ha merecido un papel de enorme relevancia en la ecuación sobre el riesgo.

En la noción de vulnerabilidad social se ubica la base del análisis de riesgos. La vida humana cobra un significado más allá de lo biológico, reconquista su esencia social (moral), política y económica. Las lesiones no son sólo significado de gastos y recursos médicos sino también de replanteamientos familiares, comunitarios, económicos y políticos.

Por otro lado, el reemplazo del riesgo bajo la perspectiva de la vulnerabilidad social, también revierte la problemática de la información; es decir, su discriminación y sus procedimientos de acopio.

Es práctica asumida en los usos del sistema de información geográfica que se pueden reconocer para casos de riesgos, el recurrir a información ya elaborada generalmente a instancias de levantamientos censales (Poveda, Bender y Bello, 1992). Sin embargo, la indagación sobre vulnerabilidad social poco puede esperar ser alimentada con datos producidos por los procedimientos censales configurados para las estadísticas oficiales. En este punto, es posible encontrar coincidencias en dos proyectos de reciente inicio. Me refiero al proyecto llevado a cabo dentro del Programa de Desastres del Grupo de Desarrollo de Tecnología Intermedia (ITDG, por sus siglas en inglés) denominado "Análisis de riesgos a desastres mediante aplicación de SIG en la región San Martín, Perú" y al proyecto que alude este trabajo; es decir, el "Atlas regional de riesgos de Colima", bajo mi dirección.

La coincidencia de ambos proyectos estriba en el propósito de generar su propia información y, en los dos casos, se cuenta ya con una experiencia al respecto y con volúmenes de información directa de apreciable consideración.³

El proyecto de Colima se ha planteado configurar un "modelo" de análisis de riesgos, que tiene como eje la vulnerabilidad social, tomando como punto de partida las nociones

³ Para el caso de ITDG, puede verse el documento "San Antonio de Cumbaza: diagnóstico y plan de desarrollo integral" editado por CEPCO/ITDG. Éste contiene la experiencia de "AUTOCENSOS", fomentada para contar con información generada y apropiada por los miembros de la comunidad que se alude.

de espacialidad diferencial (Lacoste, 1977), vulnerabilidad diferencial (véase, por ejemplo, Winchester, 1992, también la propuesta de Maskrey, 1989 y Macías, 1992) y riesgo diferencial, como veremos en adelante.

4. EL PROYECTO COLIMA

El proyecto "Atlas regional de riesgos de Colima" se considera como un esfuerzo inicial donde el análisis de las amenazas, vulnerabilidad y riesgo se auxiliará de un SIG. Las características generales del estado de Colima se pueden sintetizar de la manera siguiente: su extensión es de 1,451 kilómetros cuadrados, y se localiza en las costas del océano Pacífico, en el centro-occidente de México. En su territorio confluyen dos provincias geológicas, el Sistema Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. La topografía, en general, es bastante abrupta, presentando zonas de valles poco amplias. En su territorio se encuentra uno de los volcanes más activos del país (el volcán de Colima) y, en general, la actividad tectónica es importante, registrando eventos sísmicos frecuentes. Desde el punto de vista humano, Colima se compone de diez municipios y tiene tres ciudades principales (Colima, Manzanillo y Tecomán), que en conjunto reúnen al 75% de la población total, y forman un cierto patrón de concentración demográfica que contrasta con otro configurado por la dispersión de más de mil comunidades pequeñas, menores de 250 habitantes, que se distribuyen en la faja costera y en las zonas montañosas.

4.1. Vulnerabilidad social. Problemas de investigación

Cuando el término vulnerabilidad se adjetiva con "social", se hace referencia a un concepto complejo, dirigido a las condiciones sociales globales dentro de un grupo o comunidad humana, a la que caracterizan los rangos de susceptibilidad a recibir daños por la ocurrencia del impacto de un determinado fenómeno desastroso. Cuando se señalan "condiciones sociales como residencia de la vulnerabilidad social", se alude a complejas tramas de relaciones sociales que implican una relación histórica y espacial caracterizadora de cultura, prácticas económicas, políticas, etc., que tienen diferentes vínculos y determinaciones, según la escala de observación: familia, clase o grupo social, comunidad, nación, etc.

El ejercicio de comparar los efectos de fenómenos naturales peligrosos, ocurriendo como detonadores de desastres, tanto en países desarrollados como subdesarrollados, llama la atención la condición de los países desarrollados, vistos en términos de una buena o excelente calidad de vida de sus poblaciones, con una mayor disponibilidad de recursos tanto individuales como colectivos, así como la existencia de mejores infraestructuras productivas y de servicios que incorporan innovaciones tecnológicas y donde la relación de la instancia científico-técnica opera con avanzados sistemas de monitoreo y alertas, los efectos desastrosos se ven reducidos. Por un lado, la pérdida de vidas se ha logrado minimizar y, por el otro, las pérdidas individuales se han mitigado gracias a la práctica de comprar seguros de riesgos. El significado económico de las pérdidas materiales cobra una dimensión tal vez mayúscula en la medida que se concentra en su gobierno y en las empresas aseguradoras o reaseguradoras. Sin embargo, las capacidades de recuperación, tanto gubernamentales como empresariales, son también mayúsculas.

En el contexto del subdesarrollo, no sólo las condiciones seculares de precariedad socioeconómica de las poblaciones mayoritarias las hacen vulnerables a los desastres, sino que los procesos existentes de urbanización, crisis y una ubicación desfavorable en la economía global del mundo incrementan los grados de vulnerabilidad y, además, polarizan éstos en sus estructuras internas, en razón directamente proporcional a esa alta polarización socioeconómica existente. Los desastres en los países subdesarrollados cobran muchas vidas, y de ello hay un reconocimiento pleno (véase Stop Disasters, 1994).

Los problemas que plantea la investigación de la vulnerabilidad social se pueden desglosar de la siguiente manera.

1. Si bien se ha considerado que la vulnerabilidad social se refiere a las condiciones susceptibles de recibir daño, también se ha logrado apuntar que trasciende otro componente: la capacidad de recuperación. Entonces, es de importancia capital analizar aquellas condiciones de susceptibilidad y recuperación, que no necesariamente guardarán entre sí una proporción simétrica, según los grupos sociales y las unidades familiares, y según también el contexto de residencia (urbano o rural).

2. Susceptibilidad y recuperación son dos nociones que no se refieren exclusivamente a condiciones materiales. Los grupos sociales guardan cohesiones y determinaciones al nivel simbólico que influyen de manera directa, tanto en susceptibilidad (por ejemplo: el "prestigio social" que da el vivir en determinado barrio o colonia de clase pudiente, aunque sea de alto riesgo sísmico), como en recuperación (por ejemplo: familias de escasos o nulos recursos logran una recuperación apoyándose en relaciones familiares extensas).

3. Los problemas señalados arriba coinciden en amplificar los grados de dificultad, para una investigación cuyo propósito es expresar cartográficamente un entramado de relaciones sociales que tienen básicamente un significado cualitativo. Ello representa un problema fundamental, debido a que se necesita generar un importante esfuerzo intelectual colectivo para poder construir conceptos no sólo operables en términos de la investigación empírica, sino susceptibles de ser expresados dentro de las convenciones de la cartografía, tan orientada a manipular datos o relaciones cuantitativas.

Sin duda lo anterior se asocia con la actividad del trabajo de campo, donde los investigadores habrán de interactuar con los pobladores, haciendo uso de las técnicas de observación directa y la entrevista; y cuyo resultado se refleja fundamentalmente en el levantamiento de la información cualitativa.

4.2. Vulnerabilidad social. Lo cualitativo y la expresión cartográfica

Se ha indicado que el tema referido a la vulnerabilidad social tiene, previsiblemente, un alto grado de dificultad, debido a la necesidad de operar con información de naturaleza básicamente cualitativa, derivada del conocimiento y análisis de las relaciones sociales que la definen.

También se ha advertido que las prácticas corrientes del trabajo cartográfico privilegian la manipulación y expresión de datos cuantitativos, sobre todo cuando se reflejan asuntos humanos. El recurso al procesamiento de datos e informaciones estadísticas ha dominado esa práctica, y por ello es importante recalcar que se consideran muy serias las limitaciones que ofrecen los análisis estadísticos como reflejo de las condiciones reales, concretas; este problema se acentúa cuando el propósito es acercarse a un conocimiento confiable de la vulnerabilidad social y los riesgos de sufrir efectos desastrosos.

En un primer acercamiento, conviene referirse a la naturaleza cualitativa de las relaciones sociales como determinantes de la vulnerabilidad social.

Se propone entender las relaciones sociales como el modo de ser, en el sentido ontológico, de las personas entre sí; es decir, socialmente. Esto significa que, en una sociedad, los individuos construyen una gama muy amplia y jerarquizada de relaciones, desde las familiares (parentesco), las comunitarias, hasta las de carácter global, referidas a sociedades nacionales. El análisis de esas relaciones tiene que estar orientado por categorías y conceptos, de manera que, por un lado, se deben distinguir las relaciones materiales, que pueden ser asumidas en términos de relaciones productivas, y, por otro lado, las relaciones de carácter simbólico, ambas inextricablemente unidas.

Las relaciones de producción engloban a la categoría de formas de propiedad (tenencia, usufructo) que se distinguen en, por lo menos, tres modalidades:

privada, social y comunal. En el ejercicio analítico se tiene que oponer la caracterización de esas relaciones en base al parentesco, la condición de asalariadas o mixtas. La mediación entre estas oposiciones estaría dada por otras categorías de análisis, a saber: 1) organización del trabajo, 2) distribución de la producción, e 3) intercambio de la producción.

Para efectos del análisis de la vulnerabilidad social, lo anterior se considera como un proceso de análisis (a) que debe ser enlazado a otro proceso de análisis (b) mediante la categoría de distribución del ingreso.

El proceso de análisis (b) se refiere a las relaciones de reproducción social que se desagrega en los siguientes aspectos: 1) alimentación, casa, vestido y salud, 2) reposición/recuperación de bienes (de producción y reproducción social), 3) ceremoniales, 4) diversiones, y 5) conservación del orden social.

Otros procesos analíticos se relacionan con los anteriores, a diversos niveles, según la escala de observación. Estos procesos son: (c) la familia (noviazgo, matrimonio, residencia, educación, economía familiar), (d) gobierno (local, municipal, estatal, nacional), formas, relaciones, cargos, obligaciones y significado político de la organización, (e) religión, y (f) otras formas de pensamiento y conciencia social.

Es importante destacar que, en casi todas las categorías, encontramos el doble aspecto de lo cualitativo y lo cuantitativo. Sin embargo, como puede observarse, el proceso (a)

tiene un peso fundamentalmente cualitativo. Así como ello, importa aclarar de entrada la valoración cualitativa de cada categoría, para proceder a encontrar las correspondencias cuantitativas.

El trabajo cartográfico puede ser considerado no sólo dentro del dominio de ciertas técnicas de representación y un correspondiente lenguaje, sino plenamente vinculado a procesos de investigación complejos. Es importante advertir que, aunque la cartografía puede ser considerada como una disciplina con alto grado de independencia, el trabajo cartográfico es un recurso al que pueden acudir diversas disciplinas científicas, de manera que tiene dos atribuciones; ser una herramienta de gran utilidad para el análisis espacial y, por otro lado, ser una finalidad de trabajo en sí. Esto último puede tener un exacerbado sentido respecto al uso de SIG.

5. A MANERA DE CONCLUSIÓN PARCIAL

Estamos buscando definir un "modelo" de análisis que haga compatible la incorporación de la herramienta SIG, y ello supone retos que tienen que cumplir el propósito de incorporar información a diferentes escalas, cuantitativa y, sobre todo, cualitativa. Aún no es posible ponderar las limitaciones que pueden ofrecer los algoritmos para encuadrar un "modelo de análisis" que rompa el esquema del dato cuantitativo ofrecido por la "información disponible". Hemos definido un instrumento colectivo pensante (seminario), para tratar de resolver los problemas previsibles y los contingentes. La intención es invertir en un diseño de investigación sobre vulnerabilidad social que pueda hacer más fáciles y accesibles otras iniciativas de investigación pendientes. Es posible encontrar una exigencia respecto a alcanzar resultados con cierta celeridad. Tal asunto no es asumido como preocupación del proyecto. Si se hubiera realizado esa inversión desde hace tiempo, estaríamos ahora cosechando resultados.

Por otro lado, es importante poner en juego diferentes aproximaciones conceptuales, propias del análisis espacial, para acceder a una mejor comprensión de la problemática global del riesgo-desastre. Me refiero, concretamente, a la noción de espacialidad diferencial que habría de tener una dura pero interesante prueba en el análisis de escalas que puede permitir el SIG.

BIBLIOGRAFÍA

ABBAGNANO, N., (1983), *Diccionario de Filosofía*. México, Fondo de Cultura Económica, 3a. Reimpr.

BLONG, R., 1994, *Nuevos conceptos en el manejo de desastres*. En: Revista Información Científica y Tecnológica Vol. 16 No. 216. México, CONACYT.

BURROUGH, O., 1989, *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford, Clarendon Press.

CEPCO/ITDG ed., 1994, *San Antonio de Cumbaza: diagnóstico y plan de desarrollo integral*. Lima, Serie Análisis y Propuesta No. 2.

CORAGGIO, J., 1977, Posibilidades y *dificultades de un* análisis espacial contestatario. En: Revista Demografía y Economía. México. El Colegio de México.

DIRDN, 1994, Boletín Stop Disasters. No. doble, 1-2 / mayo-agosto, Nápoles.

KORN, F. et al., 1971. Conceptos y *variables en la investigación social*. Buenos Aires, Ed. Nueva Visión.

LACOSTE, Y., 1977, *La geografía: aun arma para la guerra*. Barcelona, Anagrama.

MAGIAS, J. M., 1992, Significado de la Vulnerabilidad Social frente a los Desastres. En:

Revista Mexicana de Sociología No. 4. México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

———— Confrontaciones en el análisis espacial. La experiencia norteamericana. En: Anuario de Geografía. México, UNAM.

MASKREY, A., 1989, El manejo popular de los desastres naturales. Lima, ITDG.

POVEDA. J.; S. BENDER y E. BELLO, 1992, Uso de Sistemas de Información Geográfica en el análisis de vulnerabilidad a las amenazas naturales del sector *agropecuario* del Ecuador. En: Primer Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica, Bogotá.

SCHAEFER, F., 1980, Excepcionalismo en *geografía*. Barcelona, Editorial de la Universidad de Barcelona, 3a. ed.

WINCHESTER, P., 1992, Power, Choice and Vulnerability. A Case Study in Disaster Mismanagement in South India, 1970-1988. Londres, James and James.

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RIESGOS DE DESASTRES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Alicia Minaya P.

PRESENTACIÓN

Intermediate Technology Development Group (ITDG), mediante el Programa de Desastres, viene implementando el proyecto de Prevención Mitigación y Preparación para Desastres en la Región San Martín. Este proyecto tiene, entre sus propósitos, la organización de un Sistema de Información para Desastres, que permita identificar los niveles de riesgo de desastres de la región en las diferentes localidades de estudio, teniendo como base a los indicadores de vulnerabilidad y amenazas integrados. Asimismo, debe permitir monitorear los cambios mediante la actualización permanente de los datos que contiene.

Mediante este proyecto, se pretende generar una propuesta metodológica de producción y manejo de información estratégica que se incorpore en el proceso de toma de decisiones. Esta herramienta se pondrá luego al alcance de las instituciones interesadas en la prevención y mitigación de desastres y en el desarrollo integral de la región.

El Sistema de Información para Desastres tiene como base un Sistema de Información Geográfica (SIG), cuya implementación se sustenta en un modelo conceptual metodológico diseñado previamente para analizar e integrar variables que caracterizan las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo. En este modelo, se recoge la experiencia de las instituciones nacionales que vienen trabajando el tema de los desastres.

La experiencia se desarrolló en dos etapas:

- En la primera, se realizó un diagnóstico del estado actual del uso del SIG en el Perú, particularmente en lo que corresponde al análisis de las variables físicas, socioeconómicas y culturales; indicadores que participan en la generación de condiciones de riesgo de desastres. En la actualidad, se avanza en la identificación y recopilación de información existente sobre la región (cartas topográficas, mapas temáticos diversos, fotos aéreas, imágenes de satélite, datos estadísticos socioeconómicos, culturales, etc.), que resulten de utilidad para la implementación del SIG en el análisis del riesgo de desastres.
- En la segunda etapa, corresponde crear un modelo conceptual-metodológico para el análisis del riesgo de desastres, apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG), como base del Centro de Información para Desastres que será implementado en la región San Martín, como parte del Proyecto Nacional "Prevención, Mitigación y Preparación para Desastres".

El presente documento constituye un resumen de los avances que se vienen efectuando en el desarrollo de la metodología de análisis de riesgo de desastres en la región San Martín. Específicamente, haremos hincapié en la metodología desarrollada para el análisis de la vulnerabilidad en la región.

Este proyecto, cuyo resumen se presenta, forma parte de una propuesta mayor que se viene desarrollando en el seno de La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina: LA RED; que es llevada a cabo, a modo de investigación comparativa, con la participación de cuatro instituciones miembros (OSSO. Colombia; CIESAS, México; UFPB. Brasil, e ITDG, Perú).¹

1. INTRODUCCIÓN

El departamento de San Martín está ubicado en la región nororiental del Perú, entre los 3°50' y 5°20' de latitud sur, y entre los 75°40' y 77°45' longitud oeste. Ocupa una superficie de 53,064 km², correspondiente al 4.1% del territorio nacional.

San Martín se localiza en el flanco oriental de la cordillera de los Andes, y ocupa principalmente zonas de la selva alta; sin embargo, hacia el oeste, algunos sectores de su límite jurisdiccional llegan al borde oriental de la cordillera andina oriental.

El departamento fue creado el 4 de setiembre de 1906, con las provincias de Huallaga, Moyobamba y San Martín. En la actualidad, cuenta con 10 provincias y 77 distritos; su capital es la ciudad de Moyobamba.

En 1993, la población de San Martín era de 574,840 habitantes, con una distribución muy heterogénea; existían distritos con una densidad poblacional de 0.6 hab/km², y otros con un promedio de 300 hab/km².

La región San Martín se encuentra en un territorio con múltiples amenazas naturales; algunas de las cuales ya han impactado en su población y en su economía, como los terremotos ocurridos en 1990 y 1991 en el Alto Mayo. Los vientos huracanados, inundaciones y deslizamientos de tierras constituyen también amenazas latentes en el departamento.

Por otro lado, una serie de procesos sociales, económicos, políticos, demográficos, entre otros, ha conducido al establecimiento de patrones de urbanización y de ocupación de tierras no acordes con el medio ambiente sanmartinense. Esto se refleja en un crecimiento sin control de las ciudades, utilización de materiales no adecuados al medio en la construcción de las viviendas, explotación irracional de los recursos naturales, degradación de los suelos, desarticulación de los procesos productivos, distribución heterogénea de los servicios básicos, etc. Estos procesos han configurado un tipo de vulnerabilidad que lleva a determinada población a ser más susceptible de

¹ OSSO: Observatorio Sismológico del Sur Occidente, Colombia; CIESAS: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México; UFPB: Universidad Federal de Paraíba, Brasil; ITDG: Intermediate Technology Development Group. Perú.

sufrir pérdidas durante un desastre y, asimismo, le resulte más difícil recuperarse o "autoajustarse" a la nueva coyuntura de desastre.

2. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

El objetivo de la presente investigación es plantear una metodología para el análisis del riesgo de desastres en la región San Martín. El proyecto espera contribuir con el estudio de la problemática de desastres en la región San Martín, e integrarse posteriormente a un conjunto de actores relacionados con la producción de información primaria y con la gestión del desarrollo local y regional (instituciones técnicas, oficinas sectoriales, ONG, organizaciones de base, gobiernos regional y locales, etc.).

El modelo de análisis de riesgos plantea la necesidad de llevar a cabo un estudio sistemático, tanto de los factores que configuran las amenazas naturales, como de los relacionados con los patrones de vulnerabilidad en la región, con el fin de poder identificar los niveles de riesgo, integrando los indicadores de vulnerabilidad y de amenazas.

La unidad espacial de análisis será el "distrito", entendido como la unidad político-administrativa mínima del país. San Martín cuenta actualmente con 77 distritos.

La escala de trabajo por motivos de disponibilidad de datos es 1:500,000. Se utiliza también información más general a escala 1:1'000,000. El software SIG utilizado es el IDRISI versión 4.1.

3. MODELO CONCEPTUAL DEL RIESGO

La intervención en el manejo de los desastres está muy relacionada con el concepto que se tenga de éstos; de cómo se producen, qué factores lo generan e influyen en su ocurrencia, etc.

En principio, señalamos algunos conceptos básicos que facilitan el entendimiento de los desastres:

"Un desastre puede definirse como un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada, causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medio ambiente." (Omar Darío Cardona, Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. En Maskrey, Andrew (comp) Los desastres no son naturales (1993), LA RED-ITDG, p. 52.).

Vistos de esta manera, los desastres pueden tener su origen en fenómenos naturales, pero también pueden ser provocados por el hombre. Asimismo, pueden resultar de una combinación de ambos. Por ejemplo, fallas de carácter técnico, actitudes de negligencia e irresponsabilidad y otros hechos mal intencionados.

El modelo conceptual de riesgo que usamos se puede expresar así:

Riesgo = Vulnerabilidad * Amenaza

Por riesgo, vamos a entender la probabilidad de daños que resulta de cualquier fenómeno de origen natural o humano sobre una comunidad vulnerable a dicho fenómeno.

Por vulnerabilidad, vamos a denotar la susceptibilidad de una comunidad para ser afectada por algún fenómeno, expresada en su incapacidad para "absorber", mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente; es decir, su "inflexibilidad" o incapacidad para adaptarse a un cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva de una amenaza o peligro sobre la comunidad.

Como amenaza (para una comunidad), se considera la probabilidad de que ocurra un fenómeno natural o humano peligroso.

En resumen, que un evento o fenómeno genere o no riesgo dependerá de que el lugar donde se manifieste esté ocupado también por una comunidad vulnerable. El que se considere o no amenaza dependerá del grado de probabilidad de ocurrencia en esa comunidad. El que se convierta o no en desastre dependerá de la magnitud real con que efectivamente se manifiesta el fenómeno, y del nivel de vulnerabilidad de la comunidad. Por lo tanto, no todos los fenómenos peligrosos para el hombre (naturales o provocados por el ser humano) generan un riesgo de desastres; esto dependerá de la vulnerabilidad o (vulnerabilidades) de la población o la comunidad expuesta a él.

La amenaza se puede evaluar mediante los "pronósticos" de la ocurrencia de un fenómeno, en base al estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o registro de eventos en el tiempo. Este tipo de evaluaciones las realizan instituciones técnicas y científicas relacionadas con campos afines a la geología, la hidrometeorología y los procesos tecnológicos; normalmente, se plasman en mapas de "zonificación" según el tipo de peligro. Los mapas de amenaza son un insumo de fundamental importancia para la planificación física y territorial.

La vulnerabilidad es posible de ser evaluada desde diferentes aspectos; entre los más importantes mencionamos:

- *Vulnerabilidad física:* la referida a la localización de los asentamientos humanos en zonas de peligro y a las deficiencias de su estructura física para "absorber" los efectos de estas amenazas.
- *Vulnerabilidad económica:* ya en varios estudios se ha mostrado que los sectores económicamente más deprimidos de la humanidad son, por esta misma razón, los más vulnerables frente a los peligros naturales, ya que la falta de medios les impide recuperarse rápidamente frente a fenómenos peligrosos. A nivel local e individual, esta

vulnerabilidad se expresa en desempleo, insuficiencias de ingresos, inestabilidad laboral, dificultad de acceso a servicios de salud, educación, recreación.

- *Vulnerabilidad social e institucional:* la referida al grado de cohesión interna de una comunidad, basada en sentimientos y propósitos compartidos, expresados en organizaciones que traducen dichos propósitos en acciones concretas y en líderes que las representan adecuadamente.
- *Vulnerabilidad política:* es decir, el grado de autonomía que posee una comunidad para tomar las decisiones en aspectos de la vida social que la afectan, y la posibilidad de formular e implementar por sí misma la solución de sus problemas.
- *Vulnerabilidad educativa y cultural:* no sólo la referida al nivel educativo de la población, sino también a las heterogéneas y múltiples culturas regionales y locales, que marcan distintos valores y pautas de comportamientos sociales frente a fenómenos peligrosos.

Desde esta perspectiva, el tratamiento de los riesgos y los desastres es un tema que concierne también a las ciencias sociales, y su tratamiento, mediante un SIG, es todo un reto, en la medida que se requiere encontrar indicadores precisos de procesos sociales, económicos y culturales, que tienen un carácter más cualitativo que cuantitativo.

4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Elementos Por Incorporarse Al Modelo

El modelo que se viene trabajando busca integrar el componente "amenaza" y el componente "vulnerabilidad" en la evaluación de riesgo de desastres. Inicialmente, se incorporó al modelo información cartográfica, la que nos permitió dar una caracterización preliminar a la región San Martín.

La información incorporada al modelo con respecto a este punto aparece en el cuadro de la página siguiente.

5. ANÁLISIS DE LAS AMENAZAS

En el análisis de las amenazas, se buscaba incorporar una serie de variables que nos permitiesen identificar y zonificar los diferentes grados con que se presentan las amenazas a sismos, deslizamientos e inundaciones en la región San Martín.

ANÁLISIS DE AMENAZAS (A SISMOS, DESLIZAMIENTOS INUNDACIONES) EN LA REGIÓN SAN MARTÍN

Variable	Fuente	Escala	Año	Autor
Topografía	Mapa físico-político de San Martín	1:500,000	1985	IGN
Hidrografía				
Red vial				
Centros poblados				
Infraestructura				
Delimitación provincial				
Geología Tectónica	Mapa geológico del Perú	1:1000000	1975	INGEMMET
Capacidad de uso mayor del suelo	Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras del Perú.	1:1000000	1981	ONERN
Ecología Isosistas	Mapa ecológico del Perú Mapa de isosistas	1:1000000		ONERN IGP

Uno de los problemas en el análisis de amenazas para la región San Martín es la falta de cartografía base detallada y actual, a una escala mediana a grande, que permita la adecuada microzonificación de las amenazas.

La región San Martín aún no cuenta con cartas nacionales (1:100,000) que permitan el recubrimiento topográfico de su territorio. De las 35 cartas nacionales necesarias para cubrir el territorio de San Martín, existen a la fecha sólo 17 cartas publicadas. Y de las 17, muchas de ellas tienen un buen porcentaje del mapa sin recubrimiento, debido generalmente a la falta de datos como resultado de la existencia de nubes bajas que no permiten el adecuado levantamiento topográfico.

Por la falta de la topografía base y otros factores, tampoco se tiene a la fecha mapas geológicos de la región. El INGEMMET, entidad rectora en la elaboración de los mapas geológicos, solamente dispone de imágenes de satélite SLAR para algunas zonas de San Martín. Estas imágenes únicamente permiten delinear grandes unidades litológicas, así como algunas estructuras.

Existe información a gran escala del catastro elaborado por el Ministerio de Agricultura. Las escalas varían desde 5,000, 10,000 y 20,000. Uno de los problemas de esta información es la antigüedad de su elaboración.

A nivel de proyectos especiales, se ha elaborado una serie de estudios a nivel semidetallado y a diferentes escalas. Existen en el área dos estudios realizados por la ONERN en 1982 y 1984 respectivamente. Uno es el inventario y evaluación integral de los recursos naturales de la zona del Alto Mayo, y el otro corresponde al estudio de

evaluación de recursos naturales y al plan de protección ambiental (zona del Huallaga Central y Bajo Mayo).

Estos estudios presentan información cartográfica referida a la capacidad de uso de suelo (1:100,000), dos estudios específicos para la zona de Pajarillo y Alto Sisa acerca de la capacidad de uso mayor de suelos (1:40,000), hidrografía (1:500,000), uso de suelo para 1983 (1:100,000), ecología (1:200,000), cobertura vegetal (1:200,000), estabilidad geológica y geomorfológica (1:400,000).

Esta información será de utilidad para el análisis de riesgos que coincidan con las zonas trabajadas por la ONERN.

Con motivo de los sismos del Alto Mayo, el Instituto Geofísico del Perú y el CISMID realizaron una serie de trabajos de evaluación de daños, intensidades sísmicas y microzonificación sísmica. Los trabajos se efectuaron sólo para las zonas afectadas por el sismo.

La falta de información a una escala adecuada que cubra toda la región de estudio ha sido una gran limitante para el análisis de las amenazas.

En cuanto al análisis de amenazas de deslizamiento e inundaciones, la limitación principal ha sido la falta de datos topográficos que permita generar información sobre pendientes, orientación de las laderas, altitud, modelos digitales de terreno que hagan posible la adecuada zonificación de amenazas; asimismo, la información referente a geología, isosistas, isoyetas es muy general, el uso actual del suelo es casi inexistente o muy global.

Una solución a este problema de falta de información sería la adquisición de imágenes satélite que permitan generar y complementar la información necesaria para el análisis de amenazas.

Ante este primer problema, la zonificación de amenazas planteada en el trabajo se basa en una zonificación histórica de las amenazas ocurridas en la región; es decir, partimos de una serie de eventos que han ocurrido ya en la región y que tienden a ser recurrentes temporal y espacialmente. En base a este supuesto, se han zonificado las áreas que suelen ser afectadas por sismos, inundaciones y deslizamientos.

6. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

El mayor reto en nuestro proyecto SIG es la generación del modelo conceptual para el análisis de la vulnerabilidad, que sea factible de implementar en la realidad de nuestra área de trabajo.

A nuestro juicio, existen dos posibles enfoques para llegar a un modelo conceptual de vulnerabilidad. El primero consiste en armar un modelo teórico general de vulnerabilidad, para lo cual se determinarían todas las posibles variables que intervengan en la configuración de una situación de vulnerabilidad. La construcción de este modelo podría permitir inducir patrones probables de vulnerabilidad. Sin embargo,

este enfoque, si bien teóricamente es válido, presenta una serie de inconvenientes. Para modelar con algún grado de confianza un concepto tan complicado como la vulnerabilidad, es probable que el modelo resultara muy complejo.

La poca disponibilidad de datos reales impondría limitaciones bastante severas al modelo y, como resultado, es muy probable que al verificarse el modelo frente a realidades específicas no se produzcan resultados confiables. En todo caso, la construcción de un modelo de este tipo requeriría bastante tiempo e implicaría manejar un volumen muy grande de datos.

El segundo enfoque supone abandonar a priori cualquier pretensión de hacer posible la existencia de un modelo generalizable de vulnerabilidad. Más bien, se reconoce explícitamente la existencia de vulnerabilidades locales y regionales muy específicas. Este enfoque, más bien deductivo, es el que hemos decidido seguir para la elaboración del modelo conceptual orientado al análisis de la vulnerabilidad, y consiste en deducir los parámetros del patrón real de vulnerabilidad. En base a ello, se ha identificado un juego de variables e indicadores que puedan modelar el patrón de vulnerabilidad del espacio por estudiarse.

Las ventajas de este enfoque son: el modelo podría ser mucho menos complejo y más factible de realizarse en base a los datos disponibles, el modelo final podría utilizarse con mucha más confianza, puesto que se estaría modelando en base a un patrón real de vulnerabilidad. La desventaja, por supuesto, es que el modelo estaría limitado a un determinado patrón de vulnerabilidad en un contexto específico. No sería generalizable ni hacia otros tipos de vulnerabilidad ni hacia otros contextos.

Se han identificado algunos parámetros del patrón típico de vulnerabilidad para la región, en base a la experiencia que tiene ITDG tras varios años de trabajo en San Martín. A continuación, se procedió a identificar algunos indicadores que nos permitieran expresar cuantitativamente las variables relacionadas con los patrones de vulnerabilidad.

Los patrones de vulnerabilidad identificados son:

- Asentamientos ubicados en lugares propensos a amenazas (vulnerabilidad física).
- Asentamientos con alta densidad poblacional y, sobre todo, con alta tasa de crecimiento poblacional. Debido a procesos migratorios, existen lugares cuya población se incrementa de manera exponencial, generando deficiencias en la dotación de servicios y desequilibrios en las relaciones de habitat y medio ambiente.
- Viviendas con infraestructura inadecuada, generalmente de adobe y tapial, construidas con técnicas no adecuadas a la zona. Esto hace que las viviendas sean más susceptibles de ser afectadas durante la ocurrencia de sismos e inundaciones (vulnerabilidad técnica).
- Hacinamiento en los hogares.

- Familias con bajos niveles económicos y con una alta carga infantil, lo cual incide en su capacidad de mitigar y, sobre todo, en su capacidad de recuperación de los desastres (vulnerabilidad económica).
- Alto porcentaje de población analfabeta o con bajos niveles educativos (vulnerabilidad educativa).
- Zonas sin presencia de servicios básicos, lo cual se relaciona con altas tasas de morbilidad.
- Actividades económicas dominadas por la agricultura de subsistencia. Una población que depende de un solo tipo de actividad económica, la que a su vez es dependiente de los cambios en el ecosistema, es más vulnerable que aquella cuyas actividades están más diversificadas.
- Población migrante. En el departamento de San Martín se presentan fuertes corrientes inmigratorias. El problema surge cuando la población migrante, generalmente de la sierra, realiza prácticas agrícolas no acordes con el medio natural y, a la vez, establece sus viviendas en lugares no adecuados y con materiales no apropiados para la zona.
- Bajos niveles organizativos, lo cual se relaciona con deficiencias en el manejo del desastre (vulnerabilidad social e institucional).

Posteriormente, se buscó una serie de indicadores cuantitativos susceptibles de ser espacializados de manera que representen estos patrones previamente definidos, y al ser integrados nos generen indicadores de vulnerabilidad diferenciados por distrito, unidad espacial que constituye nuestro ámbito mínimo de trabajo.

Al analizar la información disponible sobre estos indicadores, encontramos que el principal problema consistía en que mucha información se presenta a nivel cualitativo, mas no de manera cuantitativa ni a nivel espacial. Esta fue una de las limitantes de nuestro trabajo, sobre todo para la recopilación de los indicadores referidos a "niveles organizativos" e "ingresos económicos".

Otra limitación es que las bases estadísticas se encuentran a nivel provincial y departamental, y sólo algunos indicadores se presentan a nivel distrital. Este problema se produce en la mayoría de indicadores, y en especial en los referidos a migraciones.

La fuente de información utilizada son las estadísticas elaboradas por el INEI. Se aprovechó el Censo de Población y Vivienda de 1981, y se está a la espera de la publicación del Censo de Población y Vivienda de 1993, para el departamento de San Martín.

El INEI ha publicado recientemente un estudio nacional, titulado "Mapa de necesidades básicas insatisfechas de los hogares a nivel distrital". El estudio ha sido elaborado en base a los resultados definitivos del Censo Nacional IX de población y IV de Vivienda de

1993. Se presenta una serie de indicadores, de los cuales hemos extraído los indicadores vinculados a nuestro tema de estudio.

Los indicadores incorporados al modelo son los siguientes (a nivel distrital):

- Población total 1981 y 1993 (incluye a la población censada, más población omitida y la selvícola estimada).
- Tasa de crecimiento poblacional 1981-1993. Una alta tasa de crecimiento poblacional, a nivel de distrito, se relaciona con un crecimiento vegetativo alto, pero también con crecimiento debido a fuertes corrientes migratorias. Asimismo, una alta tasa de crecimiento puede implicar que se haya producido un proceso de urbanización rápido y desarticulado, así como intensificación del uso de los recursos naturales. Wijkman y Timberlake establecían como una de las causas principales de los desastres "el rápido crecimiento demográfico, especialmente entre los pobres" (Wijkman y Timberlake, 1985, p. 31).
- Tasa de analfabetismo de la población de 15 y más años. Una alta tasa de analfabetismo implica no tener acceso a los servicios educativos, lo cual disminuye la posibilidad de la población de acceder al conjunto de sistemas informativos, reduciendo su nivel de participación.
- Porcentaje de población ocupada de 15 y más años en la agricultura. El sector agrícola en el país es uno de los más vulnerables a cambios en el medio ambiente y/o cambios económicos, políticos etc.
- Densidad poblacional (población del distrito/área del distrito). Una mayor densidad poblacional puede implicar tensiones espaciales, tanto en el uso de los recursos naturales como en las relaciones urbanas y en la prestación de servicios.
- El promedio de años de estudio aprobados por la población de 15 y más años complementa la información con respecto a indicadores de educación. La hipótesis de trabajo es que a mayor nivel de estudio es posible tener más herramientas para comprender y manejar ciertas variables relacionadas con los desastres.
- Porcentaje de niños de 1° grado de primaria con desnutrición crónica. La desnutrición crónica es medida en función de la talla normativa. Se considera a un niño con desnutrición crónica cuando su talla está por debajo de dos desviaciones standard.
- Porcentaje de hogares sin artefactos electrodomésticos (radio, televisor blanco y negro o a color, equipo de sonido, video grabadora, lavadora de ropa, refrigeradora, aspiradora y lustradora). La presencia de electrodomésticos nos puede revelar indirectamente el nivel económico de los hogares. De igual modo, la falta de por lo menos un radio o un televisor blanco y negro implica limitaciones de acceso a los medios comunicativos masivos, lo que pone en desventaja a esta población frente a otra que tenga acceso a estos medios.

- Porcentaje de población en hogares con necesidades básicas insatisfechas. Este indicador vendría a ser la síntesis de una serie de indicadores considerados como fundamentales para la cuantificación de los niveles de pobreza estructural. Se ha determinado una estrecha relación entre pobreza y desastres; la población económicamente más deprimida es la más vulnerable frente a desastres.

Los hogares con necesidades básicas insatisfechas, identificados como pobres, comprenden a aquellos hogares que presentan al menos una necesidad básica insatisfecha. En tal sentido, hay una serie de necesidades básicas identificadas por la CEPAL y consideradas también por el INEI y diversos países latinoamericanos como las mínimas indispensables de ser satisfechas por un hogar familia. Los indicadores utilizados por el INEI para medir la pobreza por el método de necesidades básicas insatisfechas son:

- a) Hogares en viviendas con características inadecuadas.
- b) Hogares en viviendas con hacinamiento.
- c) Hogares en viviendas sin desagüe de ningún tipo.
- d) Inasistencia a escuelas primarias de los menores.
- e) La capacidad económica del hogar que asocia el nivel educativo del jefe del hogar con la tasa de dependencia económica.

Las definiciones de cada indicador, así como su nivel crítico, planteados por el INEI son los siguientes:

- a) Hogares en viviendas con características inadecuadas: el acceso a la vivienda es una necesidad básica que debe guardar condiciones estándar en cuanto a la habitabilidad, la privacidad y un confort mínimo, para que los miembros del hogar puedan desarrollar sus actividades individuales y sociales sin privaciones.

En tal sentido, el indicador hogares en viviendas con características físicas inadecuadas alude al material predominante en las paredes y pisos, así como al tipo de vivienda.

Se considera como inadecuadas a las viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores es de estera, tienen piso de tierra y paredes exteriores de quincha, piedra con barro, madera y otros materiales (cartón, lata, adobes y ladrillos superpuestos).

- b) Hogares en viviendas con hacinamiento: otro indicador que define el acceso a una vivienda adecuada se refiere a la existencia o no de hacinamiento; es decir, a la densidad de ocupación de los espacios de la vivienda. El hacinamiento resulta de relacionar el número de personas con el número total de habitaciones que tiene la

vivienda, sin contar con el baño, cocina ni pasadizo. Se determina que hay hacinamiento cuando residen más de tres personas por cuarto.

c) Hogares en viviendas sin desagüe de ningún tipo: dentro de la infraestructura de los servicios básicos del hogar, la disponibilidad de servicio higiénico es esencial. El disponer de un servicio higiénico o de un lugar de la vivienda destinado a la deposición de excretas disminuye los riesgos de contaminación por factores que atenten contra la salud. Existe evidencia de la estrecha relación entre la mortalidad infantil y el acceso a un medio adecuado de eliminación de excretas. El indicador hogares en viviendas sin desagüe de ningún tipo considera que el mínimo sanitario está asociado con la disponibilidad de un sanitario; en tal sentido, a los hogares que no tienen disponibilidad de servicio higiénico por red de tubería o pozo ciego.

d) Hogares con niños que no asisten a la escuela: la educación que se adquiere en la escuela desde los primeros años constituye el vínculo de integración del niño con la sociedad. La inasistencia a la escuela de niños en edad escolar representa una privación crítica.

Se consideran dentro de este indicador a los hogares con presencia de al menos un niño de 6 a 12 años que no asiste a un centro educativo, entendiéndose que no tienen capacidad de acceso a los servicios educativos.

e) Hogares con alta dependencia económica: en el análisis de la pobreza, es necesario incorporar variables que indiquen el nivel de ingresos alcanzado por un hogar, el cual no les permita alcanzar niveles mínimos de consumo en todos aquellos bienes y servicios que normalmente se obtienen a través de ingresos monetarios. Dado que los censos de población no incorporan la variable ingreso, se buscaron indicadores indirectos que reflejen, en cierta manera, la capacidad económica de los hogares.

El indicador "dependencia económica" representa, en cierta forma, una probabilidad de insuficiencia de ingresos para cubrir las necesidades. El indicador dependencia económica relaciona la PEA desocupada y la no PEA, más los menores de 6 años con respecto a la PEA ocupada. Expresa la carga económica que se tiene por cada persona ocupada. También se considera que un hogar tiene alta carga o dependencia económica cuando no existe ningún miembro ocupado, y el jefe del hogar sólo cuenta con primaria incompleta. Se considera como crítica la presencia de más de tres personas por miembro ocupado en el hogar. Y siendo el jefe del hogar, por lo general, el único o el principal receptor de ingresos del hogar, se definió un nivel crítico de educación, en el cual el jefe del hogar cuenta con primaria incompleta.

En resumen, estos cinco indicadores utilizados para determinar las necesidades insatisfechas de los hogares, integran a su vez información referente a:

- % de hogares en viviendas particulares sin desagüe

- % de hogares en viviendas particulares con piso de tierra

- % de hogares en viviendas particulares con material no adecuado en paredes
- % de hogares en viviendas particulares con un solo cuarto
- % de niños de 6 a 12 años que no asisten a la escuela
- % de jefes de hogar con primaria incompleta
- % de jefes de hogar analfabetos
- % de población ocupada de 15 años y más con primaria incompleta o menos
- Tasa de dependencia económica
- Total de población en hogares

7. DESARROLLO DEL MODELO CONCEPTUAL DE VULNERABILIDAD

La información estadística seleccionada para el análisis de la vulnerabilidad fue ingresada en una base de datos para su posterior reclasificación y manejo estadístico.

Los indicadores seleccionados fueron reclasificados teniendo en cuenta cómo contribuye cada indicador en la configuración de la vulnerabilidad en la región.

A continuación presentamos los indicadores y su respectiva reclasificación:

PARÁMETRO VUL 1.1

DENOMINACIÓN: POBLACIÓN TOTAL 1993, SEGÚN DISTRITO

Código	Descripción	Peso
1	0 - 2500	1
2	2500 - 5000	2
3	5000 - 10000	3
4	10000 - 20000	4
5	20000 - más	5

PARÁMETRO VUL 1.2

DENOMINACIÓN: % POBLACIÓN EN HOGARES CON NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS

Código	Descripción %	Peso
1	0-20	2
2	20-40	4
3	40-60	9
4	60-80	16
5	80 - 100	25

PARÁMETRO VUL 1.3DENOMINACIÓN: % DE NIÑOS DEL 1^{ER} GRADO DE PRIMARIA CON DESNUTRICIÓN CRÓNICA

Código	Descripción %	Peso
1	0-20	1
2	20-40	2
3	40-60	3
4	60-80	4
5	80 -100	5

PARÁMETRO VUL 1.4

DENOMINACIÓN: % DE POBLACIÓN OCUPADA DE 15 AÑOS Y MÁS EN AGRICULTURA

Código	Descripción %	Peso
1	0-20	1
2	20-40	2
3	40-60	3
4	60-80	4
5	80 -100	5

PARÁMETRO VUL 1.5

DENOMINACIÓN: DENSIDAD POBLACIONAL

Código	Descripción	Peso
1	0-10	1
2	10-30	2
3	30-90	3
4	90-300	4
5	300 a mas	5

PARÁMETRO VUL 1.6

DENOMINACIÓN: TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL 1981-1993

Código	Descripción	Peso
1	-3-0	1
2	0-3	2
3	3-6	3
4	6-9	4
5	9-12	5

PARÁMETRO VUL 1.7

DENOMINACIÓN: PROMEDIO DE AÑOS DE ESTUDIOS APROBADOS DE LA POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS

Código	Descripción	Peso
1	8-9	1
2	6-7	2
3	5-6	3
4	3-4	4
5	0-3	5

PARÁMETRO VUL 1.8

DENOMINACIÓN: TASA DE ANALFABETISMO DE LA POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS

Código	Descripción	Peso
1	0-6	1
2	6-12	2
3	12-18	3
4	18-24	4
5	24-30	5

PARÁMETRO VUL 1.9

DENOMINACIÓN: % DE HOGARES SIN ARTEFACTOS ELECTRODOMÉSTICOS

Código	Descripción	Peso
1	0-20	1
2	20-40	2
3	40-60	3
4	60-80	4
5	80-100	5

Como suele suceder en la definición de rangos y pesos asignados para reclasificar indicadores, los criterios de selección en cierta manera son subjetivos y se basan en la integración de criterios estadísticos con criterios de juicios de valor establecidos en base a la experiencia de trabajo previo en la zona de San Martín.

No se encontró ninguna normativa en el país con respecto a los valores críticos que deben ser considerados en el análisis de las variables incorporadas al modelo. Los únicos valores críticos previamente normados son los referentes a las necesidades básicas insatisfechas, cuyo método de análisis y valores críticos tomados en cuenta han sido explicados en el acápite anterior.

La decisión de agrupar las variables en cinco rangos está en función de los niveles de vulnerabilidad que deseamos definir, los cuales a su vez estarán distribuidos en cinco categorías:

Grados de vulnerabilidad:

- 1 : bajo
- 2 : bajo a medio
- 3 : medio
- 4 : medio alto
- 5 : alto

El modelo planteado para determinar el grado de vulnerabilidad a nivel distrital, en función de las variables seleccionadas, es el siguiente:

$$[\text{Vul1.1} * (\text{Vul1.2})] + \text{Vul1.3} + \text{Vul1.4} + \text{Vul1.5} + \text{Vul1.6} + \text{Vul1.7} + \text{Vul1.8} + \text{Vul1.9}$$

Vul1.1: población total 1993, según distrito

Vul1.2: % población en hogares con necesidades básicas insatisfechas

Vul1.3: % de niños del 1^{er} grado de primaria con desnutrición crónica

Vul1.4 % de población ocupada de 15 años y más en agricultura.

Vul1.5 densidad poblacional

Vul1.6 tasa de crecimiento poblacional 1981-1993

Vul1.7 Promedio de años de estudios aprobados de la población de 15 años y más

Vul1.8 Tasa de analfabetismo de la población de 15 años y más

Vul1.9 % de hogares sin artefactos electrodomésticos

El modelo integra el peso de cada una de las variables a nivel distrital. De las nueve variables identificadas, consideramos que la variable Vul1.2 (% de población en hogares con necesidades básicas insatisfechas según distrito) tiene mayor peso que el resto, puesto que a su vez integra una serie de indicadores que en su conjunto determinan el nivel de pobreza estructural en el distrito.

Asimismo, la variable Vul1.1 (Población total según distrito), en su incorporación como factor multiplicador de la variable Vul1.2, nos da un valor que integra los datos representados a nivel relativo (en porcentaje) y los datos representados a nivel absoluto (valores reales), de manera que en el análisis regional no se pierda ni la relatividad de los datos ni su expresión en valores absolutos.

El modelo puede enriquecerse en la medida que se incorporen otras variables, sobre todo en el análisis de la vulnerabilidad frente a un tipo específico de amenaza. Por ejemplo, en lo referente al análisis de riesgo a sismos, sería muy importante incorporar al modelo variables específicas referidas a la vulnerabilidad física y técnica en cuanto al material de las viviendas (paredes y techos), que en cierta manera están consideradas en los indicadores de necesidades básicas insatisfechas.

De igual manera, sería aconsejable afinar algunos indicadores antes de asignarles mayor peso. Este sería el caso de la densidad poblacional, variable que en el caso de San Martín presenta algunas distorsiones, puesto que existen distritos con una superficie muy extensa; pero dadas las condiciones del medio (generalmente zonas de bosque clímax), la población se concentra en algunos centros poblados a lo largo de ríos y/o carreteras, por lo cual lo indicado sería hallar la densidad poblacional en función del área efectivamente poblada.

Asimismo, habría que tratar de incorporar al modelo información relacionada con la capacidad de gestión ante desastres de los organismos locales, tanto municipios, ONG locales, comités vecinales, etc.

Esta información dependería de la aplicación de una ficha que contenga datos referentes a los recursos humanos, técnicos, financieros, con los que se cuenta en las entidades locales, así como la concepción de riesgo de desastres que manejan.

Cabe destacar que se ha realizado una primera aproximación a una metodología apropiada para el análisis de la vulnerabilidad y su posterior complementación con amenazas para el estudio integral del riesgo de desastre. Se está a la espera del Censo de San Martín de 1993, el cual nos brindará nueva información para ser incorporada al modelo. También se hace necesario generar metodologías para el acopio de información relevante que permita el estudio de vulnerabilidad ante desastres; pues, como hemos venido apreciando, aún falta mucha información primaria que debe ser generada antes de su incorporación a un Sistema de Información Geográfica.

8. CAPTURA E INTEGRACIÓN DE DATOS

El almacenamiento de los datos estadísticos y su posterior manejo (reclasificación y análisis estadístico) se realizó en el software Microsoft Excel 5.0. Dicho software cuenta con una potente hoja de cálculos que permite el fácil ingreso de información, así como su reclasificación, y dispone además de una serie de funciones estadísticas que permiten realizar análisis estadísticos muy complejos.

Adicionalmente, la información en Excel 5.0 puede ser exportada con extensión DBF, para su integración en el software Dbase III, el cual es compatible con el software SIG IDRISI.

La estructura de la base de datos consta de doce campos. Los indicadores seleccionados corresponden a nueve campos, y los tres campos restantes incluyen el nombre del distrito, el código del mismo (oficialmente todos los distritos del Perú han sido codificados en función del departamento y la provincia a la que pertenecen. La

entidad responsable de la actualización de los códigos es el INEI) y, finalmente, un campo está designado para el Identificador "ID", con el cual se anexa la base estadística de datos con el programa IDRISI.

El código ID está en relación directa con el código oficial del distrito asignado por el INEI.

La información estadística a nivel de distrito fue integrada a un Sistema de Información Geográfica, mediante su espacialización en un mapa distrital producido por el INEI.

El mapa distrital de San Martín cuenca con el límite de los 77 distritos de la región, la escala de elaboración es de 1:500,000 y la fecha corresponde a 1993. El sistema de proyección utilizado es el UTM.

La información estadística producida por el INEI durante los censos de población y vivienda está en relación directa con la delimitación distrital planteada en el mapa distrital producido por ellos mismos.

Sin embargo, no existe una conformidad entre la delimitación distrital, provincial y departamental planteada por el INEI y la delimitación provincial y departamental planteada por el Instituto Geográfico Nacional, ente rector de la cartografía en el país.

De esta manera, al comparar los mapas de la región producidos por ambas instituciones, se encuentra una notable diferencia en lo referente a límites y a toponimia. Debido a que la información estadística elaborada por el INEI tiene como referente espacial el mapa publicado por la misma entidad, y considerando que los mapas de IGN sólo presentan información a nivel de provincia, se optó por espacializar la información estadística en el mapa del INEI, a pesar de que su legitimidad no ha sido comprobada.

La captura de la información cartográfica se realizó mediante su digitalización, utilizando el software ROOTS; en este mismo software se atribuyó a los 77 polígonos que representaban a los 77 distritos de la región San Martín. En el software ROOTS se generó el mapa de distritos de San Martín, atributado y en formato vectorial. Posteriormente, se exportó al software IDRISI para su rasterización y realización de operaciones espaciales.

En la generación de mapas temáticos referidos a cada variable de nuestro modelo, se utilizaron los comandos Dbidris y Assign. El primero se empleó para importar la base de datos de Dbase IV a IDRISI, generándose un archivo de valores (Value file). Con el segundo comando se generó el mapa temático raster, anexando la base cartográfica con la información estadística contenida en el archivo Value file.

Siguiendo nuestro modelo de análisis de vulnerabilidad, hemos integrado y manejado la información temática referida a los nueve mapas temáticos generados.

Utilizando el comando Overlay de las funciones de Statistal Time and Series Analysis, se realizaron superposiciones de mapas¹. De acuerdo a nuestro modelo de

vulnerabilidad, la información temática se combinó utilizando las funciones Add, Multiply y Exponential.

El mapa de vulnerabilidades, a su vez, fue reclasificado en función de los cinco rangos de vulnerabilidad definidos.

Una vez más, un punto crucial fue la determinación de los intervalos correspondientes a los cinco rangos de vulnerabilidad.

Entre los criterios estadísticos seguidos, se optó por definir un valor mínimo de vulnerabilidad, en función del mínimo valor que se esperaría de acuerdo a nuestro modelo. Asumiendo que todos los valores fueran igual a "1", se esperaría un grado de vulnerabilidad igual a "8". Siguiendo este mismo criterio, se asumió que el máximo valor esperado sería de "160" (si todos los indicadores fueran igual a "5"), y el valor intermedio sería igual a "48" (si todos los indicadores fueran igual a "3"). Con estos valores se establecieron medias aritméticas y se obtuvieron los siguientes rangos:

Grado de vulnerabilidad:

1	Bajo	8-15
2	Medio bajo	16-35
3	Medio	36-70
4	Medio alto	70-126
5	Alto	126-160

De acuerdo a nuestro modelo, los distritos de Nueva Cajamarca, Uchiza y Jepelacio son los que presentan un mayor grado de vulnerabilidad. En el caso de Nueva Cajamarca, se explica por el hecho de tener a más del 80% de su población en hogares con necesidades básicas insatisfechas. Nueva Cajamarca cuenta con una población de 21,894 habitantes, una de las poblaciones más elevadas en términos absolutos en la zona. Su tasa de crecimiento poblacional es de 12.2, la más alta en la zona, producto de un gran flujo de migrantes, mayormente de Cajamarca y Amazonas. El porcentaje de niños con desnutrición crónica es de 44%, la tasa de analfabetismo corresponde a 19.3 y el promedio de años de estudio de su población no supera el cuarto de primaria.

Similar es el caso de Uchiza, con una población de 26,151 habitantes, de los cuales el 81% se encuentra en hogares con NBI y el 56.2% de los niños del primer grado presentan desnutrición crónica.

Las ciudades de Moyobamba y Rioja presentan un grado de vulnerabilidad de medio a alto. Moyobamba tiene el 60% de su población en hogares con al menos una NBI, de igual modo, el 50% de los niños del primer grado presentan desnutrición crónica y el 50% de su población ocupada se dedica a la agricultura.

Un grueso de los distritos se ubican en los niveles medios de vulnerabilidad, de acuerdo a nuestro modelo. Tal hecho se encuentra en función mayormente de la población total de estos centros poblados y del porcentaje de población con NBI. Si bien en términos relativos los valores porcentuales en algunas variables pueden ser altos, en términos absolutos y comparativos la población total involucrada no es muy elevada.

Los distritos con menor vulnerabilidad corresponden a Tingo de Sapoosa, cuya población es de 938 habitantes. Es el distrito con menor población de San Martín; debido a esto, en términos absolutos, la población en hogares con NBI también es relativamente escasa.

Tarapoto se encuentra también entre los distritos con menor vulnerabilidad. Presenta la mayor población de la región, con un total de 56,760 habitantes. La densidad poblacional es la más elevada, 837 hab/km². Sin embargo, sólo el 30.6% de su población se encuentra en hogares con NBI. La tasa de analfabetismo es de 4.8, y el promedio de años de estudio de la población de 15 y más años es de 8.9, la más alta de la región.

Tarapoto no sólo es el distrito más desarrollado de la región; también se cuenta entre los distritos con menor nivel de pobreza estructural del país.

10. CONCLUSIÓN

Hasta el momento, se viene ensayando una serie de modelos, con el fin de lograr el más adecuado para el análisis de riesgos de desastres en la región San Martín.

En lo referente al análisis de vulnerabilidad, sería necesario afinarlo en base a la integración de otras variables relevantes y a su adecuada reclasificación e integración al modelo.

Asimismo, es necesario seguir recopilando datos para toda la región, referentes a las amenazas o, en todo caso, establecer áreas prioritarias para el análisis integrado de vulnerabilidad y amenazas.

Es indispensable encontrar una metodología de análisis de riesgo adecuada a la información real que disponemos o a la que es posible generar.

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA*

Cuadro 1: Información general según distritos, 1993.

Cuadro 2; San Martín, población, área y densidad según distritos, 1993.

Cuadro 3: Ranking de distritos en función al % de hogares con necesidades básicas insatisfechas.

Cuadro 4: San Martín, total de hogares con NBI, población afectada según distritos, 1993.

Cuadro 5: San Martín, indicadores demográficos y de salud según distritos, 1993.

Cuadro 6: San Martín, indicadores de educación según distritos, 1993.

Cuadro 7: San Martín, indicadores de vivienda y hogar según distritos, 1993.

Cuadro 8: San Martín, indicadores de trabajo y empleo según distrito, 1993.

Cuadro 9: San Martín, indicadores de vulnerabilidad.

Cuadro 10: Modelo de vulnerabilidad, variables y peso asignado.

Cuadro 11: San Martín, indicadores de vulnerabilidad reclasificados.

Cuadro 12: San Martín, modelo de vulnerabilidad. Resultados según distritos.

* Fuente: INEI: Datos censales 1993

CUADRO 1

SAN MARTÍN: DISTRITOS, INFORMACIÓN GENERAL 1993

DISTRITO	CODINEI	POB TOTAL 93	TOT HOG 93	ÁREA km ²
Agua Blanca	141002	2672	525	168.19
Alberto Leveau	140802	1153	246	268.4
Alonso de Alvarado	140302	8928	1564	294,2
Alto Biavo	140102	3971	758	6117.12
Alto Saposoa	140202	1847	319	1 347,34
Awajun	140702	3059	530	481,08
Barranquita	140303	5522	994	975.43
Bellavista	140101	14 050	2550	1 022.86
Bajo Biavo	140103	3735	816	870,55
Buenos Aires	140602	2890	572	272.97
Cacatachi	140803	2308	448	75,36
Calzada	140502	3539	707	95.38
Campanilla	140402	8638	1568	2 249,83
Caspisapa	140603	1526	280	81.44
Caynarachi	140304	7678	1442	1 679,08
Cuñumbuqui	140305	3978	865	191,46
Chazuta	140804	8943	1495	966.38
Chipurana	140805	1926	330	500.44
El Eslabón	140203	1546	376	122.77
El Porvenir	140806	1203	226	472,61
Elias Soplín Vargas	140703	5367	964	199,64
Habana	140503	1305	289	91,25
Huallaga	140401	2266	448	210.42
Huicungo	140403	5770	1185	9830,17
Huimbayoc	140807	6332	969	1 609.07
Jepelacio	140504	14048	2625	360.03
Juan Guerra	140808	3267	652	196,5
Juanjuí	140401	27780	5125	335,19
La Banda de Shilcayo	140809	14099	2836	286,68
Lamas	140301	14083	2922	79.82

Morales	140810	14810	2971	43,91
Moyobamba	140501	40258	8002	2 737,53
Nueva Cajamarca	140704	21894	4327	330.31
Nuevo Progreso	140902	9491	2033	860.91
Pachiza	140404	4642	919	1 839.51
Pajarillo	140405	3781	740	244.03
Papaplaya	140811	3578	571	686.19
Pardo Miguel	140705	9913	1793	1 131.87
Picota	140601	7367	1367	218,72
Pilluana	140604	1211	257	239.27
Pinto Recodo	140306	7009	1231	524,07
Piscoyacu	140204	2969	603	184.87
Pólvora	140903	6194	1798	2 174,48
Posic	140706	1003	202	54.65
Pucacaca	140605	3362	742	230.72
Rioja	140701	19236	4052	185.69
Rumisapa	140307	2960	506	39.19
Sacanche	140205	2928	565	143.15
San Antonio	140812	4110	359	93.03
San Cristóbal	140606	1041	214	29.63
San Fernando	140707	4477	783	63.53
San Hilarión	140607	2585	505	96.55
San José de Sisa	141001	15197	2307	299.9(?)
San Martín	141003	4362	836	562.57
San Pablo	140105	8591	1537	362.49
San Rafael	140106	3189	581	98.32
San Roque de Cumbaza	140308	1636	300	525.15
Santa Rosa	141004	1858	137	243.41
Saposoa	140201	12696	2465	545.43
Sauce	140813	4750	815	103
Shamboayacu	140608	2380	443	415,58
Shanao	140309	1304	317	24.59
Shapaja	140814	2030	379	270.44
Shatoja	141005	1707	327	24.07
Shunte	140904	1487	366	964.21
Soritor	140505	11347	2122	387,76
Tabalosos	140310	11437	2090	485.25
Tarapoto	140801	56670	11509	67.81
Tingo de Ponasa	140609	2658	542	340.01
Tingo de Saposoa	140206	938	220	37.29
Tocache	140901	29358	6406	1142,04
Tres Unidos	140610	2480	467	246.52
üchiza	140905	26151	5709	723.73
Yántalo	140506	1925	397	100.32
Yorongos	140708	2327	449	74.53
Yuracyacu	140709	4774	890	13.74
Zapatero	140304	5250	936	175

Total	574840	111893	51 836.63
Mínimo	938	202	13.74
Máximo	56760	11509	9830.17
Promedio	7465	1 453.20	673.20
Desv. Stand	9 327.60	1 892.30	1358,5
Mediana	3971	758	270.44

CUADRO 2

SAN MARTÍN: DISTRITOS, POBLACIÓN, ÁREA. DENSIDAD 1993

IDRID	CODINEI	DISTRITO	POB TOTAL	ÁREA km2	DENSIDAD
1	140101	Bellavista	14050	870.55	16,14
2	140102	Alto Viabo	3971	6117.12	0.55
3	140103	Bajo Viabo	3735	975.43	3.83
4	140104	Huallaga	2266	210.42	10,77
5	140105	San Pablo	8591	362,49	23,7
6	140106	San Rafael	3189	98,32	32.43
7	140201	Saposoa	12696	545,43	23,28
8	140202	Alto Saposoa	847	1347.34	1.37
9	140203	El Eslabón	1546	122.77	12.59
10	140204	Piscopeyacu	2969	184.87	16.06
11	140205	Sacanche	2928	143.15	20.45
12	140206	Tingo de Saposoa	938	37.29	25.15
13	140301	Lamas	14083	79,82	176.43
14	140302	Alonso de Alvarado	8928	294,2	30.35
15	140303	Barranquita	5522	1 022.86	5.40
16	140304	Caynarachi	7678	1 679.08	4.57
17	140305	Cuñumbuqui	5350	191.46	27.42
18	140306	Pinto Recodo	3978	524,07	7.59
19	140307	Rumisapa	7009	39,19	178.85
20	140308	San Roque de Cumbaza	2960	525.15	5.64
21	140309	Shanao	1636	24,59	66.53
22	140310	Tabalosos	1304	485,25	2.69
23	140311	Zapateros	11437	175.00	65,35
24	140401	Juanjuí	27780	335,19	82.88
25	140402	Campanilla	8 638	2 249.38	3.84
26	140403	Huicungo	5770	9830.17	0.59
27	140404	Pachiza	4642	1839,51	2.52
28	140405	Pajarillo	3781	244.03	15.49
29	140501	Moyobamba	40258	2 737.53	14,71
30	140502	Calzada	3539	95.38	37.10
31	140503	Habana	1305	91,25	14.30
32	140504	Jepelacio	14049	360,03	39.02
33	140505	Soritor	11347	387.76	29,26
34	140506	Yántalo	1925	100.32	19,19
35	140601	Picota	7367	218,72	33.68
36	140602	Buenos Aires	2890	272,97	10.59

37	140603	Caspisapa	1526	81.44	18,74
38	140604	Pilluana	1211	239.27	5,06
39	140605	Pucacaca	3362	230,72	14,57
40	140606	San Cristóbal	1041	29,63	35.13
41	140607	San Hilarión	2585	96,55	26.77
42	140608	Shamboycu	2380	415.58	5,73
43	140609	Tingo de Ponasa	2658	340.01	7,82
44	140610	Tres Unidos	2480	246,52	10.06
45	140701	Rioja	19236	185.69	103,59
46	140702	Anajun	3059	481,08	6,36
47	140703	Elias Soplín Vargas	5367	199,64	26.88
48	140704	Nueva Cajamarca	21894	330,31	66.28
49	140705	Pardo Miguel	9913	1 131.87	8.76
50	140706	Posic	1003	54.65	18.35
51	140707	San Fernando	4477	63.53	70.47
52	140708	Yorongos	2327	74.53	31.22
53	140709	Yuracyacu	4774	13.74	347.45
54	140801	Tarapoto	56670	67.81	837.04
55	140802	Alberto Leveau	1 153	268.40	4.30
56	140803	Cacatachi	2308	75.36	30.63
57	140804	Chazuta	8943	96638	9.25
58	140805	Chipurana	1926	500.44	3.85
59	140806	El Porvenir	1203	472.61	2.55
60	140807	Huimbayoc	6332	1 609.07	3.94
61	140808	Juan Guerra	3267	196.50	16.63
62	140809	La Banda de Shilcayo	14099	286.68	49.18
63	140810	Morales	14810	43.91	337.28
64	140811	Papaplaya	3578	686.19	5.21
65	140812	San Antonio	4110	93,03	44.18
66	140813	Sauce	4750	103	46.12
67	140814	Shapaja	2030	270,44	7.51
68	140901	Tocache	29358	1 142.04	25.71
69	140902	Nuevo Progreso	9491	860.91	11.02
70	140903	Pólvora	6194	2 174.48	2.85
71	140904	Shunte	1487	964.21	1,54
72	140905	Uchiza	26151	723.73	36,13
73	141001	San José de Sisa	15197	299.90	50.67
74	141002	Agua Blanca	2672	168.19	15.89
75	141003	San Martín	4362	562.57	7.75
76	141004	Santa Rosa	1858	243.41	7.63
77	141005	Shatoja	1707	24.07	70.92
				Mínimo	0.59
				Máximo	837.04
				Mediana	16.14
				Promedio	45.34

CUADRO 3
SAN MARTÍN: RANKING DE DISTRITOS EN FUNCIÓN AL % DE HOGARES CON NBI

IDR_ID	DISTRITO	CODINEI	NBI ORDEN
1	Bellavista	140101	1360
2	Alto Viabo	140102	429
3	Bajo Viabo	140103	421
4	Huallaga	140104	721
5	San Pablo	140105	834
6	San Rafael	140106	753
7	Saposoa	140201	1514
8	Alto Saposoa	140202	494
9	El Eslabón	140203	1302
10	Piscoyacu	140204	1121
11	Sacanche	140205	1196
12	Tingo de Saposoa	140206	1465
13	Lamas	140301	1534
14	Alonso de Alvarado	140302	660
15	Barranquita	140303	300
16	Caynarachi	140304	630
17	Zapatero	140304	1131
18	Cuñumbuqui	140305	1245
19	Pinto Recodo	140306	678
20	Rumisapa	140307	797
21	San Roque de Cumbaza	140308	971
22	Shanao	140309	1508
23	Tabalosos	140310	1235
24	Juanjuí	140401	1503
25	Campanilla	140402	798
26	Huicungo	140403	1119
27	Pachiza	140404	760
28	Pajarillo	140405	246
29	Moyobamba	140501	1446
30	Calzada	140502	1181
31	Habana	140503	1193
32	Jepelacio	140504	924
33	Soritor	140505	1104
34	Yántalo	140506	1239
35	Picota	140601	1318
36	Buenos Aires	140602	962
37	Caspisapa	140603	1322
38	Pilluana	140604	778
39	Pucacaca	140605	1238
40	San Cristóbal	140606	950
41	San Hilarión	140607	910
42	Shamboayacu	140608	431
43	Tingo de Ponasa	140609	749

44	Tres Unidos	140610	1135
45	Rioja	140701	1483
46	Anajun	140702	349
47	Elías Soplín Vargas	140703	698
48	Nueva Cajamarca	140704	1143
49	Pardo Miguel	140705	769
50	Posic	140706	856
51	San Fernando	140707	919
52	Yorongos	140708	1123
53	Yuracyacu	140709	1248
54	Tarapoto	140801	1758
55	Alberto Leveau	140802	1161
56	Cacatachi	140803	1515
57	Chazuta	140804	858
58	Chipurana	140805	216
59	El Porvenir	140806	411
60	Huimbayoc	140807	460
61	Juan Guerra	140808	1677
62	La Banda de Shilcayo	140809	1684
63	Morales	140810	1659
64	Papaplaya	140811	409
65	San Antonio	140812	1497
66	Sauce	140813	975
67	Shapaja	140814	883
68	Tocache	140901	1333
69	Nuevo Progreso	140902	958
70	Pólvora	140903	454
71	Shunte	140904	168
72	Uchiza	140905	1098
73	San José de Sisa	141001	1 289
74	Agua Blanca	141002	1290
75	San Martín	141003	775
76	Santa Rosa	141004	1114
77	Shatoja	141005	1050

CUADRO 4
SAN MARTÍN: DISTRITOS, TOTAL DE HOGARES CON NBI Y POBLACIÓN AFECTADA

IDR_ID	DISTRITO	CODINEI	TOT HOG	% HOG NBI	HOG NBI	POB HOG	%POB NBI	POP NBI	NBI ORDEN
1	Bellavista	140101	2550	65,1	1661	13401	68,8	9216	1360
2	Alto Viabo	140102	758	96,2	729	3721	97,2	3618	429
3	Bajo Viabo	140103	816	96,3	786	3608	96,8	3492	421
4	Huallaga	140104	448	90,0	403	2190	92,4	2023	721
5	San Pablo	140105	1537	86,7	1332	8108	88,3	7162	834
6	San Rafael	140106	581	89,0	517	3083	89,9	2771	753
7	Saposoá	140201	2465	55,7	1372	12078	61,0	7369	514

8	Alto Saposoa	140202	319	95,3	304	1758	97	1706	494
9	El Eslabón	140203	376	68,4	257	1500	71.4	1071	302
10	Piscocoyacu	140204	603	76.9	464	2750	81.0	2227	121
11	Sacanche	140205	565	73,6	416	2840	77.4	2199	196
12	Tingo de Saposoa	140206	220	59.5	131	910	60.9	554	1465
13	Lamas	140301	2922	53.9	1574	13646	60.9	8309	534
14	Alonso de Alvarado	140302	1564	91,4	1430	9654	92.5	8009	660
15	Barranquita	140303	994	97.8	972	5352	98,4	5268	300
16	Caynarachi	140304	1442	92.2	1329	7410	94.3	6986	630
17	Zapatero	140304	936	76.4	715	5064	80,2	4063	131
18	Cuñumbuqui	140305	865	71.3	617	3856	73.1	2817	245
19	Pinto Recodo	140306	1231	91	1120	6794	92.8	6308	678
20	Rumisapa	140307	506	87.7	444	2542	90.0	2289	797
21	San Roque de Cumbaza	140308	300	83	249	1524	87.7	1336	971
22	Shanao	140309	317	56,2	178	1262	62.5	789	508
23	Tabalosos	140310	2090	71,9	1502	11032	77.8	8581	235
24	juanjui	140401	5125	56.4	2893	25649	61,9	15872	503
25	Campanilla	140402	1568	87,6	1374	8170	88.8	7253	798
26	Huicungo	140403	1185	77.1	914	5664	82.4	4669	119
27	Pachiza	140404	919	88,8	816	4567	92.4	4218	760
28	Pajarillo	140405	740	98,5	729	3720	98.7	3673	246
29	Moyobamba	140501	8002	60,5	4840	38408	65.2	25047	446
30	Calzada	140502	707	74.3	525	3418	77.4	2637	181
31	Habana	140503	289	73.7	213	1259	77.9	981	193
32	Jepelacio	140504	2625	84.2	2210	13549	87.4	11843	924
33	Soritor	140505	2122	77.9	1654	10859	81	8792	104
34	Yantalo	140506	397	71.8	285	1849	75.2	1398	239
35	Picota	140601	1367	67.9	928	7033	70.2	4937	318
36	Buenos Aires	140602	572	83,2	476	2831	85.4	2419	962
37	Caspisapa	140603	280	67.9	190	1496	70.2	1050	1322
38	Pilluana	140604	257	88,3	227	1 185	90.0	1067	778
39	Pucacaca	140605	742	71.8	533	3290	74.2	2441	238
40	San Cristóbal	140606	214	83.6	179	1020	83.9	856	950
41	San Hilarión	140607	505	84.6	427	2524	85.3	2153	910
42	Shamboycu	140608	443	96,2	426	2333	96.9	2261	431
43	Tingo de Ponasa	140609	542	89.1	483	2605	89.9	2341	749
44	Tres Unidos	140610	467	76,2	356	2431	78.5	1909	135
45	Rioja	140701	4052	57.9	2346	18147	63,2	11475	1.483
46	Anajun	140702	530	97.2	515	2963	97.3	2882	349
47	Elias Soplín Vargas	140703	964	90.6	873	5197	91,6	4762	698
48	Nueva Cajamarca	140704	4327	75.8	3278	21159	80,5	17026	1 143
49	Pardo Miguel	140705	1793	88.5	1587	9554	90.6	8659	769
50	Posic	140706	202	86.1	174	971	90.1	875	856
51	San Fernando	140707	783	84.3	660	4324	87.5	3784	919
52	Yorongos	140708	449	76.8	345	2254	77.8	1753	1123
53	Yuracyacu	140709	890	71.2	634	4568	74.3	3393	1248

54	Tarapoto	140801	11509	26.1	3004	53209	30,6	16282	1758
55	Alberto Leveau	140802	246	75.2	185	1 109	76.4	847	1 161
56	Cacatachi	140803	448	55.6	249	2214	62.8	1391	1515
57	Chazuta	140804	1495	85.9	1284	8546	88.9	7597	858
58	Chipurana	140805	330	98.8	236	1852	98.9	1832	216
59	El Porvenir	140806	226	96.5	218	1 157	96.5	1 116	411
60	Huimbayoc	140807	969	95.7	927	5653	96.5	5457	460
61	Juan Guerra	140808	652	40,6	265	3142	40.6	1277	1677
62	La Banda de Shilcayo	140809	2836	39,5	1120	13517	42.6	5759	1684
63	Morales	140810	2971	42.4	1261	13 718	47.2	6470	1659
64	Papaplaya	140811	571	96.5	551	3441	97.6	3359	409
65	San Antonio	140812	359	56.8	204	1560	64.0	998	1497
66	Sauce	140813	815	85.3	695	4347	86.6	3766	875
67	Shapaja	140814	379	85.2	323	1952	87.0	1698	883
68	Tocache	140901	6406	67.2	4306	28045	69.5	19494	1333
69	Nuevo Progreso	140902	2033	83.4	1695	8908	85.2	7591	958
70	Pólvora	140903	1798	95.8	1722	5935	95.9	5691	454
71	Shunte	140904	366	99.2	363	1442	99.6	1436	168
72	Uchiza	140905	5709	78.2	4464	23664	81.1	19181	1098
73	San José de Sisa	141001	2307	69.2	1597	12993	74.8	9723	1289
74	Agua Blanca	141002	525	69,1	363	2588	75.0	1942	1290
75	San Martín	141003	836	88,3	738	4225	90,2	3813	775
76	Santa Rosa	141004	317	77.3	245	1800	83.4	1502	1114
77	Shatoja	141005	327	79.8	261	1653	83.5	1380	1050
Total			111983		75958	543 760		390 201	
Mínimo			202	26.1	131	910	30.6	554	168
Máximo			11509	99.2	4840	53209	99.6	25047	1758
Promedio			1 453.2	77,9	986,5	7061.8	80.7	5 067,5	
Desv. Stan			1 892.3	15.7	998.1	8 777.4	14.6	4 960.6	
Mediana			758	79.8	634	3720	83.5	3393	1050

CUADRO 5

SAN MARTÍN: INDICADORES DEMOGRÁFICOS Y DE SALUD; SEGÚN DISTRITOS

IDR_ID	DISTRITO	CODINEI	POB TOT 93	%POP URB	TAS CRE 81-93	%NIÑESNU
1	Bellavista	140101	14050	29.7	6.4	41.5
2	AltoViabo	140102	3971	66.9	3.3	50,6
3	Bajo Viabo	140103	3735	79.8	2,9	32.3
4	Huallaga	140104	2266	54.2	-0.6	60.0
5	San Pablo	140105	8591	66,6	9.3	54.6
6	San Rafael	140106	3189	41.8	3,4	42.4
7	Saposoa	140201	12696	24.2	3.2	32.4
8	Alto Saposoa	140202	1847	47.8	3.0	59.2
9	El Eslabón	140203	1546	14.6	1.2	30.9
10	Piscoyacu	140204	2969	32.4	4,7	51,2
11	Sacanche	140205	2928	53.6	3.1	35.0
12	Tingo de Saposoa	140206	938	5.1	0.1	21.4
13	Lamas	140301	14083	37,1	1.6	53,5
14	Alonso de Alvarado	140302	8928	74.5	8,6	68,8

15	Barranquita	140303	5522	82.0	2,8	65.3
16	Caynarachi	140304	7678	68.8	3.3	63.3
17	Zapatero	140304	5250	76.8	1.5	63.3
18	Cuñumbuqui	140305	3978	65.5	1.6	
19	Pinto Recodo	140306	7009	87.3	11.6	67.4
20	Rumisapa	140307	2960	62.7	0.7	56.3
21	San Roque de Cumbaza	140308	1636	63.9	3.4	51.2
22	Shanao	140309	1304	11.3	-3.4	59.8
23	Tabalosos	140310	11437	16.6	2.1	56.1
24	Juanjuí	140401	27780	13.5	6.9	46.2
25	Campanilla	140402	8638	61.1	7,1	62,4
26	Huicungo	140403	5770	25.4	3.4	62.7
27	Pachiza	140404	4642	70.8	4.6	75.0
28	Pajarillo	140405	3781	78	4.8	50.0
29	Moyobamba	140501	40258	36,2	5.2	51.1
30	Calzada	140502	3539	36,6	4.4	40.3
31	Habana	140503	1305	36,9	1.5	71.4
32	Jepelacio	140504	14048	67.0	9.4	64.5
33	Soritor	140505	11347	37.9	4.6	57.2
34	Yántalo	140506	1925	48.1	4.5	50.6
35	Picota	140601	7367	41.9	4.1	42,4
36	Buenos Aires	140602	2890	74.4	0.1	47.9
37	Caspisapa	140603	1526	23	2.3	35.8
38	Pilluana	140604	1211	48.8	0.5	44.4
39	Pucacaca	140605	3362	97.7	1.0	35,9
40	San Cristóbal	140606	1041	13.3	0.9	63.3
41	San Hilarión	140607	2585	41.8	5.7	44,8
42	Shamboayacu	140608	2380	51	4.5	71.7
43	Tingo de Ponasa	140609	2658	87.1	1.0	44.7
44	Tres Unidos	140610	2480	16.5	4.5	45.7
45	Rioja	140701	19236	15.7	3.9	45.2
46	Anajun	140702	3059	84.2	3.4	68,8
47	Elias Soplín Vargas	140703	5367	45.9	1,6	69,6
48	Nueva Cajamarca	140704	21894	44,3	12.2	61,5
49	Pardo Miguel	140705	9913	62.8	4.4	74,1
50	Posic	140706	1003	43,5	1.2	72,2
51	San Fernando	140707	4477	65.5	0.4	49
52	Yorongos	140708	2327	34.7	5.3	62,3
53	Yuracyacu	140709	4774	36,9	4.4	60,5
54	Tarapoto	140801	56,76	1.6	3.5	28,7
55	Alberto Leveau	140802	1153	35,4	0.4	47,4
56	Cacatachi	140803	2308	21.9	3.7	53,1
57	Chazuta	140804	8943	41.5	4.0	70,7
58	Chipurana	140805	1926	74,4	0.0	51,7
59	El Porvenir	140806	1203	39.1	2.7	81,6
60	Huimbayoc	140807	6332	59,8	4.5	67,1
61	Juan Guerra	140808	3267	8.9	0.8	19,3
62	La Banda de Shilcayo	140809	14.099	23	6.1	28,9
63	Morales	140810	14.810	4.3	9.3	46,6
64	Papaplaya	140811	3578	59.0	2.4	74,2
65	San Antonio	140812	4110	21.5	1	45,8

66	Sauce	140813	4750	2,8	5,2		
67	Shapaja	140814	2030	1.4	1,2	50	
68	Tocache	140901	29358	36.1	7.4	50,7	
69	Nuevo Progreso	140902	9491	62.5	4,6	47,8	
70	Pólvora	140903	6194	62.6	4.6	50,9	
71	Shunte	140904	1487	95.6	5.2	59,6	
72	Uchiza	140905	26151	56.2	9,5	44,9	
73	San José de Sisa	141001	15197	54,8	3.4	63,1	
74	Agua Blanca	141002	2672	44.2	1.6	48,4	
75	San Martín	141003	4362	67.7	4,8	73,3	
76	Santa Rosa	141004	1858	73.5	'2.2	53	
77	Shatoja	141005	1707	52.1	3.1	73,1	
				Mínimo	1,4	-3,4	19,3
				Máximo	97,7	12,2	81,6
				Promedio	46,8	3,6	53,6
				Mediana	45,9	3,4	51,7

CUADRO 6
SAN MARTÍN: INDICADORES DE EDUCACIÓN: TASA DE ANALFABETISMO Y
PROMEDIO DE AÑOS DE ESTUDIO APROBADOS DE LA POBLACIÓN DE 15 Y
MÁS AÑOS

IDR_ID	DISTRITO	CODINEI	TASA ANALFAB	PRAÑEST
1	Bellavista	140101	8,1	7,1
2	AltoViabo	140102	23,8	4,4
3	Bajo Viabo	140103	15,1	5,3
4	Huallaga	140104	17,4	4,8
5	San Pablo	140105	15,0	5,1
6	San Rafael	140106	9,5	5,8
7	Saposoa	140201	6,5	6,9
8	Alto Saposoa	140202	12,6	4,8
9	El Eslabón	140203	5,9	6,2
10	Piscoyacu	140204	8,9	6,0
11	Sacanche	140205	11,6	5,9
12	Tingo de Saposoa	140206	3,9	6,9
13	Lamas	140301	19,9	5,8
14	Alonso de Alvarado	140302	21,8	4,3
15	Barranquita	140303	13,7	4,7
16	Caynarachi	140304	17,1	4,7
17	Zapatero	140304	25,2	4,2
18	Cuñumbuqui	140305	13,7	5,5
19	Pinto Recodo	140306	23,4	3,9
20	Rumisapa	140307	25,5	4,5
21	San Roque de Cumbaza	140308	25,1	3,7
22	Shanao	140309	14,0	5,6
23	Tabalosos	140310	22,5	4,7
24	Juanjuí	140401	6,5	7,6
25	Campanilla	140402	9,5	6,2
26	Huicungo	140403	9,7	5,9
27	Pachiza	140404	15,1	5,3
28	Pajarillo	140405	15,0	5,2

29	Moyobamba	140501	11,6	6,8
30	Calzada	140502	12,4	5,6
31	Habana	140503	14,3	4,9
32	Jepelacio	140504	20,2	4,2
33	Soritor	140505	16,4	5,2
34	Yántalo	140506	16,4	4,5
35	Picota	140601	8,0	6,6
36	Buenos Aires	140602	12,6	5,1
37	Caspisapa	140603	6,3	6,2
38	Pilluana	140604	6,7	6,3
39	Pucacaca	140605	7,7	6,1
40	San Cristóbal	140606	10,9	5,7
41	San Hilarión	140607	9,5	6,2
42	Shamboycu	140608	16,0	4,9
43	Tingo de Ponasa	140609	8,0	6,1
44	Tres Unidos	140610	7,4	6,1
45	Rioja	140701	15,2	6,7
46	Anajun	140702	23,7	4,5
47	Elias Soplín Vargas	140703	21,1	4,2
48	Nueva Cajamarca	140704	19,3	4,9
49	Pardo Miguel	140705	18,5	4,5
50	Posic	140706	17,0	4,4
51	San Fernando	140707	17,4	4,6
52	Yorongos	140708	17,0	4,8
53	Yuracyacu	140709	11,9	5,3
54	Tarapoto	140801	4,8	8,9
55	Alberto Leveau	140802	6,4	6,0
56	Cacatachi	140803	9,0	6,0
57	Chazuta	140804	19,2	5,2
58	Chipurana	140805	9,3	5,5
59	El Porvenir	140806	10,6	5,6
60	Huimbayoc	140807	10,3	6,0
61	Juan Guerra	140808	7,8	6,7
62	La Banda de Shilcayo	140809	7,0	7,5
63	Morales	140810	7,3	7,5
64	Papaplaya	140811	12,7	5,5
65	San Antonio	140812	8,8	5,8
66	Sauce	140813	7,8	6,2
67	Shapaja	140814	7,3	6,7
68	Tocache	140901	11,6	6,4
69	Nuevo Progreso	140902	10,7	6,0
70	Pólvora	140903	10,9	6,5
71	Shunte	140904	32,7	3,4
72	Uchiza	140905	9,5	7,0
73	San José de Sisa	141001	25,9	4,4
74	Agua Blanca	141002	14,2	4,8
75	San Martín	141003	23,7	4
76	Santa Rosa	141004	25,0	3,9
77	Shatoja	141005	21,0	4,8
	Mínimo		3,9	3,4
	Máximo		32,7	8,9

Promedio	14.0	5.5
Mediana	12.6	5.5

CUADRO 7

SAN MARTÍN: INDICADORES DE VIVIENDA Y HOGAR. HOGARES SIN ELECTRODOMÉSTICOS

IDR_ID	DISTRITO	CODINEI	% HOGS. SIN ELECT.
1	Bellavista	140101	23,6
2	AltoViabo	140102	53,0
3	Bajo Viabo	140103	45,5
4	Huallaga	140104	37,1
5	San Pablo	140105	41,6
6	San Rafael	140106	25,8
7	Saposoa	140201	27,6
8	Alto Saposoa	140202	41,4
9	El Eslabón	140203	29,8
10	Piscoyacu	140204	46,4
11	Sacanche	140205	29,0
12	Tingo de Saposoa	140206	25,9
13	Lamas	140301	33,8
14	Alonso de Alvarado	140302	38,3
15	Barranquita	140303	53,7
16	Caynarachi	140304	44,6
17	Zapatero	140304	40,7
18	Cuñumbuqui	140305	34,2
19	Pinto Recodo	140306	46,7
20	Rumisapa	140307	39,3
21	San Roque de Cumbaza	140308	47,3
22	Shanao	140309	13,9
23	Tabalosos	140310	43,5
24	Juanjuí	140401	26,3
25	Campanilla	140402	36,0
26	Huicungo	140403	38,7
27	Pachiza	140404	41,9
28	Pajarillo	140405	41,8
29	Moyobamba	140501	29,0
30	Calzada	140502	38,5
31	Habana	140503	47,4
32	Jepelacio	140504	41,8
33	Soritor	140505	38,7
34	Yántalo	140506	41,8
35	Picota	140601	37,7
36	Buenos Aires	140602	44,1
37	Caspisapa	140603	41,1
38	Pilluana	140604	42,4
39	Pucacaca	140605	36,8
40	San Cristóbal	140606	37,9
41	San Hilarión	140607	28,9
42	Shamboycu	140608	39,7
43	Tingo de Ponasa	140609	41,1

44	Tres Unidos	140610	41,5
45	Rioja	140701	28,4
46	Anajun	140702	40,2
47	Elias Soplín Vargas	140703	48,3
48	Nueva Cajamarca	140704	34,3
49	Pardo Miguel	140705	38,6
50	Posic	140706	42,6
51	San Fernando	140707	31,5
52	Yorongos	140708	48,6
53	Yuracyacu	140709	31,6
54	Tarapoto	140801	16,4
55	Alberto Leveau	140802	49,6
56	Cacatachi	140803	24,6
57	Chazuta	140804	53,7
58	Chipurana	140805	51,2
59	El Porvenir	140806	56,2
60	Huimbayoc	140807	47,4
61	Juan Guerra	140808	24,4
62	La Banda de Shilcayo	140809	23,5
63	Morales	140810	23,5
64	Papaplaya	140811	64,4
65	San Antonio	140812	34,8
66	Sauce	140813	48,0
67	Shapaja	140814	49,1
68	Tocache	140901	17,9
69	Nuevo Progreso	140902	34,5
70	Pólvora	140903	29,8
71	Shunte	140904	38,8
72	Uchiza	140905	27,2
73	San José de Sisa	141001	52,4
74	Agua Blanca	141002	43,2
75	San Martín	141003	52,6
76	Santa Rosa	141004	50,2
77	Shatoja	141005	56,9
	Mínimo		13,9
	Máximo		64,4
	Promedio		38,8
	Mediana		39,7

CUADRO 8
SAN MARTÍN: INDICADORES DE TRABAJO Y EMPLEO, PORCENTAJE DE POBLACIÓN OCUPADA DE 15 AÑOS Y MÁS EN AGRICULTURA

IDR_ID	DISTRITO	CODINEI	% POB OCUP AGRIC
1	Bellavista	140101	51,3
2	AltoViabo	140102	88,4
3	Bajo Viabo	140103	80,9
4	Huallaga	140104	87,6
5	San Pablo	140105	82,4
6	San Rafael	140106	77,5
7	Saposoá	140201	55,4

8	Alto Saposoa	140202	86,4
9	El Eslabón	140203	77,9
10	Piscoyacu	140204	82,1
11	Sacanche	140205	76,6
12	Tingo de Saposoa	140206	78,4
13	Lamas	140301	68,2
14	Alonso de Alvarado	140302	84,1
15	Barranquita	140303	89,4
16	Caynarachi	140304	77,6
17	Zapatero	140304	90,1
18	Cuñumbuqui	140305	76,4
19	Pinto Recodo	140306	92,8
20	Rumisapa	140307	85,2
21	San Roque de Cumbaza	140308	95,3
22	Shanao	140309	76,9
23	Tabalosos	140310	80,0
24	Juanjuí	140401	35,2
25	Campanilla	140402	76,1
26	Huicungo	140403	80,4
27	Pachiza	140404	82,4
28	Pajarillo	140405	83,1
29	Moyobamba	140501	50,4
30	Calzada	140502	78,7
31	Habana	140503	95,6
32	Jepelacio	140504	86,1
33	Soritor	140505	78,7
34	Yántalo	140506	90,3
35	Picota	140601	64,4
36	Buenos Aires	140602	83,6
37	Caspisapa	140603	78,1
38	Pilluana	140604	85,2
39	Pucacaca	140605	75,3
40	San Cristóbal	140606	53,1
41	San Hilarión	140607	68,3
42	Shamboycu	140608	79,7
43	Tingo de Ponasa	140609	84,4
44	Tres Unidos	140610	79,7
45	Rioja	140701	44,7
46	Anajun	140702	89,3
47	Elias Soplín Vargas	140703	83,3
48	Nueva Cajamarca	140704	68,0
49	Pardo Miguel	140705	75,8
50	Posic	140706	92,8
51	San Fernando	140707	89,2
52	Yorongos	140708	85,5
53	Yuracyacu	140709	86,8
54	Tarapoto	140801	17,2
55	Alberto Leveau	140802	88,2
56	Cacatachi	140803	65,6
57	Chazuta	140804	80,2
58	Chipurana	140805	81,3

59	El Porvenir	140806	88,4
60	Huimbayoc	140807	76,7
61	Juan Guerra	140808	79,6
62	La Banda de Shilcayo	140809	36,7
63	Morales	140810	40,4
64	Papaplaya	140811	72,6
65	San Antonio	140812	86,2
66	Sauce	140813	74,6
67	Shapaja	140814	71,7
68	Tocache	140901	53,4
69	Nuevo Progreso	140902	67,2
70	Pólvora	140903	55,9
71	Shunte	140904	86,0
72	Uchiza	140905	49,6
73	San José de Sisa	141001	81,2
74	Agua Blanca	141002	86,9
75	San Martín	141003	83,5
76	Santa Rosa	141004	91,4
77	Shatoja	141005	87,6
Mínimo			17.2
Máximo			95.6
Promedio			75.9
D Stand			11.2
Mediana			80.0

CUADRO 9 SAN MARTÍN: INDICADORES DE VULNERABILIDAD

ldr_ Id	Distrito	Codinei	Pob Tot	%Pob NBI	%NIÑ Desn	%Pob OcAgr	Dens	TasCrPromAñ 81-93	Est	Tasa Analf	%Hog s/Elec
1	Bellavista	140101	14050	68,8	41.5	51.3	13,7	5.4	7.1	8,1	23,6
2	Alto Viabo	140102	3971	97.2	50.6	88,4	0.6	3.3	4.4	23,8	53,0
3	Bajo Viabo	140103	3735	96.8	32.3	80.9	4.3	2.9	5.3	15,1	45.5
4	Huallaga	140104	2266	92,4	60.0	87.6	10.8	-0.6	4.8	17,4	37.1
5	San Pablo	140105	12696	61.0	32.4	55.4	23.3	3,2	6.9	6.5	27.6
6	San Rafael	140106	1847	97.0	59.2	86.4	1,4	3.0	4.8	12,6	41.4
7	Saposo	140201	12696	61,0	32.4	55.4	23,3	3,2	6,9	6,5	27.6
8	Alto Saposo	140202	1847	97,0	59,2	86,4	1,4	3,0	4,8	12,6	41,4
9	El Eslabón	140203	1546	71,4	30.9	77.9	12.6	1.2	6.2	5.9	29.8
10	Piscoyacu	140204	2969	81.0	51.2	82.1	16.1	4.7	6.0	8,9	46.4
11	Sacanche	140205	2928	77.4	35,0	76.6	20.5	3.1	5.9	11.6	29.0
12	Tingo de Saposo	140206	938	60,9	21,4	78.4	25.2	0.1	6.9	3,9	25,9
13	Lamas	140301	14083	60,9	53.5	68.2	176.4	1.6	5,8	19,9	33.8
14	Alonso de Alvarado	140302	8928	92.5	68.8	84,1	30.3	8.6	4.3	21,8	38.3
15	Barranquita	140303	5522	98.4	65.3	89.4	5,7	2.8	4.7	13,7	53,7
16	Caynarachi	140304	7678	94,3	63.3	77.6	4.6	3.3	4.7	17.3	44.6

17	Zapatero	140304	5250	80.2	63.3	90.1	30,0	1.5	4.2	25.2	40.7
18	Cuñumbuqui	140305	3978	73.1		76.4	20,8	1.6	5.5	13.7	34.2
19	Pinto Recodo	140306	7009	92.8	67,4	92,8	13,4	11.6	3.9	23.4	46.7
20	Rumisapa	140307	2960	90.0	56.3	85.2	75.5	0.7	4.5	25.5	39.3
21	San Roque de Cumbaza	140308	1636	87.7	51.2	95.3	3.1	3.4	3.7	25,1	47.3
22	Shanao	140309	1304	62.5	59,8	76.9	53.0	-3.4	5,6	14.0	13,9
23	Tabalosos	140310	11437	77,8	56.1	80.0	23.6	2.1	4.7	22.5	43,5
24	Juanjuí	140401	27780	61.9	46,2	35.2	82.9	6.9	7.6	6.5	26.3
25	Campanilla	140402	8638	88.8	62,4	76.1	3.8	7.1	6.2	9,5	36.0
26	Huicungo	140403	5770	82.4	62.7	80.4	0.6	3.4	5,9	9.7	38,7
27	Pachiza	140404	4642	92.4	75.0	82.4	2.5	4.6	5.3	15.1	41.5
28	Pajarillo	140405	3781	98.7	50.0	83.1	15.5	4,8	5,2	15,0	41.8
29	Moyobamba	140501	40258	65.2	51.1	50.4	14.7	5,2	6.8	11,6	29.0
30	Calzada	140502	3539	77.4	40.3	78.7	37,1	4.4	5.6	12.4	38,5
31	Habana	140503	1305	77.9	71.4	95,6	14.3	1.5	4.9	14.3	47.4
32	Jepelacio	140504	14048	87.4	64.5	86,1	39.0	9.4	4.2	20,2	41.8
33	Soritor	140505	11347	81.0	57.2	78.7	29.3	4,6	5,2	16.4	38.7
34	Yantalo	140506	1925	75.2	50.6	90.3	19.2	4.5	4.5	16,4	41.8
35	Picota	140601	7367	70.2	42.4	64.4	33.7	4.1	6.6	8.0	37.7
36	Buenos Aires	140602	2890	85.4	47.9	83.6	10.6	0,1	5.1	12.6	44.1
37	Caspisapa	140603	1526	70.2	35.8	78.1	18.7	2,3	6.2	6.3	41,1
38	Pilluana	140604	1211	90.0	44,4	85.2	5.1	0.5	6,3	6.7	42.4
39	Pucacaca	140605	3362	74.2	35.9	75.3	14,6	1.0	6,1	7.7	36.8
40	San Cristóbal	140606	1041	83,9	63,3	53.1	35,1	0.9	5.7	10,9	37.9
41	San Hilarión	140607	2585	85.3	44.8	68.3	26.8	5,7	6,2	9,5	28.9
42	Shamboyacu	140608	2380	96.9	71.7	79.7	5,7	4,5	4.9	16,0	39.7
43	Tingo de Ponasa	140609	2658	89,9	44.7	84.4	7.8	1.0	6.1	8.0	41.1
44	Tres Unidos	140610	2480	78.5	45.7	79.7	10,1	4.5	6,1	7,4	41.5
45	Rioja	140701	19236	63,2	45.2	44.7	103.6	3,9	6.7	15,2	28.4
46	Anajun	140702	3059	97.3	68.8	89,3	6,4	3,4	4,5	23.7	40,2
47	Elias Soplín Vargas	140703	5367	91,6	69.6	83,3	26,9	1.6	4.2	21.1	48,3
48	Nueva Cajamarca	140704	21894	80.5	61.5	68.0	66.3	12.2	4,9	19.3	34.3
49	Pardo Miguel	140705	9913	90,6	74.1	75.8	8.8	4,4	4.5	18.5	38.6
50	Posic	140706	1003	90.1	72,2	92.8	18.4	1,2	4.4	17,0	42.6
51	San Fernando	140707	4477	87,5	49.0	89.2	70.5	0.4	4.6	17,4	31,5
52	Yorongos	140708	2327	77,8	62.3	85,5	31,2	5.3	4.8	17.0	48,6
53	Yuracyacu	140709	4774	74.3	60.5	86.8	347.5	4,4	5.3	11.9	31,6
54	Tarapoto	140801	56.760	30,6	28.7	17,2	837.0	3.5	8.9	4.8	16.4
55	Alberto Leveau	140802	1153	76.4	47.4	88.2	4,3	0.4	6.0	6.4	49.6
56	Cacatachi	140803	2308	62.8	53.1	65,6	30.6	3.7	6.0	9.0	24.6
57	Chazuta	140804	8943	88.9	70.7	80.2	9.3	4.0	5.2	19.2	53.7
58	Chipurana	140805	1926	98.9	51.7	81,3	3.8	0.0	5.5	9.3	51.2
59	El Porvenir	140806	1203	96,5	81,6	88,4	2,5	2,7	5.6	10.6	56.2

60	Huimbayoc	140807	6332	96.5	67.1	76.7	3.9	4,5	6.0	10.3	47.4
61	Juan Guerra	140808	3267	40.6	19,3	79,6	16.6	0,8	6.7	7.8	24.4
62	La Banda de Shilcayo	140809	14099	42.6	28.9	36.7	49.2	6.1	7.5	7.0	23.5
63	Morales	140810	14 810	47.2	46.6	40,4	337.3	9.3	7,5	7.3	23.5
64	Papaplaya	140811	3578	97.6	74,2	72,6	5,2	2,4	5.5	12.7	64.4
65	San Antonio	140812	4110	64.0	45.8	86,2	44.2	1.0	5.8	8.8	34.8
66	Sauce	140813	4750	86.6		74,6	46.1	5.2	6.2	7.8	48,0
67	Shapaja	140814	2030	87,0	50,0	71,7	7.5	1,2	6.7	7.3	49.1
68	Tocache	140901	29358	69.5	50.7	53.4	25.7	7.4	6.4	11.6	17.9
69	Nuevo Progreso	140902	9491	85,2	47.8	67.2	11,0	4,6	6,0	10.7	34.5
70	Pólvora	140903	6194	95,9	50,9	55.9	2,8	4,6	6,5	10,9	29.8
71	Shunte	140904	1487	99,6	59.6	86.0	1.5	5,2	3,4	32.7	38.8
72	Uchiza	140905	26151	81.1	44,9	49,6	36.1	9,5	7.0	9.5	27.2
73	San José de Sisa	141001	15197	74.8	63,1	81.2	50,7	3,4	4.4	25,9	52.4
74	Agua Blanca	141002	2672	75,0	48.4	86.9	15.9	1,6	4.8	14.2	43.2
75	San Martín	141003	4362	90.2	73.3	83.5	7,8	4.8	4,0	23.7	52.6
76	Santa Rosa	141004	2858	83.4	53.0	91.4	7.6	-2,2	3,9	25.0	50.2
77	Shatoja	141005	1707	83.5	73,1	87,6	70,9	3.1	4.8	21.0	56.9
Total			574840								
	Mínimo		938	30.6	19,3	17,2	0,6	-3,4	3,4	3,9	13,9
	Máximo	56 760		99.6	81.6	95.6	837,0	12.2	8.9	32,7	64,4
	Promedio	7465		80,7	53.6	75.9	43.6	3,6	5.5	14.0	38.8
	Mediana	3971		83.5	51.7	80.0	16,6	3,4	5.5	12.6	39.7

CUADRO 10 VARIABLES Y PESO ASIGNADO

Peso	Grado de vulne	de Pob tot	%Pob Nbi	%Niñ Desn	%Pob OcupAg	Densidad	Tasa 81-93	Prom AñEst	Analf	%Hog sElec
1	Bajo	0-2500	0-20	0-20	0-20	0-10	-3-0	8-9	0-6	0-20
2	Bajo medio	2500-5000	20-40	20-40	20-40	10-30	0-3	6-7	6-12	20-40
3	Medio	5000-10000	40-60	40-60	40-60	30-90	3-6	5-6	12-18	40-60
4	Medio alto	10000-20000	60-80	60-80	40-60	90-300	6-9	3-4	18-24	60-80
5	Alto	20 000 a más	80-100	80-100	80-100	300 a más	9-12	0-3	24-30	80-100

**CUADRO 11
SAN MARTÍN: INDICADORES DE VULNERABILIDAD RECLASIFICADOS**

Idr_ Id	Distrito	Codinei	Pob Tot	%Po b Nbi	%Niñ Desn	%Pob OcAgr	Dens	TasCrPromAñ 81-93	Est	Tasa Analf	%Hog s/Elec
1	Bellavista	140101	4	4	3	3	2	4	2	2	2
2	Alto Viabo	140102	2	5	3	5	1	3	4	4	3
3	Bajo Viabo	140103	2	5	2	5	1	2	3	3	3
4	Huallaga	140104	1	5	4	5	2	1	4	3	2
5	San Pablo	140105	3	5	3	5	2	5	3	3	3
6	San Rafael	140106	2	5	3	4	2	3	3	2	2
7	Saposa	140201	4	4	2	3	2	3	3	2	2
8	Alto Saposa	140202	1	5	3	5	1	2	4	3	3

9	El Eslabón	140203	1	4	2	4	2	2	3	1	2
10	Piscoyacu	140204	2	4	2	4	2	3	3	2	2
11	Sacanche	140205	1	4	2	4	2	1	2	1	2
12	Tingo de Saposoa	140206	4	4	3	4	5	2	3	4	2
13	Lamas	140301	3	5	4	5	2	4	4	4	2
14	Alonso de Alvarado	140302	3	5	4	5	1	2	4	3	3
15	Barranquita	140303	3	5	4	4	1	3	4	3	3
16	Caynarachi	140304	3	5	4	5	2	2	4	5	3
17	Zapatero	140304	3	5	4	5	2	2	4	5	3
18	Cuñumbuqui	140305	2	4		4	2	2	3	3	2
19	Pinto Recodo	140306	3	5	4	5	2	5	5	4	3
20	Rumisapa	140307	2	5	3	5	4	1	4	5	2
21	San Roque de	140308	1	5	3	5	1	3	5	5	3
22	Shanao	140309	1	4	3	4	3	1	3	3	1
23	Tabalosos	140310	4	4	3	4	2	2	4	4	3
24	Juanjuí	140401	5	4	3	2	4	4	2	2	2
25	Campanilla	140402	3	4	4	4	1	4	3	2	2
26	Huicungo	140403	3	5	4	5	1	3	3	2	2
27	Pachiza	140404	2	5	4	5	1	3	3	3	3
28	Pajarillo	140405	2	5	3	5	2	3	3	3	3
29	Moyobamba	140501	5	4	3	3	2	3	3	2	2
30	Calzada	140502	2	4	3	4	3	3	3	3	2
31	Habana	140503	1	4	4	5	2	2	4	3	3
32	Jepelacio	140504	4	5	4	5	3	5	4	4	3
33	Soritor	140505	4	5	3	4	2	3	3	3	2
34	Yantalo	140506	1	4	3	5	2	3	4	3	3
35	Picota	140601	3	4	3	4	2	3	3	2	2
36	Buenos Aires	140602	2	5	3	5	2	2	3	3	3
37	Caspisapa	140603	1	4	2	4	2	2	3	2	3
38	Pilluana	140604	1	5	3	5	1	2	3	2	3
39	Pucacaca	140605	2	4	2	4	2	1	3	2	2
40	San Cristóbal	140606	1	5	4	3	3	1	3	2	2
41	San Hilarión	140607	2	5	3	4	2	3	3	2	2
42	Shamboayacu	140608	1	5	4	4	1	3	4	3	2
43	Tingo de Ponasa	140609	3	5	3	5	1	1	2	2	3
44	Tres Unidos	140610	1	4	3	4	2	3	2	2	3
45	Rioja	140701	4	4	3	3	4	3	3	3	2

CUADRO 12
SAN MARTÍN: MODELO DE VULNERABILIDAD 1

IDR_ID	DISTRITO	CODINEI	VULNE 1
1	Tingo de Saposoa	140206	30
2	El Eslabón	140203	32
3	Shanao	140309	34
4	Caspisapa	140603	34
5	Tarapoto	140801	34
6	Alberto Leveau	140802	34
7	Tres Unidos	140610	35
8	Cacatachi	140803	35
9	Juan Guerra	140808	35
10	Habana	140503	39
11	Yantalo	140506	39
12	Yorongos	140708	40
13	San Cristóbal	140606	43
14	Chipurana	140805	43
15	Shapaja	140814	43
16	Pilluana	140604	44
17	Huallaga	140104	46
18	Alto Saposoa	140202	46
19	Shamboayacu	140608	46

20	El Porvenir	140806	46
21	Posic	140706	47
22	Cuñumbuqui	140305	48
23	Pucacaca	140605	48
24	Santa Rosa	141004	48
25	Shunte	140904	49
26	Sacanche	140205	50
27	San Roque de Cumbaza	140308	50
28	San Antonio	140812	51
29	Shatoja	141005	52
30	Calzada	140502	53
31	Agua Blanca	141002	54
32	La Banda de Shilcayo	140809	55
33	Yuracyacu	140709	56
34	Morales	140810	60
35	Picota	140601	67
36	Campanilla	140402	68
37	Sauce	140813	68
38	Bajo Biavo	140103	69
39	San Rafael	140106	69
40	San Hilarión	140607	69
41	Piscoyacu	140204	71
42	Buenos Aires	140602	71
43	Papaplaya	140811	71
44	Pachiza	140404	72
45	Pajarillo	140405	72
46	San Fernando	140707	72
47	Alto Biavo	140102	73
48	San Martín	141003	73
49	Rumisapa	140307	74
50	Awajun	140702	74
51	Saposa	140201	81
52	Bellavista	140101	82
53	Rioja	140701	85
54	Tabalosos	140310	86
55	Lamas	140301	87
56	San José de Sisa	141001	91
57	Tingo de Ponasa	140609	92
58	Pólvora	140903	92
59	Nuevo Progreso	140902	94
60	Huicungo	140403	95
61	Huimbayoc	140807	95
62	Barranquita	140303	97
63	Caynarachi	140304	97
64	Pardo Miguel	140705	97
65	Tocache	140901	97
66	Moyobamba	140501	98
67	Chazuta	140804	98
68	San Pablo	140105	99
69	Juanjuí	140401	99
70	Elias Soplín Vargas	140703	99
71	Alonso de Alvarado	140302	100
72	Zapatero	140304	100
73	Pinto Recodo	140306	103
74	Soritor	140505	120
75	Jepelacio	140504	128
76	Uchiza	140905	144
77	Nueva Cajamarca	140704	151

CAPÍTULO 6: PLANIFICACIÓN REGIONAL DEL OCCIDENTE COLOMBIANO BAJO CONSIDERACIÓN DE LAS RESTRICCIONES POR AMENAZAS (*)

Andrés Velásquez, Hansjürgen Méyer, Wálter Marín, Fernando Ramírez, Ana Campos¹, Andrés David Drews, Maryori Arango², Michel Hermelín³, Stephen O. Bender⁴, Julio Serje⁵

El occidente colombiano es actualmente una unidad territorial de planificación económica y social; a la vez también es la región colombiana de mayor nivel y diversidad de amenazas naturales. Bajo los nuevos conceptos y esquemas de manejo de riesgos por fenómenos naturales que se han propuesto en el país (restricción a la oferta ambiental, prevención mediante planificación), el CORPES de Occidente y el OSSO/Universidad del Valle desarrollan una visión de las amenazas, de las vulnerabilidades y riesgos y de las estrategias y medidas para su mitigación, para ser incorporadas en las políticas de gobierno en los proyectos de desarrollo.

Se presenta, como parte de los avances del proyecto, una visión integral de amenazas y una primera aproximación para la consideración de vulnerabilidades y riesgos regionales y en las capitales de los ocho departamentos de la región CORPES de occidente.

Se ha acopiado información sobre ocurrencia de desastres en los municipios de la región, a partir de fuentes periódicas desde 1921. El conjunto de la información sobre amenazas, vulnerabilidades y ocurrencias de desastres se está procesando a partir de un Sistema de Información Geográfica desarrollado en el país (PROMAP). Actualmente el proyecto se encuentra en la fase de edición, incluyendo un manual con cartografía sobre distribución de amenazas, vulnerabilidades y ocurrencia histórica de desastres.

* Documento preparado en agosto de 1994, en prensa en las Memorias del Taller **OEA** sobre planificación del desarrollo regional y prevención de desastres celebrado en Cartagena de Indias en marzo de 1994.

¹ Observatorio Sismológico del **Suroccidente-OSSO**, Universidad del Valle

² **CORPES** de occidente, Unidad del Medio Ambiente

³ Universidad **EAFIT**

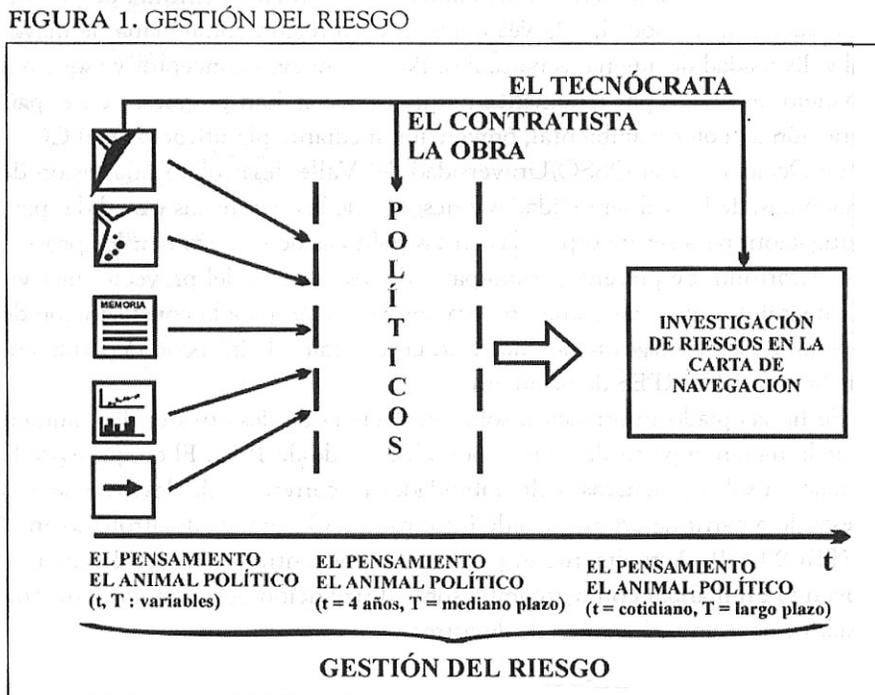
⁴ OEA, **Dpto.** de Desarrollo Regional y Medio Ambiente

⁵ **SIG Ltda., PROMAP.**

INTRODUCCIÓN

El CORPES de occidente en Colombia, que agrupa a gobernadores, directores de planeación y otros tomadores de decisiones en los ocho departamentos que la conforman, presenta diversos niveles y diversidad de amenazas en un contexto de escaso conocimiento sobre ellas y las vulnerabilidades, con escasa percepción de las opciones y necesidades de adoptar estrategias para la prevención y mitigación de riesgos. Por ello, se están desarrollando investigaciones que deben conducir a generar metodologías e información "práctica" que sirva para incorporar las variables prevención-mitigación en la planificación regional. Se presentan algunos de los avances de evaluación de amenazas, vulnerabilidades y riesgos en la región, con base en la necesidad de generar mecanismos fluidos entre los investigadores y técnicos, los políticos y tomadores de decisiones y la planificación del desarrollo. Ello se ilustra esquemáticamente en la figura 1, en la cual "t" representa el tiempo del pensamiento y acción de cada uno de los actores considerados y "T" los periodos de vida y de intereses, en el marco de la gestión de riesgos.

FIGURA 1. GESTIÓN DEL RIESGO



En el contexto de la región del CORPES de occidente (departamentos Antioquia, Chocó, Caldas, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca, Cauca y Nariño), el único foro regional que reúne a las gobernaciones y a sus oficinas de planeación para diseñar políticas y asignar recursos, es de especial relevancia disponer de criterios, metodologías e información para incorporar las variables prevención y mitigación en la planificación del desarrollo en esta región, reconocida como de mayor potencial de amenazas de origen natural y de mayor potencial de desastres en el país.

Se presenta información regional sobre amenazas naturales, se realiza una primera aproximación para el diseño de escenarios de vulnerabilidad, así como una primera aproximación a los riesgos comparados entre las principales ciudades y, finalmente, se señalan problemas derivados de traslapes entre las divisiones político-administrativas y regiones naturales (cuencas hidrográficas).

Aún cuando se incluyen algunos elementos para el diseño de estrategias de mitigación, en esta fase del informe apenas se enfoca este aspecto central, el cual se encuentra en fase de discusión y elaboración. Se espera que el informe contribuya, conjuntamente con los interlocutores en el CORPES, a avanzar en este proceso.

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE AMENAZAS

La región de planificación del CORPES de occidente, caracterizada por una gran variedad de regiones naturales, topográficas, climáticas, diversidad biológica y antropológica, puede considerarse como una región estratégica en el contexto colombiano y regional, tanto por su posición geográfica (i.e., costas sobre el océano Pacífico y Atlántico), como por el volumen de población e importancia en actividades económicas. Por otra parte, sobre la región se manifiestan directamente casi todas las amenazas de origen natural: desde las hidrometeorológicas y climáticas, pasando por aquellas producto de la interacción clima-paisaje (movimientos de masa, erosión, desertificación), hasta las geológicas con origen en la dinámica interior de la tierra como sismicidad y volcanismo. Además, la gama de fenómenos amenazantes cubre lapsos, ritmos y manifestaciones de ocurrencia desde súbitas y poco pronosticables como los terremotos, hasta lentas y cuasiperiódicas como la alteración climática por el fenómeno El Niño.

Del conjunto de amenazas sobre la región, algunas, principalmente aquellas de origen interno, pueden considerarse como estacionarias en el tiempo, mientras que otras, tales como avenidas torrenciales, inundaciones y movimientos de masa (erosión, deslizamientos) cada vez están aumentando en función de las actividades antrópicas. Además, en un escenario regional caracterizado por el aumento y concentración de vidas y bienes, puede decirse que las vulnerabilidades y riesgos también están en aumento.

1.1 EI CORPES de occidente en comparación

Distribución regional de amenazas

Con base en el "Ensayo de evaluación de las amenazas, de los riesgos y de los desastres en Colombia" (Velásquez & Meyer, 1990), en la figura 2 se muestra, de manera cualitativa, la distribución "acumulada" de las amenazas en Colombia.

La figura corresponde a una adaptación digitalizada de la información cartográfica original (a escala regional), con atributos para cada una de las amenazas correspondientes con los valores señalados a continuación:

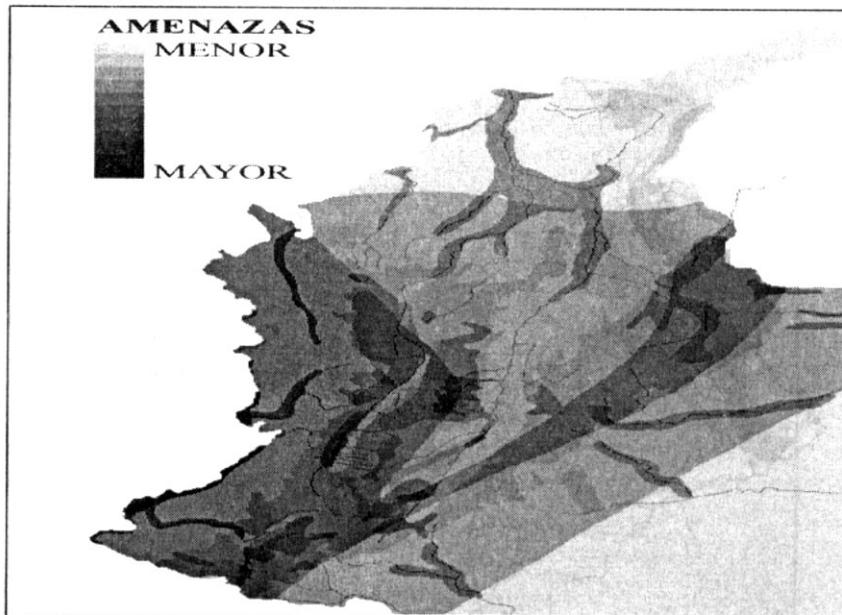
TABLA 1
ATRIBUTOS UTILIZADOS PARA LA REGIONALIZACIÓN DE AMENAZAS

Pendientes topográficas (a partir de la Cota 1,000)	3
Amenaza sísmica alta (Ley 1400, 1984)	20
Amenaza sísmica intermedia (Idem)	10
Amenaza sísmica baja (Idem)	2
Amenaza por tsunami	10
Amenaza volcánica alta (cercanía y drenajes)	10
Amenaza volcánica baja (cercanía sin drenajes)	5
Amenaza por ríos torrenciales	10
Amenaza por inundaciones	10
Amenaza por acreción/recesión de playas	10
Mayores amenazas por deslizamientos	10
SUMA DE VALORES	100

La figura es, pues, una imagen de la distribución acumulativa de amenazas consideradas como valores estáticos ya que no se incorporan factores de recurrencia e intensidad para cada una de ellas. En este sentido, se trata de un escenario regional cuya utilidad es la de permitir reconocer de una manera cualitativa que, en comparación con otras regiones del país, sobre el occidente confluyen los fenómenos amenazantes de origen natural y de interacción entre la naturaleza y las actividades del hombre (inundaciones, avenidas torrenciales y mayores amenazas por deslizamientos).

FIGURA 2. CONFLUENCIA DE AMENAZAS NATURALES

FIGURA 2. CONFLUENCIA DE AMENAZAS NATURALES



Distribución regional de riesgos

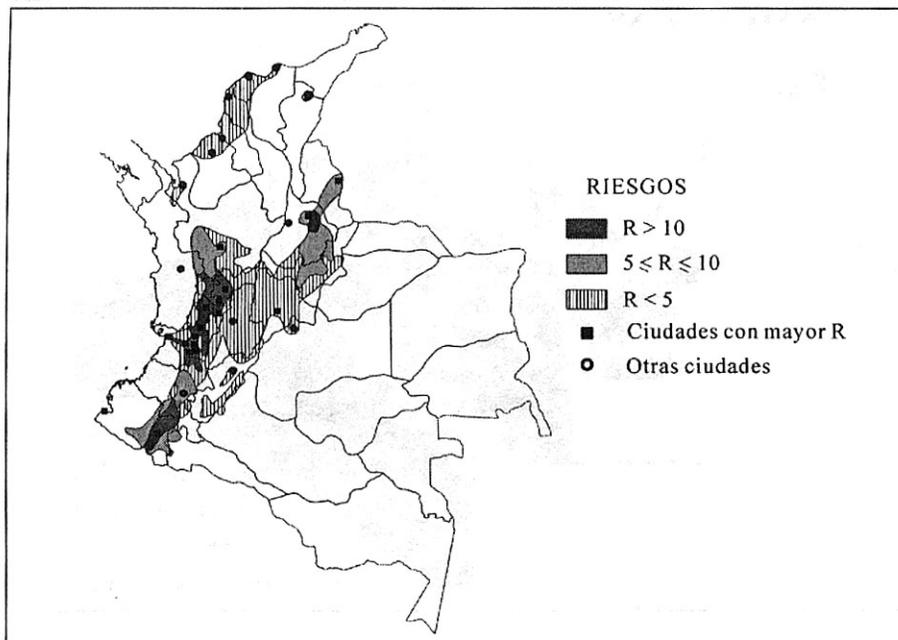
El mapa de la figura 3 es el producto de multiplicar la sumatoria de los valores de atributos de amenazas, por la sumatoria de valores expuestos (densidad de población, zonas con concentración de actividades económicas, infraestructura, ciudades principales), a una escala equivalente. Estos últimos atributos se consideraron según los siguientes valores regionalizados:

TABLA 2
ATRIBUTOS UTILIZADOS PARA FACTORES EXPUESTOS

Ciudades con más de 100,000 habitantes	30
Densidad de población mayor que 50 hab/km ²	20
Densidad de población entre 20 y 50 hab/km ²	10
Concentración de actividades económicas de primer orden	20
Concentración de actividades económicas de segundo orden	10
Sistemas vitales (redes) en sectores críticos	10
Suma de valores	100

FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE RIESGOS

FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE RIESGOS



Igual que en el caso anterior, se trata de una imagen cualitativa de la distribución regional de riesgos, entre cuyas limitaciones pueden mencionarse -además de aquellas

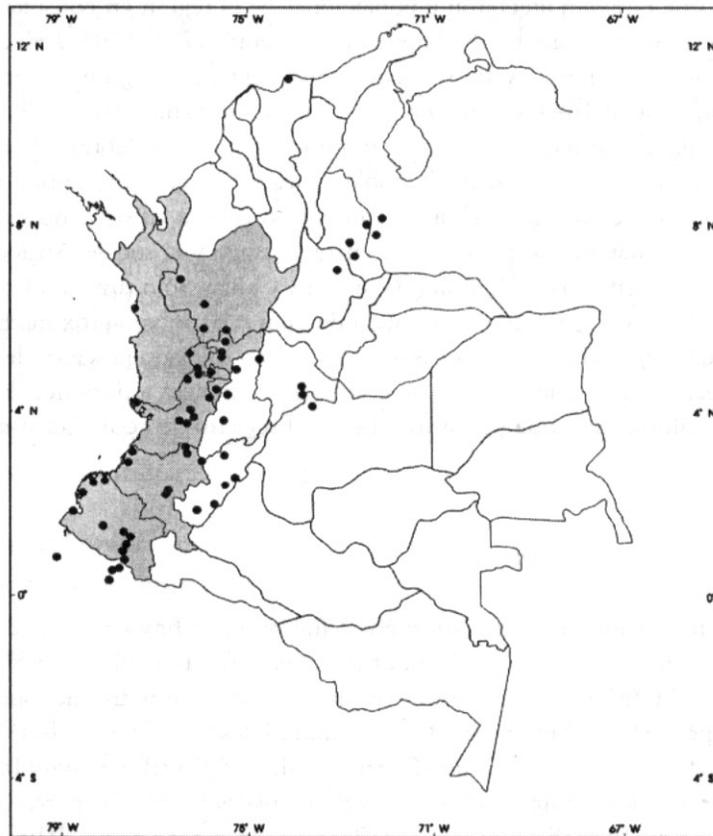
"arrastradas" desde la zonificación de amenazas-, entre las principales, las siguientes:
 a) los rangos de distribución de la densidad de población son muy amplios, pueden refinarse hasta la escala municipal, y en ella considerar, además, que en algunos municipios, por ejemplo Buenaventura, la densidad rural es muy baja con respecto al casco urbano; igual observación para las ciudades mayores, en las cuales el corte en 100,000 habitantes introduce un sesgo adicional sobre el peso específico que representan en el contexto regional. Ello se ilustra, y se intenta superar, en los numerales 2 y 3.

Desastres por terremotos en la historia de Colombia

De acuerdo con las fuentes documentales (Ramírez, 1975; Meyer para Woodward-Clyde, 1983; Goberna, 1985; Arango & Velásquez, 1993). también en el occidente colombiano (figura 4), se concentran los mayores efectos de sismos sobre las poblaciones en la historia de Colombia.

FIGURA 4. DESASTRES POR TERREMOTOS

FIGURA 4. DESASTRES POR TERREMOTOS



1566	CALI, POPAYÁN
1610	FRONTERA CON VENEZUELA

1644	PAMPLONA
1730	MEDELLÍN
1736	POPAYÁN
1766	CALI, BUGA
1785	BOGOTÁ CAQUEZA
1805	HONDA
1825	SANTA MARTA
1827	HUILA, SUROCCIDENTE, BOGOTÁ
1834	PASTO
1835	TUMACO?
1840	ABEJORRAL
1868	ECUADOR, FRONTERA
1875	CUCUTA
1903	NOROCCIDENTE
1906	COSTA PACÍFICA, ECUADOR SUROCCIDENTE
1914	NOROCCIDENTE
1917	BOGOTÁ, CENTRO
1923	CUMBAL
1925	CALI
1936	TUQUERRES
1938	VALLE, ZONA CAFETERA, ANTIOQUIA
1942	COSTA PACÍFICA, ECUADOR
1950	FRONTERA CON VENEZUELA
1958	COSTA PACÍFICA, ECUADOR
1960	VALLE, ZONA CAFETERA, ANTIOQUIA
1961	VALLE, ZONA CAFETERA, ANTIOQUIA
1967	HUILA
1970	BAHÍA SOLANO
1979	VALLE, ZONA CAFETERA, ANTIOQUIA
1979	COSTA PACÍFICA, SUROCCIDENTE
1981	NORTE DE SANTANDER
1983	POPAYÁN
1991	CHOCO, DELTA DEL RÍO SAN JUAN
1992	URABA
1994	PÁEZ

Si se exceptúan eventos asociados a la región del Huila (i.e., nov. 1827, feb. 1967, que también afectaron a poblaciones de la región en consideración), el de Honda en 1805, del borde llanero (Le., Bogotá. 1743, 1785, 1826. 1917), de la región nor-oriental y límites con Venezuela (i.e., región fronteriza en 1610; Pamplona en 1644; Cúcuta en 1785 y norte de Santander en 1981) y, finalmente, algunos sismos en la región atlántica, como el de febrero de 1825 en Santa Marta, el mayor volumen de poblaciones afectadas corresponde a la región en consideración (figura 4), aun teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: a) la mayoría de poblaciones entre Cartago y el sur de Antioquia, es decir, todo el territorio de Quindío, Risaralda y Caldas, sólo tuvo poblaciones a partir de 1842, con Quinchía, la primera de ellas y b) sobre aproximadamente un 50% de la región hace sólo pocas décadas se han iniciado

procesos de ocupación y urbanización, como en Urabá, o apenas se empieza a disponer de mecanismos de información que permitirán llevar el registro de actividad sísmica en la región.

Sismicidad instrumental regional

La información sísmica instrumental fue provista hasta hace pocos años por el Instituto Geofísico de los Andes (U. Javeriana, Bogotá) y por el National Earthquake Information Center (NEIC, USA), en este último caso a partir de la operación de la red sísmológica mundial desde 1963. Con base en esta información se produjo el estudio (García, et al., 1983) utilizado para la zonificación sísmica del Código Colombiano de Construcciones Sismorresistentes, la Ley 1400 de 1984. Según esta zonificación, la mayor parte del territorio CORPES de occidente (con excepción de la porción central, norte y oriental de Antioquia y la vertiente al Magdalena de Caldas), se caracteriza como de riesgo sísmico alto.

Un problema básico del país y de la región es el de no disponer de series de información básica instrumental suficientemente antiguas, continuas y de adecuada cobertura, aún reconociendo que se dispone de algunas estaciones sísmológicas e hidrometeorológicas desde principios de siglo. En el caso de la información sísmológica, la dotación y operación de la red sísmológica del suroccidente permiten evidenciar las ventajas de dotar a la región de adecuados sistemas de observación. En la figura 5 se muestra el estado del conocimiento disponible (mapa epicentral) de la base de datos estandarizada mundial (NEIC) para el periodo 1963-1991, en comparación con los resultados de observación para un periodo muestra de cuatro años entre 1987 y 1991 con la red regional. En razón de la capacidad de observar eventos de magnitudes pequeñas, se pueden identificar ahora fuentes sísmicas no conocidas antes; por ejemplo, el cúmulo de actividad en la región del Pacífico entre los departamentos Valle del Cauca y Chocó.

La información instrumental actualmente disponible permite, en primera aproximación, corroborar que las más altas tasas de actividad se localizan en la zona de subducción, frente al litoral, en la zona Wadati-Benioff al norte del Valle del Cauca y en la región norte del Chocó (por fuera de la figura). Como fuente superficial continental destaca la región del Huila. Una idea del aumento de la vulnerabilidad y de los riesgos en la región se deriva de la comparación de efectos para terremotos similares: aquel ocurrido en julio de 1962 afectó a cuarenta poblaciones de Antioquia (además de casi todas las de Caldas, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca), mientras que el de noviembre de 1979 produjo daños en 80 de Antioquia (Arango & Velásquez, 1993).

Actividad volcánica

De entre el conjunto de volcanes activos en Colombia, definidos como aquellos que han producido erupciones históricas, o presentan actividad fumarólica, termal y/o sísmica asociada, las tasas de actividad en cuanto a recurrencia, distribución e intensidad de los efectos conocidos son variables. Con excepción del volcán Doña Juana en Nariño, que produjo una erupción lateral en 1899 con reportes de cerca de sesenta muertos, la actividad histórica se caracteriza por explosiones freato-magmáticas de mediana a baja intensidad, con efectos subregionales principalmente por flujos de lodo (Ruiz, 1595,

1845 y 1985; Puracé, 1849; Doña Juana, 1899), por caída de piroclastos y cenizas y por sismicidad asociada con efectos sobre poblaciones cercanas (Galeras y Puracé).

Frente a los mapas de amenazas tradicionales, que ofrecen una imagen estática y parcial de los efectos potenciales de la actividad volcánica, surge como complemento la elaboración de escenarios de amenazas y riesgos que incorporan la información geológica y de reportes históricos en combinación con los elementos vulnerables sobre el territorio, de tal manera que se puedan optar actividades de planificación del desarrollo más entendibles y aplicables por parte de planificadores, políticos y comunidades. Tal es el caso de los escenarios iniciales de riesgo elaborados para el volcán Galeras, y adoptados por el gobernador de Nariño y el alcalde de Pasto en 1989. En la tabla siguiente se sintetiza información sobre tipo de actividad histórica y efectos para los principales volcanes activos de Colombia.

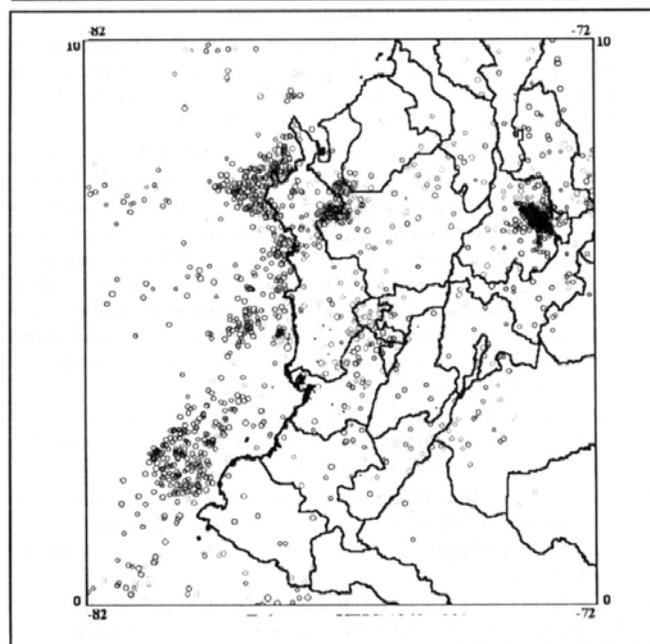
TABLA 3

Volcán	Actividad Histórica	Efectos Principales
Chiles	Fumarólica	Desconocidos
Cumbal	Fumarólica, explosión 1923 (?)	Traslado de poblaciones (?)
Azufra	Fumarólica	
Galeras	Centenares de reportes, incluyendo erupciones medianas	Daños por onda explosiva en Pasto, sismicidad asociada; daños en cultivos; muerte de un grupo de científicos durante pequeña erupción en enero de 1992
Doña Juana	Erupciones en 1897 y 1898, la mayor en 1899	Daños en poblaciones cercanas (La Cruz, en San Pablo), cerca de sesenta muertos, flujos de lodo, destrucción de puentes, daños en cultivos y ganaderías, cenizas hasta Buga al N e Inzá al E (Ramírez, 1975)
Sotará	Termal	
Coconucos	Termal	
Puracé	Múltiples erupciones, la mayor reportada 1849	En 1849 con flujos de lodo (la cima era nevada), piroclastos en pueblos cercanos como Puracé, daños en cultivos y caída de cenizas en Popayán y poblaciones vecinas. Actividad sísmica

		asociada. Dieciséis excursionistas muertos durante la erupción de mayo de 1949
Huila	Fumarólica y termal.	
Machín	Erupciones históricas (?)	
Tolima	Erupciones históricas (?)	
Santa Isabel	Actividad fumarólica	
Ruiz	Principales erupciones documentadas, en 1595, 1845 y 1985	Flujos de lodo por deshielo, efectos físicos similares en los tres eventos; escenarios de riesgos identificables; vulnerabilidad y riesgos crecientes comparadas las tres fechas

FIGURA 5. EPICENTROS NEIC 1963-1992

FIGURA 5. EPICENTROS NEIC 1963-1992



Licuación de suelos

Este fenómeno, mediante el cual los suelos arenosos de formación reciente, y por lo tanto poco o nulamente consolidados, con niveles freáticos altos, pierden instantáneamente la capacidad de soportar cargas, ocurre principalmente por acción de las vibraciones sísmicas fuertes. En la figura 6 se ha cartografiado la distribución de las mayores extensiones de terrenos susceptibles al fenómeno en la región. Se trata de suelos aluviales en las llanuras de inundación de los ríos principales como el Cauca y

los afluentes de la vertiente del Pacífico y del Atrato, así como las formaciones deltaicas, intermareales, litorales y pantanosas.

El mapa de terrenos con susceptibilidad de licuación se acompaña de los reportes disponibles, los que se reseñan a continuación:

- *Atrato-Urabá. 1883:02:08.* Produjo asentamientos (?) en la región del río Sucio el cual cambió de curso. También erupción de un volcán de lodo al N de Mutatá. No hay disponible referencia explícita a licuación, la cual debió ocurrir (White, 1884).
- *Atrato-Urabá. 1977:08:30.* Apartado, grietas NW bordeadas de pequeños depósitos lineales de arena fina. Turbo, reportes similares (Cline, 1977).
- *Atrato-Urabá. 1992:10:17.* El sismo precursor del 17 de octubre produjo licuación en las riberas del río Atrato y sus afluentes. El sismo del 18 en todo el Atrato Medio, principalmente entre Buchadó al Sur y Pavarandocito al N. las regiones más afectadas. Hacia el sur, licuación hasta Quibdó; al norte hasta Apartado. En Murindó la licuación generalizada destruyó casi todas las edificaciones en mampostería, así como las redes e instalaciones básicas del pueblo: acueducto, alcantarillado, energía, hospital, alcaldía, iglesia, escuela (Velásquez, 1992).
- *Bahía Solano. 1970:09:26.* Chorros de arena y agua que saltaban de las tierras húmedas y arenosas. Daños en las calles, en el terraplén de la vía al aeropuerto y en el acueducto (Ramírez, 1970).
- *Costa norte del Valle del Cauca y sur de Chocó. 1991:10:19.* Licuación desde El Choncho hasta cercanías de Sivirú, con base en reconocimientos aéreos y reportes de pobladores y organismos de socorro (OSSO, Archivo macro-sísmico).
- *Costa sur de Colombia y norte de Ecuador. 1906:01:31.* Licuación en Cabo Manglares, Ramírez, 1975, pp. 168); playa de Isla El Pindo. Grietas y licuación desde La Tola hasta Guapí. (Rudolph & Szirtes. 1911).
- *Costa sur de Colombia. 1958:02:19.* Licuación en rellenos (terraplenes para vías) entre el continente y Tumaco y entre la isla Viciosa y el Viaducto. Licuación fuerte en cabo Manglares (Ramírez, 1975; OSSO, Archivo macro-sísmico).
- *Costa sur de Colombia. 1979:12:12.* Subsistencia desde cabo Manglares hasta Guapí. Licuación desde cabo Manglares hasta el sur del río Yurumanguí. Río Patía, por tamaño de conos de deyección (aberturas de 5 metros y conos de 20 metros de diámetro) grietas y desplazamientos de varios metros hasta 50 km adentro de la costa (Herd, Leslie, Meyer, Arango, Person, Mendoza, 1981). En Tumaco hubo daños en las vías, en el aeropuerto y en el acueducto.
- *Popayán. 1983:03:31.* Turbidez y aumento de nivel de aljibes (Santa Rosa, La Mulata, Cajibío, La Rejoya, Salé, Las Chozas, Morinda) y pequeños conos de deyección en riberas del río Molinos (Meyer, Duarte, & Paraffan, 1986).

- *Sibundoy (?)*. 1834:01:20. Relaciones poco precisas que parecen indicar licuación en el valle de Sibundoy, al SE de Nariño (Ramírez, 1975; OSSO, Archivo macrosísmico).
- *Valle del Cauca (?)*. 1979:11:23. Este evento, localizado hacia el terreno N. del valle del Cauca (M = VIII+, 108 km.) produjo aumento del nivel freático en varios pozos a lo largo del valle del Cauca; lo cual puede interpretarse por licuación y asentamiento de las capas arenosas de acuíferos (Tenjo, 1993; comunicación personal, Sección de Hidrogeología, CVC, Cali). Las zonas potencialmente licuables del valle del Cauca y de Cali en esa época estaban despobladas, principalmente dedicadas a labores agrícolas.

En otras regiones del país, aun cuando con menor extensión, también ha ocurrido el fenómeno, como por ejemplo en Bogotá, en 1644-1645, según Espinosa (1993); Cúcuta en 1875:05:18, interpretado según reportes de Azuero (1924) y Huila en 1827:11:17 y 1967:02:09. de acuerdo con Ramírez (1967. 1975) y con manuscritos del Archivo Histórico Nacional de Colombia (OSSO, Archivo Macrosísmico). Más recientemente, en 1993, los sismos de los Llanos Orientales produjeron licuación a lo largo del río Casanare, en Puerto Rondón y Puerto Colombia.

Antes que programas geotécnicos exploratorios, detallados y de alto costo. con base en el conocimiento internacional (i.e., Youd, 1991) y nacional, como se desprende de los reportes anteriores, la información disponible, geológica, geomorfológica y de constitución de los terrenos aluviales y artificiales, la cartografía generalizada presentada (figura 6) permite derivar consideraciones que pueden ser incorporadas en la planificación del desarrollo regional.

En primer lugar, los terrenos aluviales recientes deberían dedicarse primordialmente a conservar su vocación agrícola, forestal a agrosilvopastoril; en segundo lugar, las obras de infraestructura, muchas veces sólo realizables en estos terrenos, como por ejemplo acueductos o terraplenes, deben proveerse de estudios específicos para evaluar y de diseños y construcciones apropiadas para mitigar el potencial de licuación y, en tercer lugar, sobre aquellos desarrollos urbanos ya existentes deben proporcionar tanto el conocimiento sobre este potencial como medidas de mitigación pertinentes. Un ejemplo de medidas de mitigación necesarias es el caso de Cali con cerca del 80% de su abastecimiento de agua cimentado sobre terrenos con susceptibilidad de licuación, que requiere dotarse de redundancia y de especificaciones adecuadas en el sistema de redes principales (Campos, 1994).

Debido a que extensiones cada vez mayores de terrenos con este tipo de suelos se están incorporando a las actividades productivas, de establecimiento de infraestructura básica y al desarrollo urbanístico, se requiere en todos los casos evaluar las características de los terrenos (composición y granulometría, espesor y profundidad de estratos arenosos, grado de cohesión de los mismos y posición del nivel freático), con la finalidad de tomar las provisiones de diseño y construcción necesarias cuando no se disponga de otra alternativa, y principalmente, de orientar el uso del suelo en ellos.

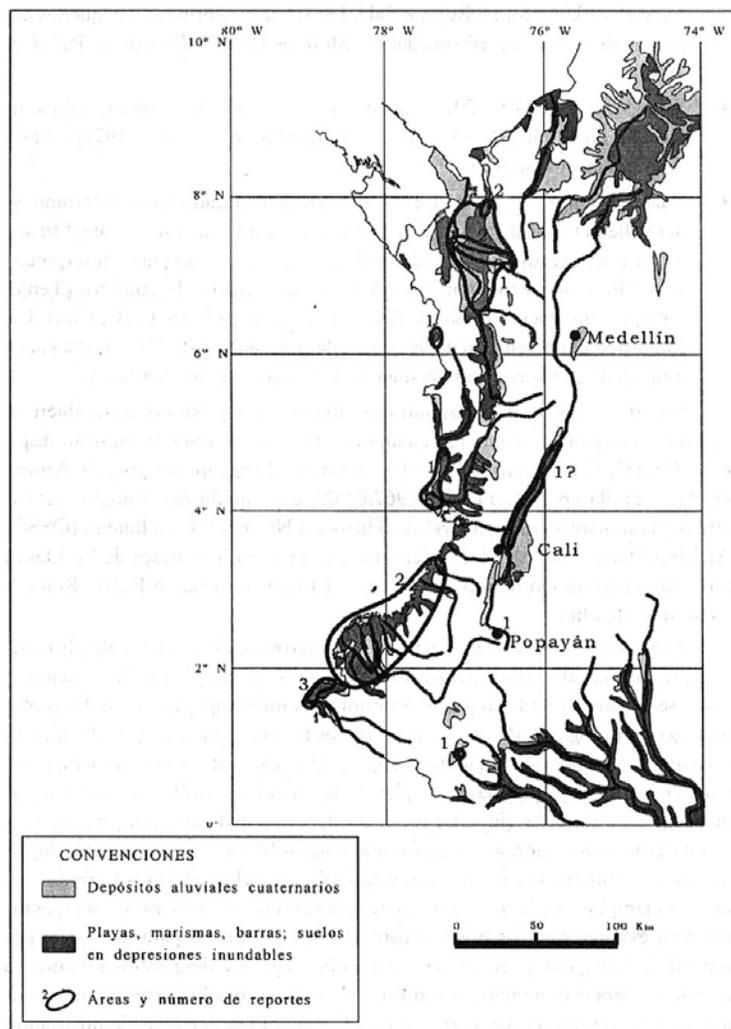
Deslizamientos inducidos

Como fenómeno de segundo orden, los deslizamientos disparados por actividad sísmica se han concentrado sobre las vertientes de selva muy húmeda tropical en la región del Chocó Biogeográfico y sobre las vías, asociados tanto con sismos de profundidad

intermedia (alrededor de 100 km) en el N del valle del Cauca como con la actividad superficial asociada a las fallas geológicas continentales, como en los casos del Huila, de Popayán y del Atrato Medio. Un compendio de los principales deslizamientos inducidos se presenta a continuación:

FIGURA 6. POTENCIAL DE LICUACIÓN

FIGURA 6. POTENCIAL DE LICUACIÓN



- 1827, *Huila*, con represamiento del río Suaza y posterior ruptura e inundación sobre el valle del Magdalena.
- 1834, *Nariño*, deslizamientos sobre la vertiente oriental de la cordillera, hacia el Putumayo.

- 1868, *Nariño-Ecuador*, según Rudolph & Sziertes (1911), reportan flujos de lodo por el río Mira, probablemente asociados a deslizamientos generados por el terremoto que destruyó varias poblaciones al N del Ecuador.
- 1883, *Atrato Medio y Urabá*, incluida erupción de un volcán de lodo cercano a Mutatá. Las descripciones sobre crecientes en los ríos pueden asociarse a deslizamientos sobre las vertientes (White, 1884).
- 1903, *Frontino*, alto Musinga, en el NO antioqueño. Hubo deslizamientos y flujos de lodo asociados.
- 1938, *Arma*, la prensa local reportó agrietamientos del terreno en esta población.
- 1962, *vía Cali-Buenaventura*, hubo varios deslizamientos que interrumpieron las vías férrea y carretable. ^R I
- 1967, *Huila*, principalmente, en este departamento muchas carreteras y caminos fueron bloqueados por los deslizamientos, los cuales ocurrieron en época de fuerte verano (Ramírez, 1975)
- 1970, *Bahía Solano*, centenares de deslizamientos pequeños en cercanías de Bahía Solano, sobre la serranía del Baudó.
- 1971, *frontera con Panamá*, extensas regiones selváticas en la región del Darién en Panamá y Colombia, y posteriores palizadas a lo largo de los ríos.
- 1977, *Urabá*, pequeños deslizamientos en las serranías en la región de Urabá (Cline, 1977).
- 1979, *región andina*, deslizamientos en el Valle del Cauca, y en las vías Supía-La Pintada, Cali-Buenaventura, y en el área urbana de Manizales.
- 1983, *Popayán*, múltiples y pequeños deslizamientos en la región epicentral cercana a Popayán.
- 1987, *Atrato Medio*, serie de sismos con deslizamientos asociados sobre la vertiente húmeda del Atrato en Antioquia, en la región de Murrí (H. Caballero, com. personal).
- 1992, *Atrato Medio*, deslizamientos generalizados sobre la vertiente húmeda de la Cordillera Occidental en la región del Atrato Medio. Múltiples deslizamientos desde Vegachí, al sur, hasta las estribaciones de la serranía de Abibe, cerca de Apartadó. Interrupción de la vía Medellín-Urabá, entre Cañasgordas y Mutatá.
- 1993, *Anchicayá*, pequeños deslizamientos asociados con sismos superficiales en la región del Alto Anchicayá.

Tsunamis

Generados por acción primaria de la ruptura de grandes terremotos bajo el lecho oceánico, la fuente de amenaza primordial para Colombia se localiza frente al litoral Pacífico. Su recurrencia es aproximadamente igual a la de terremotos con magnitudes mayores o iguales a 7.5, pero la amenaza es más difícil de evaluar que para los terremotos por los parámetros adicionales que afectan a las olas del tsunami, como por ejemplo el nivel de la marea en el momento de su ocurrencia. Por otra parte, su predictibilidad es más alta que la de cualquier otra amenaza natural no periódica, mientras que su posibilidad de control, siendo baja, es comparativamente mayor que la de otros fenómenos como terremotos y volcanismo, por ejemplo mediante barreras naturales como arborización. Los tsunamis históricos en Colombia, principalmente los del 31 de enero de 1906 y del 12 de diciembre de 1979, ocurrieron cerca del pico de la marea baja, con un escenario de desastre (mínimo con respecto a si hubieran ocurrido en fase de marea alta) concentrado en las costas de Nariño y Cauca.

1.2 Eventos y desastres

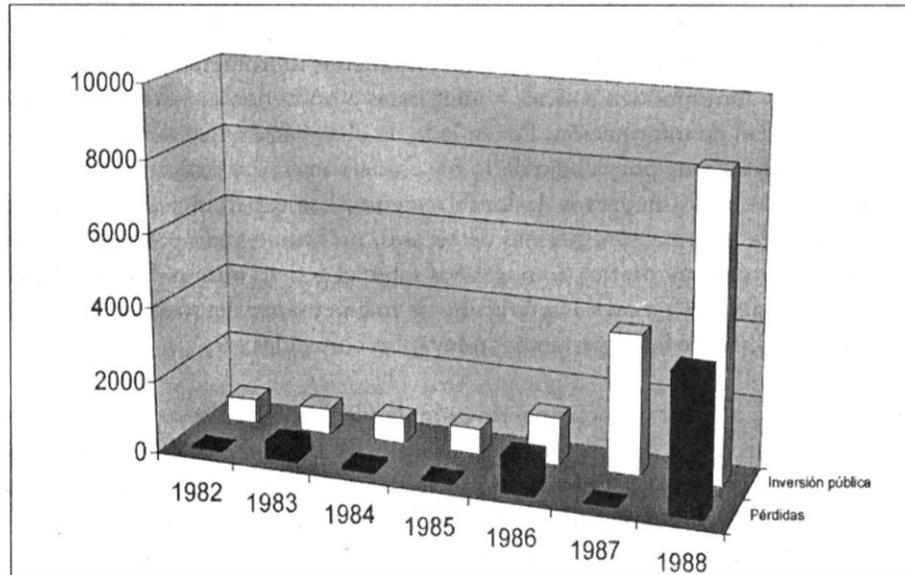
Dentro de la literatura disponible en Colombia son pocos los casos de evaluaciones sistemáticas de ocurrencia de fenómenos naturales, y menos aún de desastres, para periodos representativos en cada caso. Aunque se dispone de catálogos para algunos de ellos, por ejemplo sismos y actividad volcánica, así como de series con treinta o más años para fenómenos hidrometeorológicos, estos catálogos no corresponden a series homogéneas o no tienen la suficiente cobertura y densidad de información. Por su lado, la observación sistemática de efectos se encuentra muy por debajo de lo necesario como para realizar estimativos retrospectivos de los impactos de los fenómenos. Las experiencias en acopio y evaluación de información, además de escasas, no han logrado todavía generar discusión en torno a criterios homogéneos sobre el acopio mismo. Puede decirse que en la región, este tipo de actividades es fragmentaria, desarticulada y heterogénea. Algunas de las experiencias relevantes conocidas son:

- *Medellín*: a partir del acopio y revisión de fuentes periodísticas e institucionales (archivos de Cruz Roja y Cuerpo de Bomberos), Bustamante & Echeverry (1984) y Bustamante (1988), quienes evalúan la información disponible sobre deslizamientos entre 1977 y 1988, la ciudad ha incorporado entre sus estrategias la incorporación de datos sobre desastres en un sistema de información en la dependencia de planificación.
- *Caldas*: la Corporación Regional Autónoma CRAMSA incorporó, para sus actividades de protección de erosión, información para los municipios de Manizales, Salamina y Aranzazu. Actualmente el Plan de Desarrollo de Manizales continúa los inventarios para la ciudad. Se conoce la existencia de una base de datos elaborada a partir del periódico La Patria en INGEOMINAS.
- *Risaralda*: la CARDER ha incluido en sus estudios para los municipios recuentos de desastres de origen natural.
- *Valle del Cauca*: existe una publicación (Velásquez & Meyer, 1990), que evalúa la información de una base de datos periodística, principalmente El País, para el período 1980-1989, que concluye que las pérdidas directas atribuibles a desastres equivalen aproximadamente al 30% de la inversión pública departamental en el periodo considerado. En este caso (figura 7), se trata de una región en la que no hubo ningún

desastre de grandes proporciones. El promedio acumulado de pérdidas, sin embargo, corresponde a casi el 30% si se lo compara con la inversión pública departamental. Este departamento aporta cerca del 13% del PNB, acoge al 11% de la población del país y corresponde al 2% de su territorio.

FIGURA 7.
PÉRDIDAS DIRECTAS ATRIBUIDAS A DESASTRES EN EL VALLE DEL CAUCA

FIGURA 7.
PÉRDIDAS DIRECTAS ATRIBUIDAS A DESASTRES EN EL VALLE DEL CAUCA



A partir de 1989 la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (DN-PAD, antes ONAD), formuló un cuestionario para los alcaldes del país en el que se solicitaba información sobre tipo, frecuencia y magnitud de eventos desastrosos. Esta información será objeto de análisis, lo mismo que el inventario (de estar disponible) sobre sitios críticos del sistema vial nacional realizado por la Universidad Nacional para el Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

Se conocen, además, otros esfuerzos institucionales y sectoriales por acopiar y procesar información sobre eventos y desastres, principalmente en entidades de atención como Cuerpos de Bomberos y Cruz Roja, o como la base de datos "Desastres-ONAD" (Henríquez, 1992). Esta última, que abarca el periodo 1938-1992, con base en información de periódicos principalmente de Bogotá, ilustra sobre algunos de los problemas relevantes en el acopio y procesamiento de la información, tomando sólo como ejemplo los reportes de personas muertas y comparándolos con algunos eventos para la región en consideración, como se desprende de la tabla siguiente.

TABLA 4
COMPARACIÓN ENTRE BASES DE DATOS (REPORTES DE VÍCTIMAS)

Departamento	1938-1992*	1970-1992**
Antioquia	93	949
Caldas	64	363
Cauca	22	>200
Chocó	6	59
Nariño	18	>200
Valle del Cauca	48	1.000

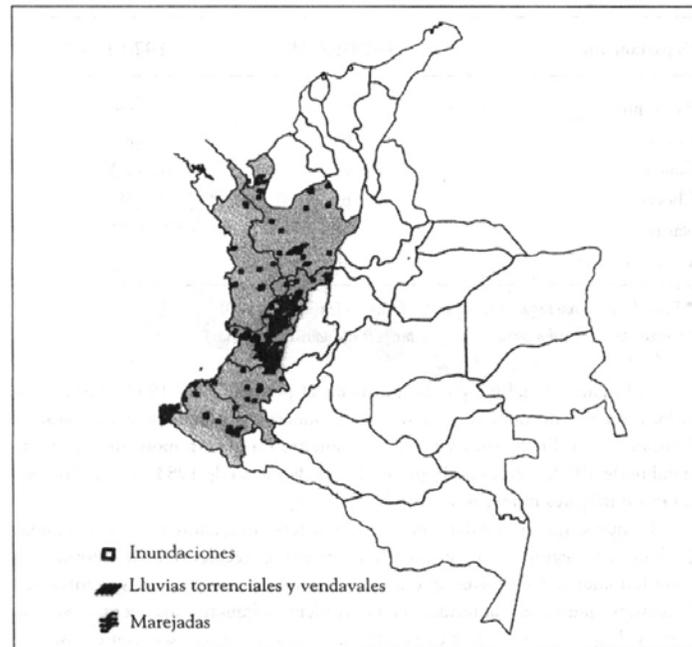
* Base de datos nacional "Desastres-ONAD" (Henríquez, 1990)

** Base de datos subregional para este proyecto (análisis preliminar).

Sólo para Medellín, y con énfasis en el periodo 1977-1988, Bustamante (1988), reporta un número mínimo de 688 muertes documentadas por causa de deslizamientos. En Nariño y Cauca, solamente en el terremoto del 12 de diciembre de 1979, o en el de Popayán del 31 de marzo de 1983, se igualan o superan los mayores números de estas bases de datos.

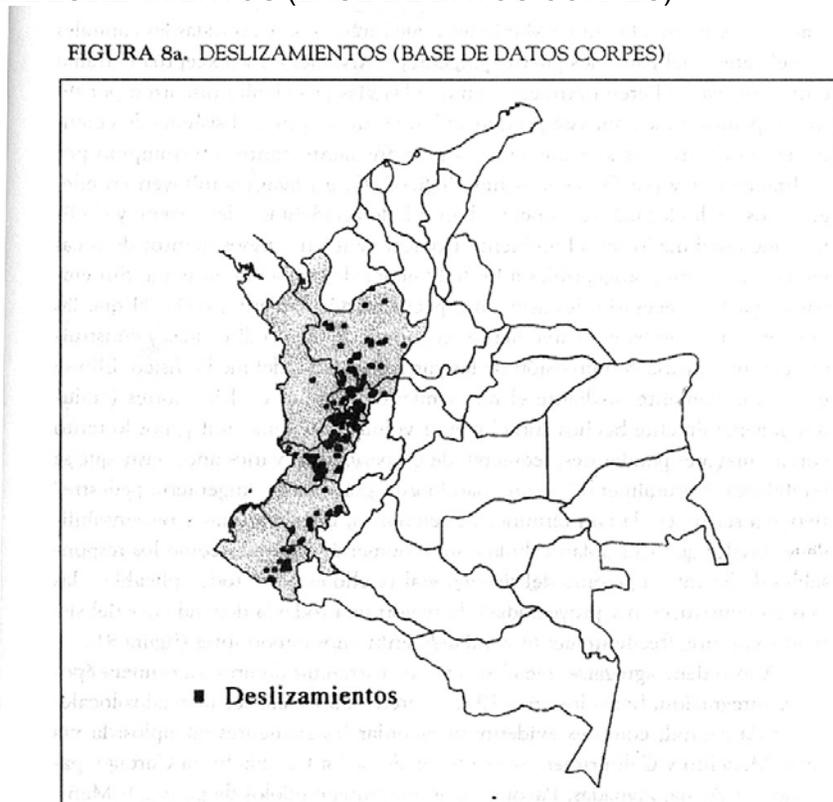
Lo que se quiere señalar con las cifras anteriores es, ante todo, la necesidad de dotar a la región de un sistema homogéneo de recolección de información sobre fenómenos y desastres, que incluya los múltiples y pequeños eventos más frecuentes, que supere la tendencia a considerar solamente los eventos "sorpresivos" y de gran magnitud, que discierna entre efectos directos e indirectos.

Sobre la base de la información hasta ahora acopiada para este proyecto, en la figura 8 se muestra la distribución de deslizamientos y de fenómenos hidrometeorológicos. Realizada con base en fuentes primordialmente periodísticas del valle del Cauca, sirve para ilustrar los sesgos e inconsistencias derivados de fuentes de información, que filtran -o para las que son invisibles- datos que trascienden su capacidad o interés de captar y reportarlos más allá de su principal área de influencia. En la base "Desastres-ONAD", nutrida con periódicos de la capital, este fenómeno ocurre similarmente: el mayor volumen de datos corresponde a Cundinamarca, cuando se desagrega a escala departamental, y a Bogotá, a escala municipal.

FIGURA 8.
FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS (BASE DE DATOS CORPES)FIGURA 8.
FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS (BASE DE DATOS CORPES)

Los sesgos e inconsistencias en las bases de datos disponibles devienen de un mayor interés o capacidad de captar información cercana a la fuente, aun para eventos de relativa magnitud, ya que éstos desaparecen más rápidamente como noticia en la medida en que aumenta la distancia al centro de la fuente periódica.

No se dispone en la región de conceptos ni de instrumentos que permitan catar, procesar y vincular sistemáticamente la información sobre el conjunto de fenómenos amenazantes y desastres en las proyecciones de planificación. Surge, entonces, como una carea la necesidad de producir orientaciones conceptuales, metodológicas y de instrumentos para incorporar la información de eventos frecuentes y poco frecuentes en el escenario de la planificación territorial.

FIGURA 8a. DESLIZAMIENTOS (BASE DE DATOS CORPES)

2. ELEMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD REGIONAL

2.1 VÍAS

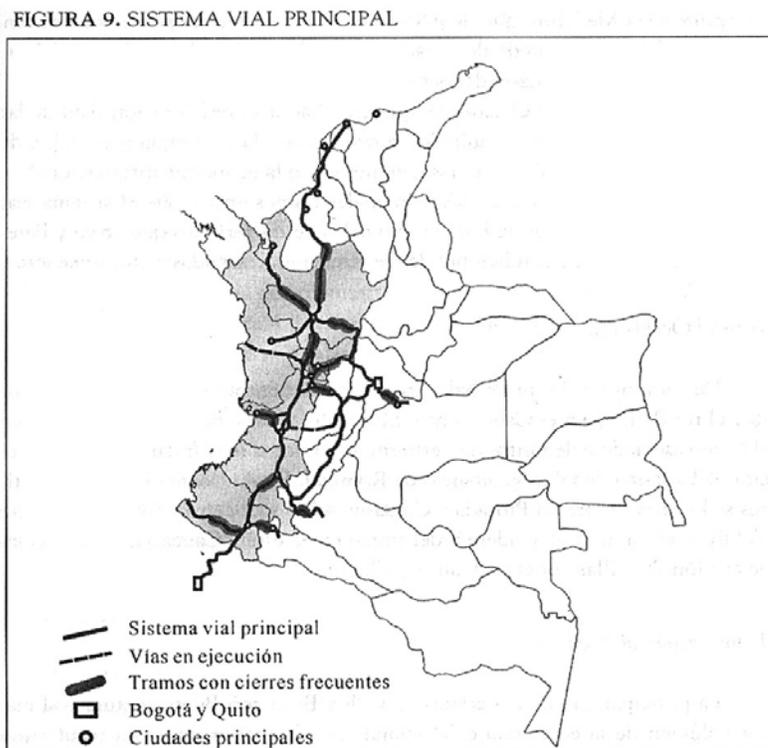
El sistema de comunicaciones terrestres de la región está gobernado por la carretera Panamericana, desde el Ecuador hasta Antioquia, y su prolongación hacia la costa atlántica, que denominaremos "troncal occidental", junto con las transversales principales hacia Bogotá y Buenaventura. Internamente, en la región andina, en cada departamento las vías secundarias se desarrollan hacia las poblaciones y áreas rurales a partir del eje vial principal, y mediante variantes -casos de Armenia, Pereira y Manizales-, que intercomunican todas las capitales con el centro del país y los puertos. Si, comparativamente, se exceptúa el tramo entre Popayán y Pereira-Armenía, en que las vías principales discurren por terrenos planos o escasamente pronunciados, en su conjunto el sistema de comunicaciones terrestres se caracteriza por ser frecuentemente interrumpido por deslizamientos y por fenómenos hidrológicos.

Varios factores influyen en ello, entre los cuales los más reconocidos han sido lo accidentado del terreno y el clima, que combinados en el ambiente tropical generan espesos mantos de rocas meteorizadas, muy susceptibles a los fenómenos de remoción en masa. Sin embargo, parece necesario destacar un aspecto menos evidente, como el que las vías, en parte con base en argumentos económicos, fueron diseñadas y construidas con una escasa comprensión de las particularidades del medio físico. Ello

se expresa usualmente mediante el razonamiento según el cual los cortes ("taludes"), generalmente hechos con el menor volumen de remoción y, por lo tanto con las mayores pendientes, requieren de un periodo de varios años hasta que se establezcan "naturalmente". Aun cuando esta práctica de "ingeniería pedestre" tiende a ser superada con términos de referencia, interventorías y responsabilidades civiles que ya no dan cabida a los fenómenos naturales como los responsables de las interrupciones del sistema vial (y ello es sobre todo aplicable a las vías en construcción y proyectadas), la región será todavía dependiente del sistema existente, frecuentemente vulnerado en tramos importantes (figura 9).

A esto debe agregarse que el sistema de carreteras durante su primera época de integración, hacia los años 1940, pretendía articular los mercados locales con cada capital, como es evidente al recordar los siguientes ejemplos: la vía entre Medellín y Cali primero serpenteaba desde La Pintada hasta Cartago, pasando por Arma, Aguadas, Pácora, Salamina, integrándolos de paso con Manizales y a ésta con Pereira, y que posteriormente siguió la ruta desde La Pintada por Supia, Riosucio y Anserma. y que sólo recientemente, debido a la necesidad de fortalecer y agilizar las relaciones entre los principales centros fabriles y comerciales, se escogió parcialmente el trazado "natural" (similar en parte al del Ferrocarril del Pacífico), por Irra; de la carretera Cali-Bogotá, uniendo a las poblaciones cafeteras del NE del Valle del Cauca (Sevilla, Caicedonia); la antigua carretera Popayán-Pasto que articulaba las poblaciones del NE de Nariño.

FIGURA 9. SISTEMA VIAL PRINCIPAL



De esta manera, tres de las principales regiones de pequeños propietarios agrarios, vinculados al cultivo del café, se dotaron de infraestructura vial y articularon su economía a los mercados regionales e internacionales (el ferrocarril había unido a Cali con Buenaventura a finales de 1915, y a principios de la década de 1920 ya conectaba a Pereira y Manizales con el Pacífico), mientras en las capitales (si exceptuamos a Medellín, que de paso ya estaba comunicada por ferrocarril con la cuenca del Magdalena desde décadas pasadas), paralelamente al auge del comercio, se sentaban las bases del desarrollo manufacturero e industrial.

Así, la Troncal de Occidente, que en su actual configuración data de las últimas tres décadas, es el resultado de cambios en la economía regional, y de tendencias de integración entre las regiones y con la economía internacional.

En la figura 9 se ilustran los principales tramos en los que el sistema vial regional presenta cuellos de botella derivados de los terrenos que cruza y heredados de sus diseños y condiciones de construcción, reseñados a continuación:

Troncal Occidental

De sur a norte, los principales tramos se encuentran en Nariño, entre Pasto y el río Patía, y en el Cauca, entre El Bordo y Rosas. En este último caso, en el tramo asociado a depósitos de vertiente sobre rocas muy fragmentadas por acción del sistema de fallas geológicas de Romeral. En Antioquia los tramos críticos se localizan entre La Pintada y Caldas y, sobre todo, entre Yarumal y Puerto Valdivia, en la montaña, además del tramo entre este y Cauca, con procesos de erosión de orillas por el río Cauca y afluentes.

Transversales al Pacífico

La principal, la vía que conecta a Cali y Buga con Buenaventura y al mayor volumen de la economía colombiana con el exterior, presenta recurrentes daños producidos por deslizamientos y caídas de rocas en el tramo encañonado del río Dagua, lo mismo que interrupciones por avenidas torrenciales de sus afluentes y por socavación de orillas. Desde el punto de vista de la prevención y mitigación de desastres en la planificación del desarrollo regional, el caso de ésta -realmente un sistema de comunicaciones, ya que incluye también al ferrocarril y al polducto-, ilustra por la negativa: la construcción de la carretera y su culminación en la década de 1970 arrojó los volúmenes de material de retiro al río Dagua, lo que indujo o aceleró procesos de erosión de orillas sobre la banca del ferrocarril y su desactivación durante varios años. Por otra parte, las luces de los puentes que cruzan las quebradas torrenciales fueron hechas sin considerar períodos de retomo adecuados para avenidas torrenciales, o lo que era previsible, que cambios en los usos del suelo de la cuenca, inducidos por la vía misma, condujeran a disminuir estos periodos de retomo.

Aun cuando de mucho menor volumen de tráfico, la otra vía disponible hasta el Pacífico es El Espino - Tumaco, con problemas de inestabilidad frecuente entre el primer lugar, y El Diviso, antes de adentrarse en la llanura costera.

La carretera Medellín-Quibdó, hasta hace muy poco la única vía carretable entre este departamento y otro, todavía es una especie de trocha con múltiples sitios inestables, principalmente entre Ciudad Bolívar y la región del Carmen de Atrato. Aún sin concluir se encuentra la carretera que unirá a la Troncal de Occidente desde Risaralda con el proyectado puerto de Nuquí en el Chocó. En razón de su cruce por la vertiente muy húmeda de la Cordillera Occidental, así como de una avanzada de colonización correlativa a ella, es previsible que en su funcionamiento no estará libre de frecuentes cierres, como ocurre con todas aquellas sobre condiciones naturales y con diseño y construcción similares.

Por último, pero dirigida hacia el Golfo de Urabá, la carretera Medellín-Turbo, con tramos muy inestables entre Santa Fe de Antioquia y Mutatá, pero principalmente entre Cañasgordas y Mutatá, y que, caso de prolongarse como carretera Panamericana, como algunas alternativas proponen, tendría que superar dificultades técnicas y de financiación para sobrepasar los terrenos pantanosos del medio y bajo Atrato.

Transversales andinas

Vía Pasto-Mocoa, con tramos peligrosos al descender hacia el inicio de la planicie amazónica. Popayán-valle del río Magdalena-Florencia, cuyo tramo más inestable corresponde al cruce de la Cordillera Oriental, por fuera de la región CORPES de occidente. Armenia-Ibagué, tramo con frecuentes cierres entre Calarcá y Cajamarca. Manizales-Honda, tramo más inestable en el descenso desde el Páramo de Letras hacia Fresno. Medellín-Bogotá, el tramo de mayores obstáculos y cierres corresponde al frente de erosión de la vertiente del río Magdalena sobre la Cordillera Central, a partir de Cocorná.

2.2. Energía

- *Eléctrica*. Capacidad instalada, producción, distribución, interconexión nacional, proyectos. Amenazas, sísmica, climatológica (El Niño, aguaceros extremos y avenidas torrenciales, colmatación, eutroficación, corrosión por contaminación, deslizamientos sobre embalses).
- *Hidrocarburos*. Producción (algo en Antioquia, impactos cuenca Magdalena, refinamiento (nada), distribución (i.e. Poliducto del Pacífico, terminal petrolero).
- *Carbón*. Producción (Antioquia, subsidencias), Risaralda (Quinchía, muy poco), Valle-Cauca (artesanal, subsidencias en Cali)

2.3. Población

Para un área equivalente al 18.3% del país, en la región se concentraba en 1985 el 38.5% de la población colombiana. De acuerdo con los datos disponibles (DANE, 1987) e investigaciones sobre proyección de población según Banguero y Castelar (1993), quienes evaluaron retrospectiva y prospectivamente la población para cada municipio de Colombia durante el período 1938-2025, las variaciones futuras de las relaciones entre el total de la población de la región CORPES de occidente y el resto del país, así como las relaciones entre las poblaciones totales de los departamentos y de sus capitales, no presentarán variaciones significativas, sobre todo en comparación con las décadas pasadas. Una síntesis de los resultados del censo de 1985 y de las

proyecciones enunciadas se expresa en la siguiente tabla, en la que se ha incorporado también la información de Bogotá:

TABLA 5

POBLACIÓN DE LA REGIÓN CORPES DE OCCIDENTE CON RESPECTO AL PAÍS (%)

	1985	2025
Total CORPES	38,5	36,5
Capitales CORPES	15,0	16,5
Bogotá	14,3	15,8

Según las proyecciones utilizadas, el porcentaje relativo de población de la región, con respecto al país, tiende a disminuir en 2%, mientras que en las capitales, con respecto a sus departamentos, se incrementa en 1.5%.

Dentro de la región, las mayores densidades de población se concentran en los territorios correspondientes a los departamentos Quindío, Risaralda y Caldas, seguidos de valle del Cauca y Antioquia, con las menores densidades para Chocó y Nariño. Considerando cada departamento con exclusión de sus capitales, en donde se concentra el mayor porcentaje para cada uno, la distribución de la población es según la tabla 6, con datos DANE (1987).

TABLA 6

DENSIDAD DE POBLACIÓN EN LA REGIÓN CORPES DE OCCIDENTE (SIN CAPITALS)

Departamento	Habitantes/ km ²
Antioquia	38
Caldas	68
Cauca	29
Chocó	3.5
Nariño	4.0
Quindío	103
Risaralda	81
Valle del Cauca	67

Por supuesto, considerando regiones metropolitanas como las del Valle de Aburrá y Pereira-Dosquebradas, así como el hecho de que en el valle del Cauca se cuenta, además de Cali, con seis ciudades intermedias importantes, las "densidades" de habitantes serían menores que las señaladas.

De nuevo, tomando como referencias los datos del DANE (1987) y de Banguero & Castelar (1993), la población según capitales es la siguiente:

TABLA 7 POBLACIÓN DE CAPITALES CON RESPECTO A CADA DEPARTAMENTO (%)

	1985	2025	Aumento
Medellín	38	38	0
Manizales	36	41	5
Popayán	20	29.5	9,5
Quibdó	33	47	14
Pasto	24	38	14
Armenia	50	60	10
Pereira	46	49	3
Cali	48	60	12

La interpretación de estos resultados puede ser múltiple y está sujeta a suposiciones diversas. Sin profundizar en ello, destacan los siguientes aspectos: para el caso de Medellín puede interpretarse que el crecimiento de la ciudad, cuyo espacio físico está prácticamente agotado, conservará la tendencia a desarrollos en altura y que un porcentaje importante de la nueva población se asentará en los otros municipios del área metropolitana; los crecimientos mayores, coincidentes con los departamentos con menores recursos (Chocó y Nariño), y también con Cauca, podrían explicarse por un mayor dinamismo de población inmigrante a las capitales en busca de resolver una o más de las necesidades básicas insatisfechas -viviendas inadecuadas y hacinamiento, falta de uno o más de los servicios básicos, dependencia económica de los hogares y desescolaridad (los más altos porcentajes de población con necesidades básicas insatisfechas en la región están en Chocó, con 82.8; en Cauca, con 61.1, y en Nariño, con 60.9, según datos del censo DANE de 1985); Armenia y Cali, con 10 y 12 puntos de aumento hacia el año 2025 contrastan con el caso de Pereira, con sólo 3 puntos, en tanto las tres ciudades disponen de ofertas territoriales para su expansión y, entre Armenia y Pereira, se esperaría un mayor crecimiento de ésta última en función de su mayor oferta de empleo en los sectores comercial, manufacturero y de servicios.

De todas maneras, en función del crecimiento real de las capitales, pero sobre todo del hecho de que ellas, según las proyecciones, albergarán en promedio más del 45% de la población regional, la mayor vulnerabilidad por concentración de población se localiza en ellas. En el numeral 3 se volverá sobre este aspecto, referido a la distribución regional de riesgos por capitales.

2.4. Industria

Con la finalidad de utilizarla como indicadores para el futuro diseño de escenarios de vulnerabilidad y riesgo, la información consolidada sobre producción en la región (DANE, 1987), desagregada según las cuatro primeras agrupaciones por departamento, ilustra sobre la diversidad de condiciones económicas entre cada uno de ellos.

Del total de la producción bruta por departamento según agrupaciones industriales (en miles de pesos), los cuatro primeros rubros eran:

TABLA 8
PRODUCCIÓN BRUTA POR DEPARTAMENTO SEGÚN PRIMEROS CUATRO RUBROS

Antioquia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tejidos y manufacturas de algodón y sus mezclas, \$68.516.837 2. Fabricación de vehículos automóviles, \$24.224.148 3. Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas, fibras artificiales, excepto plásticos, \$23.956.669 4. Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas, \$21.366.008.
Caldas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Productos de molinería, \$4.824.344 2. Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas, \$4.649.104 3. Fabricación de productos minerales no metálicos nep., \$3.903.562 4. Elaboración cacao y fabricación de chocolates y artículos de confitería, \$3.688.138
Cauca	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingenios y refinerías de azúcar, \$10.853.430 2. Imprentas, editoriales e industrias conexas, \$1.688.720 3. Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abono, \$1.368.478 4. Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas, \$629.014
Chocó	<ol style="list-style-type: none"> 1. Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas, \$414.443
Nariño	<ol style="list-style-type: none"> 1. Productos de molinería, \$ 1.948.361 2. Bebidas malteadas y malta, \$1.710.898 3. Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas, \$1.590.134 4. Industria de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas, \$886.345
Quindío	<ol style="list-style-type: none"> 1. Productos de molinería, \$9.457.094 2. Bebidas malteadas y malta, \$1.851.606 3. Fabricación de productos metálicos estructurales, \$311.615 4. Fabricación de productos de plástico, \$221.447
Risaralda	<ol style="list-style-type: none"> 1. Productos de molinería, \$13.837.584 2. Fabricación de prendas de vestir, excepto calzado, \$8.716.005 3. Productos de panadería, \$4.491.862 4. Ingenios y refinerías de azúcar, \$3.032.889
Valle	<ol style="list-style-type: none"> 1. Productos de molinería, \$46.669.364 2. Ingenios y refinerías de azúcar, \$45.318.648 3. Fabricación de pulpa de madera, papel y cartón, \$39.859.821 4. Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes cosméticos, otros productos de tocador.

	\$25.770.462
Bogotá	1. Bebidas malteadas y malta, \$56.458.739 2. Fabricación de vehículos automóviles, \$49.735.314 3. Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos, \$47.554.432 4. Fabricación de aceites y grasas vegetales y animales, \$35.895.240

Notas: Bebidas espirituosas (única industria reportada para Chocó) realmente se producen en Caldas; en éste y en los otros casos la fuente de información no incluye datos sobre minería de metales preciosos. Para Bogotá, el quinto renglón, fabricación de productos de plástico, sigue muy de cerca al cuarto, con \$35.148.545.

Con excepción de Antioquia (¡y Chocó!), todos los departamentos acusaban hacia mediados de la década pasada entre sus principales renglones productivos una importante participación del sector agroindustrial, como productos de molinería o de la industria azucarera. Sobre estos rubros, las consideraciones de amenazas naturales más generales serían las siguientes: para el caso del café, la necesidad de evaluaciones sobre la credibilidad inducida por cambios hacia especies que no requieren sembrío, con efectos de mediano y largo plazo en tasas de erosión-sedimentación y de regulación de fuentes de agua por deforestación; para la agroindustria azucarera la principal amenaza frecuente en el valle geográfico del río Cauca -las inundaciones- ha sido mitigada mediante obras de drenaje como diques de contención y, sobre todo, por la operación del embalse regulador Salvajina a partir de 1985.

Como efectos a mediano plazo se estudian fenómenos de desertificación por salinización de los suelos debido a las prácticas agrícolas de riesgo y uso de maquinaria pesada en los cultivos de caña de azúcar. En el corto plazo, la rentabilidad de estos tipos de agroindustria se ve más afectada, sin embargo, por oscilaciones de precios en el mercado internacional y por otros factores de comercialización, como pérdidas por cierre de vías.

TABLA 9

PRODUCCIÓN BRUTA TOTAL POR AGRUPACIONES INDUSTRIALES (\$000)

Dpto.	PBT	PBT/Hab.	PBT/PBT Chocó
Antioquia	482'243.949	125,35	1.163,59
Caldas	39'002.060	47,04	94,11
Cauca	16'220.070	20,58	39,14
Chocó	414'443	1,72	1
Nariño	8'077.308	7,98	19,49
Quindío	12'672.943	33,97	30,58
Risaralda	51'369.594	82,79	123,95
Valle	443'110.321	156,63	1.069,17
Bogotá	663'432.619	160,35	1.528,39

Con fuente DANE (1987), la producción bruta total por agrupaciones industriales para los departamentos de la región se muestra en la tabla 9, en la cual se han incluido dos indicadores adicionales: la producción bruta total con respecto al número de habitantes de cada uno, y un indicador como el cociente entre la PBT de cada departamento con respecto a la de Chocó.

- *Minería*: principalmente impactos por dragas (Antioquia, Chocó, Pacífico).
- *Concentraciones industriales*: valle de aburra, oriente antioqueño, Cali-Yumbo.
- *Proceso de industrialización*: aumento de amenazas tecnológicas "directas" y de segundo orden.

3. LAS CAPITALES EN COMPARACIÓN: DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE RIESGOS

Una primera aproximación para la caracterización de la vulnerabilidad y el riesgo en las capitales (figura 10), es el resultado de incorporar en una matriz comparativa datos provenientes de amenazas regionales (amenaza sísmica alta e intermedia, cercanía de volcanes activos), de la configuración espacial del entorno urbano (generador de algunas de estas amenazas, principalmente movimientos de masa e inundaciones), de disponibilidad de espacio físico para el crecimiento (que en caso de no existir o de ser escaso contribuye a doble saturación del disponible), en combinación con un factor de importancia industrial relativa (¡amenazas tecnológicas crecientes!) y, finalmente, de indicadores de población y del producto bruto total, ambos expresados como el cociente con respecto a Quibdó, la capital de menor población y de menor producto bruto. Los indicadores resultantes de riesgo son el producto de la sumatoria de los factores amenazantes por los indicadores de población y producto bruto total. También con relación a la figura 10, en las tablas siguientes se expresan, mediante atributos numéricos de valor cualitativo, los factores de amenaza: topografía, amenazas de ocurrencia más frecuente (deslizamientos, lluvias torrenciales, inundaciones, accidentes tecnológicos, incendios para el caso de Quibdó), amenazas de menor frecuencia como sismos y vulcanismo, así como un indicador de saturación del espacio físico urbano y periurbano.

FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE RIESGOS EN LAS CAPITALES CORPES DE OCCIDENTE

FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE RIESGOS EN LAS CAPITALES CORPES DE OCCIDENTE

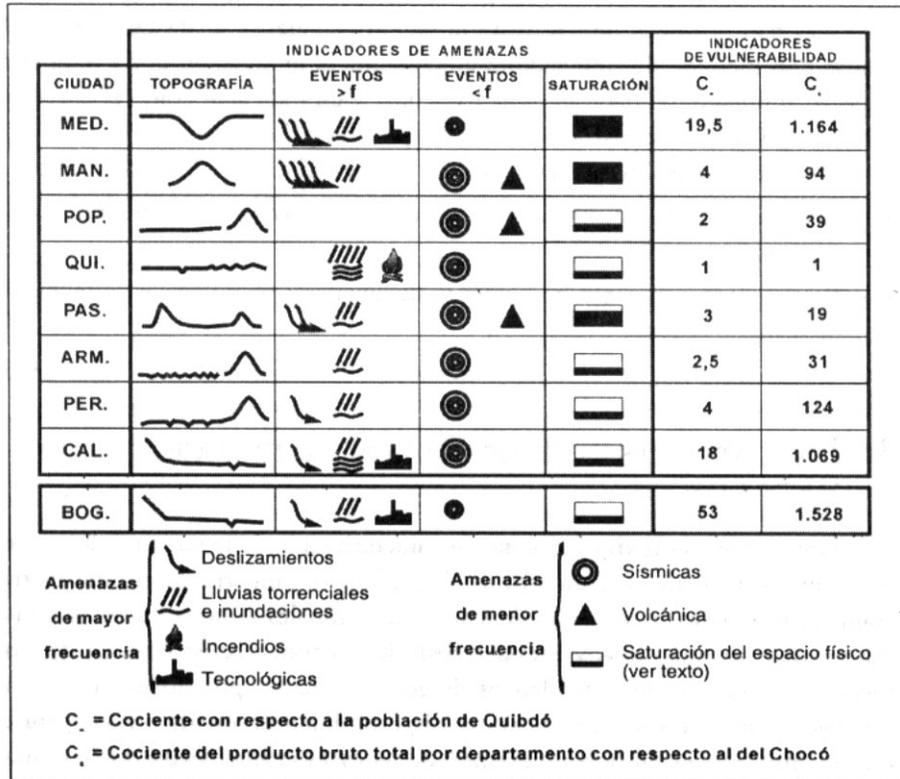


TABLA 10
 LAS CAPITALES EN COMPARACIÓN:
 INDICADORES DE AMENAZAS, VULNERABILIDADES Y RIESGOS

	Indicadores de Amenazas								Indicadores de Vulnerabilidad		Indices Relativos de Riesgo	
	Top.	Des.	LI, I.	Ind.	Sis.	Vol.	Sat.	Cp.	C\$	Rp	R\$	
MED	10	10	5	10	1	-	10	19,5	1164	897	53.544	
MAN	10	10	5	2i	10	5	10	4	94	208	10.816	
POP	1	-	5	1	10	5	1	2	39	46	897	
QUI	1	1	10	10	10	-	1	1	1	33	33	
PAS	3	1	5	1	10	10	5	3	19	105	665	
ARM	1	3	5	1	10	-	1	2,5	31	52,5	651	
PER	1	3	5	3	10	-	1	4	124	92	2.852	
CAL	1	1	10	10	10	-	1	18	1.069	594	35.277	
BOG	1	1	10	10	5	-	1	53	1.528	1.484	42.784	

• *Indicadores de amenazas*- Con respecto a los esquemas mostrados en la figura 10, son los siguientes; **Top.**, topografía: valores máximos atribuidos de 10 para Medellín y Manizales, intermedio (valor 3 por valle estrecho) para Pasto y mínimo de 1 para las demás capitales; para eventos de mayor frecuencia se asignaron así: **Des.** deslizamientos, con valores de 10 para Medellín y Manizales, 3 para Pereira y Armenia, 1 para las restantes capitales, excepto Quibdó; **LI, I.** factores hidrometeorológicos, principalmente lluvias torrenciales e inundaciones con máximos para Quibdó (lluvias), Cali (inundaciones) y Bogotá (¡heladas!), valores intermedios de 5 para las restantes; **Ind.** atributo para indicar accidentes tecnológicos potenciales con valores máximos para Medellín, Cali, Bogotá y Quibdó (para la cual se consideran los incendios urbanos no industriales). **Sis.** Se asignó el valor mínimo a Medellín ("riesgo sísmico intermedio" según el CCCSR, 1984) y los mayores al resto de capitales de la región CORPES de occidente. **Vol.** indica la cercanía a volcanes activos, con el mayor indicador para Pasto e intermedios para Popayán y Manizales. **Sat.** atributo referido a la saturación del espacio físico con menores limitantes al crecimiento o expansión de la malla urbana, con valores máximos para Medellín y Manizales, que prácticamente agotaron el espacio físico urbanizable sin restricciones, e intermedio para Pasto.

En las demás capitales, aun con limitaciones geomorfológicas, se cuenta con extensiones de terreno "urbanizables" que superan sus actuales dimensiones.

• *Indicadores de vulnerabilidad.* **Cp**, corresponde al cociente entre la población de cada capital y la población de Quibdó, según el censo de 1985. **C\$**, es el cociente entre el producto bruto total para los primeros cuatro renglones productivos por departamento y el producto bruto total del Chocó (Dane, 1987).

• *Índices relativos de riesgo.* **Rp y R\$**: corresponden al producto entre la suma de los indicadores de amenazas y la suma de los indicadores de vulnerabilidad para cada capital, en función de la población (cociente Cp). en un caso, y del producto bruto total C\$, en el otro.

Una manera más ilustrativa de representar los índices relativos de riesgo consiste en expresarlos, para cada capital, como el cociente con respecto a Quibdó. Con esta nueva comparación los índices relativos (y generalizados) de riesgo muestran, según valores ascendentes desde Quibdó (expresado como la unidad), cuántas veces en función de la población, y cuántas veces en función de los indicadores económicos utilizados, el riesgo relativo se incrementa para el resto de capitales.

TABLA 11
ÍNDICES RELATIVOS DE RIESGOS POR CAPITALES CON RESPECTO A QUIBDÓ

Capital	Rp / Rp-Quibdó	R\$ / R\$-Quibdó
Quibdó	1	1
Armenia	1.6	20
Popayán	1.4	27
Pasto	3.2	20
Pereira	2,8	86
Manizales	6.3	328

Cali	18	1.069
Medellín	27	1.622
Bogotá	45	1.296

R_p = índice relativo de riesgo respecto a población

R_S = índice relativo de riesgo respecto a producto bruto

Esta aproximación debe ser cuidadosamente considerada sólo como un indicador relativo, en función de las siguientes consideraciones:

- Igual que en la regionalización de amenazas, no se consideran frecuencias, intensidades y distribución espacio-temporal de factores incluidos. Así, eventos de baja recurrencia y gran magnitud en alguna de las capitales, o frecuentes eventos de efectos individuales pequeños, pueden hacer variar los indicadores de riesgo. En este sentido, los índices de riesgo resultantes son "estáticos". Como ejemplo, Medellín con amenaza sísmica intermedia, considerando periodos adecuados, puede ser afectada por movimientos sísmicos con grandes efectos sobre el escenario urbano y económico, mientras que en Manizales ocurren frecuentes movimientos de masa cuyas pérdidas acumuladas (¿mayores?) deben ser evaluadas con respecto a las pérdidas por sismos.
- Los factores de forma, esencialmente topográficos, no incorporan variaciones locales propios de la escala urbana (i.e., variaciones geológicas, geomorfológicas, topográficas, de impacto de usos del suelo). Además, de cierta manera otros factores amenazantes como deslizamientos e inundaciones se derivan de la topografía, de la constitución de los terrenos y de los usos urbanos del suelo, entre los principales.
- En el contexto del crecimiento proyectado de las capitales, y más aún de la concentración del producto bruto que ellas representan, los indicadores económicos utilizados, provenientes del total para cada departamento, introducen un sesgo que debe ser filtrado con información más detallada que la disponible. Tal es el caso de Medellín, con la concentración industrial distribuida en los municipios del valle de Aburra y el oriente antioqueño; de la zona industrial Cali-Yumbo, y de la industria azucarera del valle del Cauca, con poca presencia en la capital; de la región metropolitana Pereira-Dosquebradas, o, por otro lado y como caso extremo, el del Chocó y su capital Quibdó como comercializadores de licores, mas no productores.
- Además, debe tenerse en cuenta que la información utilizada data de 1985 y que, si bien puede asumirse que los indicadores generados pueden ser válidos en general, hoy en día, también es cierto que, mientras unos sectores pueden haberse dinamizado en algunas capitales, otros pueden estar en retroceso o en situación difícil, tal como los casos de los productos de molinería (incluido el café) que ocupa el primer renglón en Caldas, Nariño, Quindío, Risaralda y valle del Cauca, o el caso de Antioquia, con el primer renglón ocupado por los tejidos y manufacturas de algodón y sus mezclas.

Finalmente, entre las limitaciones que deben ser superadas por análisis más detallados, en el proceso de obtención de los resultados no se incluyen consideraciones sobre la vulnerabilidad de sistemas e infraestructura vital y productiva. El factor "saturación" se utilizó como un indicador de amenaza; en realidad, éste debería ser considerado como

un factor de vulnerabilidad y complementarse con indicadores más directos tales como densidades (y calidades) de construcciones y densidades de población.

Ahora bien, ¿en qué medida puede ser útil un ejercicio como éste? ¿A qué políticas regionales puede conducir? ¿Es viable, a partir de él, generar proyectos para resolver preguntas como, por ejemplo, pérdidas esperables en la situación actual vs. pérdidas con políticas y programas de prevención-mitigación ... ?).

4. PACÍFICO: AMENAZAS. MEDIO AMBIENTE Y PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

Pocas regiones en el mundo, y ninguna otra en Colombia como aquella comprendida por el Chocó biogeográfico, presentan una confluencia tan grande de amenazas de origen natural: sismicidad, volcanismo, deslizamientos, inundaciones, tsunamis, marejadas (fenómeno El Niño), cambios de curso de ríos (naturales y artificiales), deslizamientos, lluvias torrenciales, erosión y acreción de playas, migración de barras litorales, subsidencias, licuación de suelos. Tal parece que las condiciones tectónicas regionales en estrecha interacción con aspectos climáticos y orogénicos son, en última instancia, las causas primarias de la ebullición de tan diversas formas de vida en la región. Gentry (1990) lo expresa de la siguiente manera, refiriéndose al endemismo característico: *"Se ha especulado que existe allí un episodio de verdadero desenfreno evolutivo, en que la especiación esencialmente accidental, tiene origen en el desplazamiento genético, característico de pequeños grupos poblacionales confinados, todo ello asociado a una constante recolonización en un habitat dinámico, aislado por barreras montañosas, sujeto a lluvias torrenciales localizadas y a frecuentes deslizamientos del terreno"*.

A gran escala esta hipótesis sería objeto de investigación en aquellas extensas regiones deslizadas como efecto secundario de los terremotos de 1970 (Bahía Solano), 1971 (frontera con Panamá) y Atrato Medio (1992).

Pero la influencia de la compleja y dinámica acción de los agentes catastróficos mencionados no se limita a la especiación. En su conjunto, la vida y las actividades económicas y socioculturales interactúan permanentemente e incluso son determinadas por ellos. Tal es, por ejemplo, el caso de la vía al mar, en la cual se invirtieron cuatrocientos años de luchas "contra la naturaleza" desde el descubrimiento de la bahía de Suiz o de Buenaventura en 1525.

Puede decirse que ninguna concepción del desarrollo, ninguna política o programa, de conservación o de utilización, puede ser ajena a las variables físico-dinámicas de la región. De acuerdo con la información histórica disponible, puede aseverarse que todas las poblaciones del Pacífico colombiano han sufrido uno o varios desastres en su existencia (incluidos incendios) y que muchas de ellas han tenido que ser reconstruidas o relocalizadas en una o más ocasiones.

Uno de los fenómenos más violentos y de consecuencias en extensas áreas son los terremotos. Casi toda la región considerada por el Proyecto Biopacífico (GEF-PNUD, 1983) es aquella en la cual se ha calculado que ocurrirán las mayores aceleraciones del

terreno como producto de vibraciones sísmicas (CCCSR, 1984). La región contribuye con más del 90% de la energía sísmica liberada en el país, cuya causa primaria es el movimiento convergente de las placas tectónicas de Nazca y Suramérica. Los efectos directos, las vibraciones, encuentran cada vez más elementos expuestos vulnerables, principalmente por la utilización de materiales rígidos y tipologías de construcción andinas en viviendas y obras de infraestructura. Entre los fenómenos de segundo orden destacan los asentamientos del terreno (subsidiencias), la licuación de suelos, los tsunamis y los deslizamientos. Este conjunto de fenómenos secundarios produce alteraciones que, en los casos de las zonas más bajas -por ejemplo, los deltas-, conduce a destrucción de poblaciones, migración de cauces y a cambios en el régimen y composición de las aguas.

Entre los principales problemas identificados, propios de las amenazas mismas, de programas de desarrollo y de utilización de los recursos de la región con indicación de las problemáticas derivadas de algunos de los fenómenos catastróficos en la región, se precisan:

4.1. Amenaza por tsunami

Producto de la evaluación de un sector de la costa, entre los departamentos Cauca y la porción litoral central de Chocó, con base en inspección aérea visual (Meyer & Velásquez, 1992), con indicación de las principales poblaciones afectadas por tsunamis en 1906 y 1979, se concluye que en general toda la franja litoral baja y las riberas de los ríos se encuentra expuesta al fenómeno. El crecimiento demográfico y la concentración de vidas y bienes expuestos implica un aumento del riesgo, principalmente a partir de los últimos años.

La exposición relativa de las poblaciones ante tsunamis, por comparación con su desarrollo histórico y urbanístico está aumentando: los escasos y pequeños poblados que existían en 1906 sobre el litoral del delta del río San Juan fueron arrasados por las olas en 1906, según reportes de prensa de la época y relatos por tradición oral. Hoy, en el sector litoral evaluado, se observa una creciente utilización de terrenos amenazados para actividades urbanísticas, de servicios y turismo y, eventualmente, portuarias, como ocurre en la región al norte de Buenaventura. Hacia el sur, en el litoral nariñense en donde han ocurrido los mayores efectos, los riesgos se han incrementado, principalmente en razón del asentamiento de población en terrenos de baja mar en Tumaco (paradójicamente con el apoyo de la esposa del entonces presidente a raíz del terremoto y tsunami de 1979), y por el crecimiento de actividades portuarias y económicas (i.e., acuicultura).

4.2. Licuación

Debido a las características fisiográficas, geomorfológicas e hidrológicas (vías de comunicación naturales) de la región, en la cual predominan poblaciones asentadas sobre suelos recientes (barras y diques de arena en proceso de formación), los efectos de la licuación se traducen en pérdidas de viviendas y obras básicas de infraestructura, como se ha evidenciado en los terremotos de 1979, 1991 y 1992. En la figura 6 se ha ilustrado la distribución de los terrenos susceptibles, los cuales, en cuanto a mayor extensión, se localizan en Nariño y en el medio y bajo Atrato.

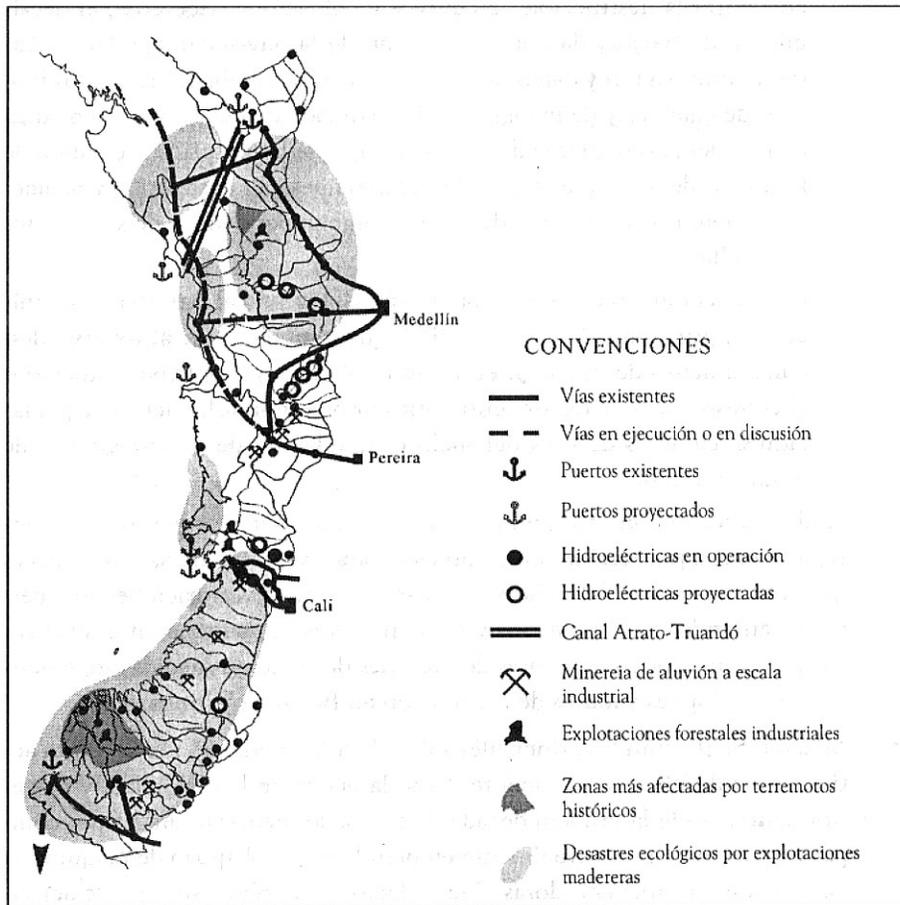
4.3. Proyectos de desarrollo e impactos actuales y potenciales

Con referencia a la figura 11, se ilustran los principales impactos actuales y potenciales derivados de programas y actividades de ocupación, explotación y de uso del territorio para proyectos de infraestructura:

- *Zonas más afectadas por terremotos:* Corresponden a las regiones con mejor documentación para algunos de los terremotos más importantes desde aquel que afectó a gran parte de Colombia y Ecuador el 31 de enero de 1906, y especialmente al litoral, desde el delta del río San Juan hasta Cabo Manglares.

FIGURA 11.
PACÍFICO: INFRAESTRUCTURA, IMPACTO AMBIENTAL Y DESASTRES

FIGURA 11.
PACÍFICO: INFRAESTRUCTURA, IMPACTO AMBIENTAL Y DESASTRES



- *Desviación de ríos:* Se señalan dos de las regiones que podrían ser las más dramáticas de una serie permanente de alteraciones de cauces con consecuencias catastróficas:

— La variación en el curso del río Patía por el Sanquianga, proceso activo desde principios de la década de 1970; ahora conocido como río Patianga, está cambiando aceleradamente, en el lapso de una generación, las condiciones de vida de miles de pobladores ribereños de poblaciones como Salahonda y Bocas de Satinga, y probablemente alterando en un "punto de no retorno" todo el ecosistema terrestre, fluvial y marino del delta del Patía y zonas de influencia. Entre los efectos más notorios se encuentra la destrucción de cultivos y poblaciones ribereñas, el decaimiento de Salahonda por disminución de la navegabilidad del río Patía, la inundación y cambios en las condiciones ambientales de los bosques de guandas y de manglar (se ha estimado que el 60% de la madera blanda del país se extrae de esta región), la sedimentación y cambios de las masas de agua que afectan la industria pesquera artesanal, y la amenaza sobre los ecosistemas de la isla Gorgona por avance de sedimentos hacia ella.

— La desviación del río Sucio por el caño Curvaradó al Atraco medio, iniciado a principios de los años 1970, que también, pese al relativo desconocimiento del tema en el interior del país, ha contribuido a alterar el ecosistema de la región, entre otras razones por aislamiento de poblaciones, cambios de usos del suelo e inundación de extensas zonas de bosque natural.

Ambos casos fueron producidos por compañías madereras y, probablemente, acelerados por fenómenos como terremotos y subsidencias. Lo cierto es que sobre estos dos "laboratorios" no se conocen investigaciones que permitan entender los fenómenos y sus consecuencias, aunque en el primero ya se han invertido centenares de millones de pesos en medidas ingenieriles como pilotajes y muros de contención en Bocas de Satinga.

- *Minería:* Se ilustran las principales zonas de minería de oro aluvial. Esta actividad, realizada artesanalmente desde la época de la conquista, y posteriormente, desde la primera década de este siglo mediante dragas por compañías extranjeras, es actualmente emprendida con el apoyo de maquinaria pesada como retroexcavadoras. Puede decirse que sobre este tipo de actividad todavía no existe una clara política regional y nacional, como se desprende de la reciente explotación masiva de una compañía ruso-colombiana en Timbiquí, o del hecho que en los últimos meses se han identificado cerca de treinta retroexcavadoras, explotando terrazas aluviales en los ríos cercanos a Buenaventura (Raposo, Aguaclara, Anchicayá), sin conocimiento oficial ni permisos conocidos por parte de las autoridades del municipio y de la región.

- *Relocalización de poblaciones en riesgo:* Los casos más relevantes se concentran en las poblaciones mayores. En Tumaco se están invirtiendo cerca de ocho mil millones de pesos para relocalizar a unas 3200 familias en alto riesgo por tsunami, muchas de las cuales se asentaron después del terremoto y maremoto del 12 de diciembre de 1979. En la actualidad se han anunciado inversiones por \$ 45.000 millones para programas de relocalización en las zonas de baja mar en Buenaventura (El País, mayo 11/94).

- *Proyectos energéticos:* En la región se cuenta con los desarrollos hidroeléctricos del río Anchicayá (Alto y BaJo) y del Calima (Calima I) en el valle del Cauca. Entre los proyectos en fase de estudios de factibilidad y diseño están Arrieros del Micay (Cauca) y Calima III (valle); en fase de estudios preliminares El Siete (tres desarrollos en el Alto Atrato, Chocó), y Penderisco, Murri y Bajo Murri en Antioquia. En el caso de los proyectos en el río Anchicayá, grosso modo, se puede evidenciar un manejo del entorno con énfasis en la protección de la selva húmeda, con acceso restringido y muy poca colonización, fenómeno a que quizás ha contribuido el que la antigua vía a Buenaventura, que cruza cerca a los proyectos, es muy poco utilizada desde hace veinte años, cuando entró a operar la segunda fase del proyecto. Los sismos de octubre de 1992 en el Atrato Medio, y los extensos fenómenos asociados de deslizamientos, palizadas, sedimentación posterior y licuación, evidencian la necesidad de evaluaciones de riesgos por amenazas naturales para este tipo de proyectos, en especial en la región del Pacífico.

- *Corredores de comunicaciones existentes:* Por sólo considerar los viales, la carretera a Tumaco -y, principalmente, a Buenaventura- todavía no han sido evaluadas en términos de los impactos que han generado. Con relación a las vías existentes y a las proyectadas sólo se dispone de conocimiento institucional y de investigaciones parciales sobre las lecciones de los éxitos y fracasos de las políticas ambientales de protección en las cuencas afectadas. Este es, pues, un campo de investigación que debe ser reforzado en el inmediato futuro, en el cual también deben ser analizados proyectos como el de navegabilidad del río Atrato, o el de Esteros en el litoral sur, y de las carreteras Medellín-Quibdó y Pereira-Nuquí.

- *Proyectos de comunicaciones:*

- Carretera Tumaco-Ecuador, la cual atravesará la parte baja de la cuenca del río Mira. Parece obvio señalar que ésta será la ocasión para una avanzada adicional de las empresas madereras y de acuicultura. Los fenómenos potenciales de origen natural más relevantes serían los asentamientos y licuación de suelos.

- Polducto Buenaventura-Buga y puerto petrolero. En su estado actual, el proyecto concibe desarrollarse a lo largo de la cuenca del río Dagua con el terminal petrolero fuera de la bahía de Buenaventura. En la figura se incluye la bahía de Málaga y la Base Naval, sobre la cual se preveían inicialmente las instalaciones, así como el trazado que preveía abrir una nueva trocha entre ésta y el valle geográfico del Cauca por la cuenca del río Calima. El trazado inicial por Calima fue objetado por organizaciones comunitarias, académicas y por el INDERENA.

- Vía a Nuquí y Puerto. Especial importancia tienen estos proyectos que aspiran a acercar la región cafetera al Pacífico, dotar al país de un puerto de gran calado y competir con Buenaventura. Los impactos principales devienen del cruce de la Cordillera Occidental, cuya vía, cruzando territorios de selva muy húmeda, se verá sometido a amenazas de cierre por deslizamientos, y a una avanzada de colonización que ya está enfrentando a las poblaciones indígena y negra con la obra.

- Proyecto carretera Panamericana. Dos trazados tentativos se encuentran en discusión. Uno que conectaría a Nuquí con Panamá, siguiendo a media ladera la

serranía del Baudó (Nuquí, Bahía Solano, Bahía Cupica, Cristal, Palo de Letras), con impactos previsibles por deslizamientos y deforestación y otra que comunicaría a Barranquillita y Lomas Aisladas (o a El Tigre con Cacarica, Cristal) con Palo de Letras, cruzando la región pantanosa del Bajo Atrato (Mejía, A., edit., 1990). Estas alternativas han considerado, también, una transversal desde Cúcuta (y Venezuela) hasta Bahía Solano o Bahía Cupica.

- Proyecto Atrato-Truandó. Esta idea ha permanecido desde hace más de doscientos años en las agendas gubernamentales. Incluye variantes tales como un puerto en la bahía de la Candelaria (golfo de Urabá), el canal navegable mismo, o un canal seco (puente terrestre interoceánico) con terraplén sobre la zona pantanosa del Atrato.

- Existen, además, proyectos para conectar más directamente a Antioquia con el Pacífico a través de una vía por Urao hasta Bahía Solano.

Debido a la importancia de las vías, tanto en las opciones de desarrollo regional e internacional como en las estrategias que hasta ahora cada subregión está impulsando (en una especie de competencia subregional que involucra al valle del Cauca y sus proyectos de unir mercados de la cuenca del Magdalena, del centro del país, de los Llanos-Amazonia, así como la nueva vía a Buenaventura y modernización del puerco de Risaralda con la vía y puerco en Nuquí, y las señaladas de Antioquia), este punto parece de especial consideración en el seno del CORPES de occidente, para incorporar en las alternativas en curso medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales y desastres. En las consideraciones sobre este asunto es necesario incorporar, además de la legislación ambiental y de prevención colombiana, los acuerdos y pactos internacionales suscritos por el gobierno nacional.

5. CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y DEPARTAMENTOS

Con excepción de Quindío, cuyo territorio corresponde exclusivamente a la cuenca del río La Vieja, tributario del Cauca, todos los departamentos ocupan territorios de dos o más cuencas hidrográficas, algunas de ellas con características físico-naturales muy diferentes.

A partir de 1954, con la creación de la CVC, se inició en el país el ejercicio de un modelo de ordenamiento y manejo territorial a través de Corporaciones Autónomas Regionales, a las que hacia finales de la década de 1960 se les asignó la responsabilidad de manejo de los recursos naturales acorde con visiones de las cuencas hidrográficas como unidades de planificación; posteriormente también con relación al Código Colombiano de Recursos Naturales y del Medio Ambiente y con la creación del INDERENA.

Las atribuciones, responsabilidades y competencias territoriales de las Corporaciones y del INDERENA no siempre estuvieron claramente delimitadas, presentándose en muchas ocasiones traslapes y fricciones interinstitucionales. En este panorama tenían también injerencia los departamentos a través de sus oficinas de planificación, los ministerios e institutos sectoriales (i.e., Obras Públicas, Minas y Energía) y más

recientemente los municipios, acorde con el nuevo régimen de descentralización política y administrativa.

Derivado de la nueva Constitución Política del país, actualmente está en curso el desarrollo del Ministerio del Medio Ambiente y, mediante la Ley 99 de 1993, se reorganizan las Corporaciones y se restringe su jurisdicción a los territorios departamentales. De esta manera, en relación con las cuencas hidrográficas como unidades de planificación, puede decirse que se ha dado un retroceso en el país, y que los retos para el manejo ambiental que incorporen entre sus estrategias centrales la prevención y mitigación de desastres tendrán que desarrollarse en un escenario institucional fragmentado. Para ilustrar los nuevos retos de coordinación y manejo que la ley impone, se presenta a continuación el inventario de cuencas por departamento, así como de las Corporaciones existentes sobre los diferentes territorios (figura 12).

FIGURA 12. CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y DEPARTAMENTOS



Antioquia: el área central corresponde a la cuenca del río Cauca y sus tributarios Porce-Nechí; la porción oriental, el llamado "frente de erosión de Magdalena", con ríos como el Cocorná, San Luis y Nare, con la Corporación CORNARE. Como unidad fisiográfica compartida por el Cauca y Magdalena, las vertientes de la serranía de San Lucas. La vertiente occidental de la Cordillera Occidental, drenando al Atrato, con la Corporación

CORPURABA, cuyas actividades se centran en los alrededores del Golfo de Urabá; la porción septentrional al Golfo de Urabá y Caribe desde la serranía de Abibe y al Norte, los nacimientos de los ríos Sinú y San Jorge (de cuyo manejo parcial se ocupa la CVS), éste último tributario del Cauca.

Caldas: vertientes del Cauca y del Magdalena, con CRAMSA, que se ocupó principalmente de manejo de riesgos en Manizales y poblaciones vecinas. En la vertiente del Magdalena se comparten cuencas con Antioquia (Samaná, La Miel) y con Tolima.

Cauca: cuencas altas de los ríos Cauca, Patía, Caquetá y Magdalena (la llamada "Estrella hidrográfica") y la vertiente del Pacífico entre los ríos Guapi y Naya. La CRC, con jurisdicción departamental, creada a raíz del terremoto de 1983 en Popayán, se ha ocupado preferentemente de la zona andina. Presenta obvio traslape territorial con la CVC.

Chocó: comparte territorios de las cuencas del Atrato y del San Juan; vertientes de la serranía del Baudó al Pacífico y de la serranía del Darién al golfo de Urabá. CODECHOCO tiene jurisdicción departamental.

Nariño: ríos San Juan-Mataje, en límites con Ecuador, Guamués y Putumayo en la vertiente amazónica, Patía, y vertientes al Pacífico en la ensenada de Tumaco y entre el río Satianga (incorporado al Patía) y el río Guapi. CORPONARIÑO, con jurisdicción departamental realiza actividades tanto en la zona andina como en el Pacífico.

Quindío: cuenca del río La Vieja, tributario del Cauca. La CRQ tiene jurisdicción departamental con vertientes compartidas con Risaralda (río Barbas).

Risaralda: vertientes de los ríos Cauca y San Juan. La CARDER, departamental, tiene acciones en todos los municipios, incluyendo a Pueblo Rico sobre la vertiente del Chocó.

Valle del Cauca: vertientes de los ríos Cauca y San Juan y del Pacífico entre los ríos Naya y Dagua. La CVC, con énfasis inicial en el Alto Cauca hasta La Virginia, presenta traslapes con la CRC. Sobre el Pacífico fue promotora de PLADEICOP, el Plan de Desarrollo Integral de la Costa del Pacífico.

REFERENCIAS

ARANGO. M. y A. VELÁSQUEZ. 1993, *Catálogo histórico sísmico para Medellín*. CAOS Asoc. para PNUD-Municipio de Medellín, Ed. Cadena, Medellín.

AZUERO. E., 1924, *El terremoto de Cúcuta 1875-1925*. Escritos referentes a esta catástrofe. Luis Pebres Cordero comp., Ed. Minerva, Bogotá.

BUSTAMANTE. M., 1988, *Los desastres de Medellín, ¿naturales?* Memorias II Conferencia de riesgos geológicos en el valle de Aburrá. Medellín.

BUSTAMANTE, M. y L. M. ECHEVERRY, 1984, *Inventario de desastres recientes de origen geológico en el valle de Aburrá*. Memorias I Conferencia de Riesgos Geológicos del valle de Aburra. Medellín, 7 p. y mapa.

CCCSR, 1984, *Código colombiano de construcciones Sismorresistentes*. Decreto Ley 1400 de 1984.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE), 1987, Colombia estadística, Vol. II, Municipal. Div. de Edición DANE, Bogotá.

GARCÍA, L. E., et al., 1983, *Estudio general de riesgo sísmico de Colombia*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá.

GEF-PNUD. 1993, Proyecto COL/92/G31 *Conservación de la biodiversidad del Chocó biogeográfico -Proyecto Biopacífico-*, Plan Operativo. BIOPACÍFICO, Santafé de Bogotá, manuscrito, versión del 2 de junio de 1993.

GENTRY, A., 1990, La región del Chocó. En: *Selva húmeda de Colombia*. Villegas Editores, Santafé de Bogotá. 200 p.

CLINE, K. M., 1977, *Reconnaissance Report August 30, 1977*. Earthquake Northwestern Colombia. Inédito, Woodward-Clyde Consultants.

CUERVO, G., L.M., 1992, *De la vela al apagón: 100 años de servicio eléctrico en Colombia*. CINEP, Bogotá, 273 p.

ESPINOSA, A., 1993, Conferencia sobre sismicidad histórica en el Seminario-Taller Popayán 10 años después. (*Grabación de W. Marín*). Popayán, marzo 1993.

HENRÍQUEZ, M., 1992, *Base de datos sobre desastres en Colombia* (Desastre-ONAD), entre 1938 y 1992.

HERD, D. G., T. LESLIE., HJ. MEYER., J. L. ARANGO.. W. J. PERSON. y C. MENDOZA, 1981, *The Great Tumaco, Colombia Earthquake of 12 December 1979*. *Science*. Vol. 211. No. 4481. Jan. 1981, pp. 441-445.

IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Mapas a diversas escalas y fechas, monografías, atlas regionales.

INGEOMINAS, Instituto Nacional de Investigaciones en Geología, Minería y Química. (1990). Mapa Geológico de Colombia, escala 1:1'500.000.

MEJÍA. A. ed., 1990. Colombia, *Antioquía y la Cuenca del Pacífico*. Gobernación de Antioquia. Edinalco S.A., Medellín. 154 pp.

MEYER, HJ. para Woodward-Clyde Consultants, 1983, *Mocroseismic studies and geophysical data for the Calima III Project*.

MEYER, HJ., Duarte, J. y A. Paraffan. 1986, *El sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983*. Cap. 4. p. 120. Ed. INGEOMINAS.

MEYER HJ. y A. VELÁSQUEZ, 1992, Aproximación al riesgo por tsunami en la costa del Pacífico en Colombia. Publicaciones ocasionales del OSSO No. 2. U. del Valle, Cali. 43 pp.

OEA, DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL. 1984, Planificación del desarrollo regional integrado: directrices y estudios de casos extraídos de la experiencia de la OEA. Washington, D.C., 236p.

OEA, DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL Y MEDIO AMBIENTE, 1991, Manual sobre *el manejo de peligros naturales en la planificación integrada para el desarrollo regional*. OEA, Washington, D.C. (versión en Castellano por el CISMID, Lima).

OEA, DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL Y MEDIO AMBIENTE, 1991, Desastres, *planificación y desarrollo: manejo de amenazas naturales para reducir los riesgos*. OEA, Washington, D.C., 80p.

OSSO, OBSERVATORIO SISMOLÓGICO DEL SUROCCIDENTE/U. DEL VALLE. Archivos sobre amenazas y desastres.

RAMÍREZ, J. E., 1967, El macrosismo del Huila. En: *Revista Javeriana*: 323-333. Bogotá.

RAMÍREZ, J. E., 1970, El terremoto de Bahía Solano. En: *Revista Javeriana*, Bogotá, No. 370: 573-585.

RAMÍREZ, J. E., 1975, Historia de los terremotos en Colombia. IGAC, Ed. Andes, Bogotá.

RUDOLPH, E. y S. SZIRTES. 1911, *El terremoto colombiano del 31 de Enero de 1906*. Traducción parcial anotada. Serie: Pub. Ocasionales del OSSO, No. 1. Universidad del Valle, Cali, 1991.

TENJO, S., 1993, Comunicación personal. Sección de Hidrogeología, CVC, Cali.

VELÁSQUEZ, A., 1990, *Apuntes y reflexiones para la historia del camino al océano Pacífico*. Documentos AIV No. 1. Asociación de Ingenieros del Valle, Cali. pp.93-100.

VELÁSQUEZ, A., 1992, Reconocimientos de campo Delta del San Juan. *Archivo OSSO*.

VELÁSQUEZ, A. y HJ. MEYER. 1990. *Un ensayo de evaluación de las amenazas, de los riesgos y de los desastres en Colombia*. AGID Report No. 13, Cap. 42. Ed. Eafit, Medellín.

VELÁSQUEZ, A. y HJ. MEYER, 1990, *Un estimativo de pérdidas por desastres en el valle del Cauca durante el decenio 1980*. AGID Report, No. 13, Cap. 41. Ed. Eafit, Medellín.

WHITE, J. E., 1884, *Volcanes del Atrato. Folletines de la Luz, Medellín*. Transcripción de original en La Estrella de Panamá (1883).; pp. 204-205.

YOUD, L., 1991, *Mapping of earthquake-induced liquefaction for seismic zonation. Proceedings Fourth International Conference on Seismic Zonation*. EERI, Stanford, CA., Vol 1. pp.111-138.

CAPÍTULO 7: ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES Y REGLAMENTACIÓN URBANA EN QUITO, ECUADOR

Ing. María Augusta Fernández

1. INTRODUCCIÓN

La zonificación de amenazas naturales en Quito, que posteriormente sirvió de insumo para la nueva reglamentación urbana, formó parte de un proyecto de largo plazo denominado "Atlas Informatizado de Quito".

El Atlas Informatizado de Quito (AIQ) fue un proyecto que incorporó permanentemente una visión global de la problemática urbana. Fue concebido, desde su inicio, como una respuesta a las necesidades propias de los habitantes de la ciudad para comprender el espacio de reproducción social, económico y ambiental. Fue creado para sistematizar la lectura de la realidad local de la ciudadanía y su gobierno municipal; por lo tanto, los grupos de decisión fueron partícipes del desarrollo.

Esta es una de las primeras experiencias de América Latina en el uso de la tecnología SIG como instrumento de trabajo. Del largo proceso seguido, aprendimos que sin un trabajo previo de selección, generación y validación de datos y de una alta capacidad de análisis del grupo, los SIG constituidos por un paquete complejo de software y su complemento de hardware no tendrían utilidad.

Como todos los proyectos que culminan exitosamente, hubo muchos problemas reales de implementación, que han quedado tras de bastidores. Aquí haré referencia sólo a aquellos directamente relacionados con el tema que nos ocupa.

Después de siete años, se alcanzaron todos los objetivos. Los resultados fueron: la creación, en el municipio de Quito, de la unidad municipal denominada "Sistema Urbano de Información Municipal" (SUIM), que *utiliza* permanentemente las herramientas científicas y técnicas desarrolladas en el proyecto; personal de las cuatro instituciones participantes, capacitado a profundidad en las bondades y limitaciones de la tecnología SIG; y un atlas de más de 400 mapas, en los que se analizan los problemas de la ciudad y se explica la metodología empleada en cada estudio.

2. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

2.1. Propósito de la aplicación

La planificación, como instrumento que pretende organizar, ordenar y regular las actividades, el espacio y el territorio, ha dado lugar a una serie de documentos de planificación sobre el territorio, que en Quito se han denominado Plan Regulador, Plan

Director, etc. En la mayoría de los casos, estos documentos han quedado para enriquecer las estanterías de las bibliotecas, sin llegar a ser verdaderos instrumentos de gestión.

Quito y sus organismos de control y de gestión deberían disponer de información actualizada que permitiera comprender periódicamente el funcionamiento de la ciudad. El proyecto "Atlas Informatizado de Quito" fue creado para aportar los elementos que permitieran a la Municipalidad hacer un diagnóstico permanente de la ciudad, partiendo de la realidad de fines de los años ochenta; y dotar a la ciudad de una herramienta metodológica para actualizar periódicamente sus datos.

La municipalidad describió del siguiente modo los problemas a los que el proyecto estaría orientado:

- Presión anárquica creciente sobre el suelo urbano consolidado y la ampliación del perímetro urbano.
- Acelerado proceso de especulación del suelo urbano que provoca la incorporación indeseable de áreas periféricas.
- Desarrollo horizontal excesivo y, por lo tanto, incremento de costos de implementación de las infraestructuras de servicios y transporte.
- Saturación del centro histórico, produciendo su deterioro, lo que contrasta con una subocupación de otras partes del suelo urbano.
- La aparición y consolidación de barrios periféricos en áreas con muchas dificultades para dotarlas de servicios.
- Acentuación del proceso de segregación social y espacial, debido al acceso selectivo, a los equipamientos y servicios.
- Desarrollo intensivo de programas de vivienda, del Estado y de las mutualistas, sin articulación neta con las zonas de empleo, ni con la disponibilidad de recursos de los grupos que más necesitan vivienda.
- Conflictos en el uso del sistema vial y del transporte.
- Repartición desequilibrada de las actividades secundarias y terciarias.
- La acentuación del papel de centro político-administrativo en los sectores de Mariscal Sucre (anteriormente de vivienda) y del parque La Carolina.
- Destrucción y transformación de los elementos naturales de protección ecológica.
- Una solución consistía en plantear al proyecto Atlas Informatizado de Quito como un Sistema de Información Geográfica a nivel de planificación, con los siguientes objetivos a alcanzar:
 - Una base de datos que contenga toda la información que el Municipio necesita para responder las preguntas más acuciantes de la ciudad.
 - Metodologías de captura, tratamiento y actualización de datos, que permitan mantener la base de datos, a bajo costo.

- Iniciar en el municipio de Quito un Observatorio Urbano Permanente que administre la herramienta SIG, para que sirva de soporte oportuno a la toma de decisiones.
- Un atlas-libro que contenga el análisis crítico, científico y técnico de la situación actual de la ciudad, que sirviera, a la vez, como ejemplo de uso de la herramienta SIG.

Personal entrenado en Sistemas de Información Geográfica, para asegurar el uso y el crecimiento de la herramienta SIG a largo plazo.

Los problemas a los que la municipalidad dio prioridad, y a los que el proyecto estaba orientado a responder, fueron enfocados en seis grandes grupos temáticos¹. Parte del tema primero fue el de los riesgos por amenazas naturales y la ocupación del espacio.

2.2. Ubicación y extensión de la región

El distrito metropolitano de Quito tiene una extensión aproximada de 4,033 km², y su población es de 1'409,845². Quito, consolidado, se extiende sobre 19,000 hectáreas, aproximadamente, con una población de 1'100.847³ habitantes, distribuidos en unas 12.000⁴ manzanas. El 11% de la población del Ecuador se concentra en el distrito metropolitano de Quito, situación ligada a su condición de capital de la república, que lo mantiene como uno de los dos polos de desarrollo del país, junto con Guayaquil⁵. Este fenómeno de concentración genera problemas a nivel interno de la ciudad y de su periferia inmediata, totalmente dependiente.

2.3. Las amenazas

El primer gran tema enfocado fue el del emplazamiento físico de la ciudad. La atención al tema se dio debido a que los problemas planteados por la municipalidad eran consecuencia del desconocimiento del espacio físico en el que se asienta la ciudad y, por lo tanto, de una gestión urbana inadecuada.

¹ Los grupos temáticos del proyecto son:

- Fenómeno urbano y limitaciones geográficas Quito y su área metropolitana Riesgos naturales y ocupación del espacio

- Articulación estructural: demografía y **socioeconomía** Características demográficas Actividades

- Sistemas, jerarquías, funcionamiento y disfuncionamiento Ubicación de los equipamientos y servicios colectivos Redes e infraestructura

- Desigualdades y dinámicas **intraurbanas**

Dinámicas de uso del suelo y tipología del **habitat** Dinámicas del mercado del suelo y de las propiedades de barrios

- Organización espacial y segregación social **Centralidad** urbana y organización del espacio

- Casos a manera de ejemplos

² Población del Cantón Quito según el censo de 1990.

³ Población del área urbana según el censo de 1990.

⁴ Dato dado por el Sistema Urbano de Información del municipio de Quito, a 1994.

⁵ Para el censo de 1992, el gran Guayaquil concentraba el 15.7% de la población nacional.

La Cordillera de Los Andes es el marco sobre el que se asienta la ciudad, a 2,850 metros sobre el nivel del mar (ver mapa 1⁶).

A continuación, se presenta una breve descripción de los fenómenos más relevantes del entorno quiteño que constituyen amenazas naturales para la urbe.

*Volcanes*⁷ (mapa 2⁸)

En el Ecuador, numerosos volcanes cerca de áreas habitadas han erupcionado durante los últimos quinientos años. Quito es una de las ciudades más amenazadas. El distrito metropolitano está amenazado por doce volcanes activos, de los cuales el Pichincha, Pululahua y Cotopaxi son los de mayor peligrosidad. Históricamente, estos volcanes destruyeron parcialmente la ciudad y el área metropolitana. Los productos más comunes de las emisiones eruptivas son: flujos de lava densa, domos, flujos piroclásticos, productos de proyección aérea (cenizas, bombas), flujos de lodo (lahares).

- *Volcán Pichincha*: de 4,794 m.s.n.m.⁹. La última erupción destructiva ocurrió en 1660. La recurrencia eruptiva del volcán está entre 350 y 500 años. Permanentemente se presentan explosiones freáticas, que cambian las dimensiones del cráter central, que han provocado la muerte de excursionistas e investigadores. Ocasionalmente, se registran cambios en la química de los gases de las fumarolas e incremento de la actividad microsísmica. La caldera está colapsada en su lado oeste, esto es, en la dirección opuesta a la ciudad; por lo tanto, la lava no la afectaría. Capas de 25 cm de acumulación de cenizas y fragmentos pequeños de pómez y roca serían suficientes para causar graves daños. Más peligrosos podrían resultar los flujos de lodo secundarios que se formarían al caer las fuertes lluvias sobre la ceniza acumulada en los flancos del volcán, que al ser movilizada se concentraría en las quebradas, ya sustituidas por alcantarillas, desbordando los flujos hacia las calles y áreas construidas¹⁰.

- *Volcán Cotopaxi*: de 6,000 m.s.n.m., con casquete de hielo desde los 4,800 m.s.n.m.. Este es uno de los volcanes más peligrosos del Ecuador, ha tenido unas 35 erupciones desde 1534¹¹. La última erupción destructiva ocurrió en 1877. La recurrencia eruptiva del volcán es de 100 años, con erupciones menores en períodos de 30 años. Sus erupciones han causado la desaparición de grandes poblaciones, y actualmente el

⁶ Fuente: Atlas **infográfico** de Quito, 1992

⁷ Los datos sobre **vulcanismo** han sido obtenidos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, de la Corporación de Investigación **Geológico-Minera** del Ecuador y del Atlas **Informatizado** de Quito.

⁸ Fuente: Atlas infográfico de Quito, 1992

⁹ **msnm**: metros sobre el nivel del mar

¹⁰ **Von Hillebrandt Q**, 1991.

¹¹ **Von Hillebrandt C**, 1991, cita a Hall, 1977.

gran Quito metropolitano se encuentra en las áreas de impacto de los lanares y las cenizas.

- *Volcán Pululahua*: de 2,800 m.s.n.m., tiene una caldera de 5 km en forma de herradura abierta hacia el lado opuesto de la ciudad. Su última erupción ocurrió hace 2,325 años¹² Se ha calculado una recurrencia de 2.000 años para este volcán. En una futura erupción, las poblaciones de San Antonio de Pichincha, Calacalí, Pomasqui y el norte de Quito podrían ser afectadas por acumulaciones de material piroclástico. Debido a lo árido de la zona, los flujos de lodo no serían muy voluminosos. Sin embargo, los flujos piroclásticos podrían causar el represamiento de los ríos, que al romperse inundarían las zonas aguas abajo.

*Hidrometeorología y Morfodinámica*¹³ (mapa 3¹⁴)

Dentro del límite urbano de Quito se contabilizan alrededor de 85 quebradas; el 80% de los cauces naturales ha sido reemplazado por alcantarillas y rellenos.

Las inundaciones que se presentan en varios sitios de la ciudad traducen directamente la insuficiencia de la red de drenaje cuando se producen fuertes precipitaciones. Las aguas que exceden la capacidad de las alcantarillas toman las calles en pendiente y se acumulan algún tiempo en transversales y en zonas bajas; alcanzan 30 a 60 cms de altura. La extensión varía en algunas manzanas de barrios en pendientes débiles. Se registraron 226 eventos desde 1900 a 1988; generalmente ligados con el trazado de las quebradas, actualmente rellenas. Los daños son poco importantes: plantas bajas mojadas, algunas viviendas precarias dañadas o a veces destruidas, desgaste acelerado de las calzadas; en todos los casos, paralizan la circulación.

Los aluviones son menos frecuentes -70 registrados desde 1900 a 1988-, pero más destructores que las inundaciones. Se depositan capas de 30 a 60 cm de espesor, piedras, bloques, troncos de árbol. La extensión varía de algunos centenares de metros hasta 4 km. Los daños más frecuentes son destrucción parcial de viviendas, vehículos y red vial, taponamiento de la red de alcantarillado en superficies importantes y, a veces, pérdida de vidas humanas. Son accidentes de la periferia de la ciudad, ligados al trazado de las quebradas. Los flujos corresponden en casi todos los casos a aluviones ligados a violentos aguaceros muy localizados de recurrencia decenal o mayor.

Los hundimientos de calzada, debido a rupturas de alcantarillas defectuosas, ubicadas en material de relleno de antiguas quebradas -36 eventos desde 1900 a 1988-, son accidentes espectaculares y marcan de manera particular la memoria colectiva. Su mecanismo está ligado a la erosión subterránea: al producirse una precipitación, bajo la presión alcanzada por las aguas en los sectores de fuerte pendiente, la ruptura de un

¹² Von Hillebrandt Q, 1991, cita a Hall, 1977.

¹³ 13 Datos provenientes del Atlas **informatizado** de Quito.

¹⁴ Fuente: Atlas informatizado de Quito, 1992.

colector de alcantarilla produce un flujo paralelo al colector en materiales poco compactos de relleno de una quebrada. Este flujo prosigue con un lento trabajo de erosión y cava progresivamente la superficie bajo la calzada; durante un cierto tiempo, ésta resiste gracias al apisonamiento de las capas superficiales. La bóveda cede bruscamente, a veces bajo el peso de un vehículo, y abre en las avenidas hondonadas espectaculares (derrubios subterráneos), que pueden alcanzar 20 m de profundidad e igual ancho, en 150 m de largo.

CUADRO 1

ACCIDENTES MORFOCLIMÁTICOS REGISTRADOS (1900-1988)

Zona construida	Número de accidentes			Total ¹⁵
	Antes de 1900	De 1900 a 1947	De 1947 a 1988	
Inundacione	89	82	62	163
Aluviones	24	18	31	70
Derrumbes	56	21	38	114
Hundimiento	21	6	9	36
Total	190	127	140	383

Fuente: Atlas Informatizado de Quito, 1992.

Los derrumbes son accidentes frecuentes -114 inventariados de 1900 a 1988-, muy puntuales, que afectan a barrios construidos en pendientes fuertes. Los derrumbes llevan a su paso viviendas o encierran aquellas que se encuentran hacia abajo. Están ligados al debilitamiento de la cohesión de las cenizas volcánicas que forman el suelo sobre el que se asienta la ciudad. Este debilitamiento se da, generalmente, por la saturación de humedad en los taludes. No se trata de lodo, sino de masas de tierra húmeda al borde de taludes mal apuntalados y mal drenados, que al colapsar recorren pequeñas distancias. Son los accidentes que producen más muertes.

Capacidad portante de los suelos de Quito

Si bien el suelo no es una amenaza en sí, el mal uso que se dé a su capacidad de soporte puede convertirlo en amenaza¹⁶. El mapa de Geotécnica y Posibilidades de Construcción (mapa 4¹⁷) no aporta ninguna revelación particular capaz de obviar los respectivos estudios in situ sobre las cualidades de constructibilidad del suelo donde se va a edificar, pero permite comprender el espacio físico según sus características geotécnicas y aptitudes mecánicas para soportar una construcción.

Las conclusiones se reflejan en el cuadro 2.

¹⁵ Sin doble conteo por zona de crecimiento, aunque en la misma se hubieren presentado dos o más eventos. Se tomó el evento inicial.

¹⁶ Fuentes generadoras de estímulos, como son las tectónicas, hacen que el comportamiento de los suelos en condiciones dinámicas cambie. Aquí se hace referencia a las limitaciones de los suelos, sin que intervengan estímulos externos.

¹⁷ Fuente: Atlas infográfico de Quito, 1992.

CUADRO 2
CARACTERÍSTICAS GEOTÉNICAS Y APTITUDES MECÁNICAS
PARA LA CONSTRUCCIÓN

Zona	Problemática	Recomendaciones
Muy favorable	Buenas condiciones del suelo para construcción. Ausencia de niveles freáticos en las cotas de cimentación.	Maquinaria simple. Posible mejoramiento del suelo.
Favorable	Problemas que limitan el grado de constructibilidad. Regulares características del suelo para construcción: capacidad portante y Resistencia al corte de 0.8 a 1.4 kg/cm ² , índice de liquidez entre 0 y 1 y pendientes de hasta 40%. Ausencia de niveles freáticos en las cotas de cimentación.	Maquinaria simple. Reemplazo o mejoramiento del suelo. Limitadas obras de protección. Estudios geológicos y geotécnicos.
Desfavorable	Características similares a las de la zona anterior pero con los siguientes problemas: fallas, niveles freáticos en las cotas habituales de cimentación y pendientes de hasta 70%. Sondeos mecánicos, geofísicos.	Maquinaria pesada. Reemplazo o mejoramiento del suelo, construcción de taludes y de muros de contención.
Muy desfavorable	Problemas geomorfológicos y desfavorable geotécnicos insuperables o en ciertos casos superables a un costo elevado, pendientes muy inestables, fallas, túneles y rellenos. Suelos con capacidad portante y resistencia al corte, bajos y con alto índice de plasticidad.	Maquinaria pesada. Construcción de taludes, muros y retenedores. Estudios mecánicos y geofísicos detallados.

Sismicidad (mapa 5¹⁸)

Los terremotos en Quito están asociados con la tectónica de placas, la sismicidad local y el volcanismo activo.

¹⁸ Fuente: The Quito, Ecuador, [Earthquake Risk Management Project](#).

El último terremoto que afectó Quito ocurrió el 6 de marzo de 1987. A pesar de que el terremoto ocasionó aproximadamente 1,000 muertes y US \$700 millones de pérdidas fuera de Quito, los daños resultaron menores en la ciudad.

Sin embargo, en los 250 años anteriores Quito ha sido sacudida por varios terremotos muy fuertes. Cuatro produjeron movimientos de tierra que impedían a la gente mantenerse en pie. Estos cuatro terremotos ocurrieron en 1755, 1797, 1859 y 1868, cuando en Quito apenas vivían unas 45,000 personas, en una superficie menor a los 4 km². Desde entonces Quito ha crecido más de 25 veces en población y aproximadamente unas 70 veces en área. Los esfuerzos por acomodar este crecimiento han dado lugar a una proliferación de edificaciones pobremente construidas, y la ocupación de zonas peligrosas. El diseño y la construcción sismorresistente no son comunes, y no se hace un seguimiento estricto de la aplicación del código de la construcción; además de no ser adecuado para la ciudad. Existen estructuras en sitios inestables, como las quebradas rellenas de materiales poco compactos. Laderas de fuertes pendientes, anteriormente inhabitadas, ahora están densamente ocupadas.

Por estos cambios recientes y dramáticos, los eventos anteriores no pueden servir como elementos para evaluar el impacto del siguiente terremoto destructivo en el Quito moderno. Todo el suelo de la ciudad está comprometido, aunque el comportamiento de los suelos varíe según las características de cada fuente sísmica. Un gran terremoto en la actualidad afectaría no solamente a gran parte de la población urbana, sino también a los diferentes tipos de construcción, sean éstas de media o gran altura.

2.4. Las vulnerabilidades

Las amenazas forman parte de la cotidianidad quiteña. Pero estas amenazas incrementan su peligrosidad por las vulnerabilidades que las acompañan.

Vulnerabilidades físicas

- Volcanes

Los productos que con mayor probabilidad pueden afectar al gran Quito son las cenizas y las coladas de lodo o lahares.

El primer punto vulnerable es la localización. Aquellos barrios asentados junto a redes de drenaje natural o modificado, o sobre los abanicos o conos de deyección del volcán, serían afectados por el arrastre de material lodoso que los destruiría. Estas áreas de impacto están ocupadas por barrios de diverso nivel económico. Existe una competencia, por la ocupación de las zonas cercanas a las redes de drenaje de los volcanes, entre las grandes inmobiliarias que promueven barrios residenciales de lujo, de una parte, y de otra, las familias desposeídas que encuentran en estos grandes espacios "desocupados", aparentemente, una alternativa a su déficit habitacional. Ante estos dos grandes grupos, la municipalidad intenta defender dichos espacios como áreas de protección ecológica.

Las obras de mitigación, como techos construidos para resistir columnas de cenizas de 15 y 25 cm de espesor, control de caudales y manejo de escorrentía, son prerrogativa

de las edificaciones de los grupos pudientes. Aun enfrentando un desastre, su saldo tanto social como económico sería de todas maneras a favor.

Los grupos sociales cuyo único patrimonio se encuentra en los lugares afectados, pierden su vivienda precaria, el espacio que ocupaban, la fuente de trabajo, su salud. Para ellos, es realmente el desastre. Para los que no pueden cambiar de ubicación, en Quito, no hay alternativa.

- Hidrometeorología y Morfodinámica

Como en el caso anterior, las inundaciones, los aluviones, los derrumbes, los hundimientos, son eventos que no respetan estatus económico ni social en la comunidad quiteña; están asociados, sobre todo, a las profundas transformaciones de que ha sido objeto el drenaje natural de la cubeta de Quito. Pero sí es evidente que el impacto de estos eventos es más frecuente (ver mapa 3) en aquellas áreas donde los poderes locales han invertido menos o no han invertido en obras de control y manejo de laderas y drenajes, por ser tierras de menor plusvalía, donde se ubican los mas desposeídos.

La municipalidad exige un retiro de 10 metros desde la orilla de los cauces de las quebradas, por ser áreas inestables y sujetas al impacto de los aluviones. Los bordes de los cauces altos, que permanecen abiertos, son ocupados por viviendas precarias que se sitúan allí con la seguridad de que, al ser tierra municipal, no serán desplazadas, poniendo en último plano la posibilidad de colapso de los muros naturales que encauzan las aguas de las montañas. A la vez, las actividades humanas que desarrollan, sin las obras técnicas necesarias, hacen que estas áreas se conviertan también en amenazas para los habitantes aguas abajo.

Cuando las quebradas son rellenadas, los espacios que deben quedar como áreas verdes, de acuerdo al Reglamento Urbano, son utilizados por personas o inmobiliarias inescrupulosas que no toman en cuenta el hecho de que, en eventos excepcionales, el exceso del material arrastrado en los aluviones tiende a retomar su cauce original, socava el relleno o rompe la tubería para encauzar el agua, provocando, en no pocos casos, la pérdida de vidas, y el colapso de casas, infraestructuras y otros bienes materiales.

- Capacidad portante de los suelos

Las zonas de baja capacidad portante están relacionadas con los rellenos de quebradas; otras se ubican al sur de la ciudad y en los abanicos aluviales. Las áreas al sur de la ciudad han sido sujetas recientemente a presiones de ocupación. Su nivel freático cercano a la superficie les permitía mantenerse en la producción agrícola y como ejidales¹⁹. La ocupación de suelos de baja capacidad portante ha sido estimulada por la municipalidad, mediante un proyecto específico de vivienda popular y de un proyecto del Banco de la Vivienda. La respuesta natural de la población de no ocupar estos suelos, ha sido cambiada por la oferta gubernamental de vivienda. Esta vulnerabilidad es reciente. Si la cimentación en áreas cenagosas y de poca capacidad

¹⁹ Áreas de uso comunitario para pastoreo, actividad común en las familias de las áreas **periurbanas**, o para recreación familiar.

portante no es la adecuada, el tiempo va a provocar su deterioro y posible colapso. Sólo nos queda esperar.

- **Sismicidad**

La solución tecnológica difundida es la construcción sismorresistente, de acuerdo al Código de la Construcción. Pero aquí se dan dos vertientes del problema: la primera es la validez del código y la segunda quiénes lo aplican. Debates permanentes, sin visos de solución, se entablan en torno al Código de la Construcción, que rige en Quito y gran parte del país. El Código vigente es el resultante del conjunto de modificaciones que ha pasado el Código, copiado de Los Angeles del año 1974. La falta de información del comportamiento de los suelos y de las edificaciones por las carencias de instrumentación, y la carencia de liderazgo y coordinación del sector de la construcción para enfrentar este tema, no han permitido, hasta la actualidad, dar una respuesta a este viejo problema.

Independientemente de la calidad del Código de la Construcción, cabe resaltar que más del 50% de la construcción de viviendas en Quito se desarrolla dentro del mercado informal. Sería muy difícil tratar de precisar cuántas de las edificaciones han sido construidas siguiendo normas sismorresistentes.

Las áreas de mayor vulnerabilidad coinciden con las edificaciones de adobe, que en su gran mayoría son vetustas, localizadas en el centro histórico. Las generadas por autoconstrucción, que en Quito se desarrollan sin tecnologías apropiadas, y aun las de concreto, sin estructuras sismorresistentes, están dispersas en toda la ciudad, con concentración en los barrios del anillo periférico, donde se ubican los grupos sociales menos favorecidos.

Vulnerabilidades de contexto²⁰

Un denominador común es la debilidad de los grupos sociales menos favorecidos para resistir situaciones de crisis, a las que están expuestos con más frecuencia que los grupos sociales que viven con márgenes de seguridad más amplios.

Tratar de explicar las vulnerabilidades con visión holística no es posible por ahora; nos remitiría a escribir tratados sobre la problemática global que enfrenta nuestra sociedad. Pero el inicio sí es identificable: puede estar en nuestra negación cultural, que parte del desconocimiento y, por ende, del rechazo a identificarnos como somos. Los modelos de desarrollo implantados están tan lejanos de las mayorías "auténticamente locales" que, antes de iniciar el proceso, ya están expulsadas del sistema.

Voy a detenerme sólo en puntos vulnerables relevantes, dentro de las grandes similitudes que nos marcan en América Latina.

²⁰ Ver 3.1. Modelos conceptuales de riesgo en este documento

- Educación

La educación es el punto más importante, porque ésta potencia la vulnerabilidad ante cualquier amenaza cuando no se sabe cómo actuar, cómo estar protegido o cómo prevenir cualquier acción que la tome dinámica.

Si la educación formal tradicional no llega a las mayorías, a los grupos marginados, ¿cómo democratizar el conocimiento sobre amenazas naturales? El porcentaje de analfabetismo es de 7%, esto se refiere a las personas que no saben leer ni escribir; pero, en nuestra sociedad, el analfabetismo está presente en grandes grupos de población aunque sepan leer y escribir. El acceso a la educación no está limitado sólo por la disponibilidad de escuelas y profesores, sino también por lo que para las familias de escasos recursos son prioridades vitales, como la generación de ingresos. Otro elemento potenciador del analfabetismo es la calidad de educación que se da en las escuelas, formación que desorienta por los patrones de conducción que asumen los profesores y que conduce a admirar "afuerismos", ignorando los valores locales, despertando expectativas que nunca se alcanzan y creando resentimientos sociales.

Mientras la educación sea patrimonio de unos pocos, la ignorancia seguirá haciendo la diferencia entre la vida y la muerte. Existen algunas iniciativas de capacitación. La incorporación de la "preparación frente a desastres" dentro del currículo de estudios de la educación formal es un proyecto en desarrollo entre el Ministerio de Educación y la Defensa Civil. Cursos de educación para adultos y programas de preparación para emergencias son ofrecidos por agencias de cooperación. Los programas de educación en el tema de prevención y atención de desastres son esporádicos y llegan a grupos seleccionados. Falta mucho para llegar a una democratización de este tema, no sólo en Quito, sino en el todo el país.

- Instituciones

Las instituciones públicas y privadas juegan también un papel importante en el debilitamiento de la sociedad quiteña. En lo que se refiere a aquellas organizaciones de control, el problema es de "ida y vuelta": reglamentación de comportamientos que no forman parte de la cotidianidad, y cotidianidad no reglamentada. Son capas que se mueven paralelas, y no llegan a fusionarse. Esta es una clara manifestación del desconocimiento que tenemos de nosotros mismos, de quiénes somos, y que, con la globalización que vivimos hoy, se va haciendo cada vez más difícil alcanzar.

Palabra desgastada es la "coordinación", no por el uso aplicado que se le ha dado sino por la falta de credibilidad que proyecta. Caso típico es la incomunicación entre los organismos de apoyo al desarrollo y las entidades reguladoras, empezando por los poderes nacionales, cuyos modelos de comportamiento se reflejan también a nivel local. Nada se puede decir del grupo dirigente del sector privado productivo, que está muy lejos de alcanzar la madurez necesaria para comprender que el contacto con la sociedad no es sólo para sustraerle su fuerza de trabajo y sus recursos. En nuestra cultura, basada en la desconfianza, está muy arraigado el instinto de atesorar la información, como si el éxito estuviera en almacenarla. Todavía los quiteños no hemos comprendido que el poder no está en quién tiene la información, sino en quién la sabe usar.

Problemas multisectoriales, multidisciplinarios, interinstitucionales son los retos que asumen sólo los "valientes", y por cierto esta especie tiene pocos ejemplares en nuestro enclave andino.

- Patrimonio cultural

Quito, Patrimonio de la Humanidad, guarda en su seno unas 200 hectáreas de edificaciones que datan de 1534 y sirven de regocijo a los turistas que visitan la ciudad y pueden encontrar, en el paisaje urbano, capítulos de la historia de la conquista que aún siguen vivientes. Casonas vetustas, iglesias monumentales son el orgullo de los quiteños.

Pero poco se dice del costo que este monumento implica para la quiteñidad. Las mayores inversiones del gobierno local están dedicadas al mantenimiento del centro histórico, por lo cual los limitados recursos, que podrían estar a disposición de un número mayor de la población, están comprometidos en la preservación y rescate de nuestra historia.

Al ser edificaciones vetustas, con restricciones para ser modificadas, los propietarios han sido sujetos de un desestímulo de inversión. La rentabilidad más simple se la alcanzaba arrendando cada cuarto como espacio para una o más familias. Estos lugares se convirtieron en espacios ideales de hacinamiento, donde llegan los migrantes sin recursos en búsqueda de la riqueza que en su lugar de origen no encontraron. Ésta es la primera estación en la gran ciudad. Con el tiempo, los migrantes que "progresan" se trasladan hacia los cinturones de miseria que rodean la ciudad.

En la actualidad, el municipio está adquiriendo algunas de las edificaciones para convertirlas en lugares que presten servicios a la comunidad.

Existen programas de rescate social de las familias que viven en tugurios. El alcalde de Quito del período 1992-1996 trasladó su residencia hacia el pleno centro de la ciudad, como muestra de lo que podría hacerse con nuestro patrimonio. Como he repetido en este documento, los resultados sólo se verán en el largo plazo.

- Jerarquización socioeconómica en el espacio geográfico (ver mapa 6²¹)

La presentación de las vulnerabilidades de la ciudad no sería comprensible si no hacemos un recorrido socioespacial por ella. Quito se caracteriza, desde la colonia, por conjuntos socioespaciales relativamente homogéneos, pero fuertemente contrastados. Destacan del resto de la ciudad los barrios que gozan de excelentes condiciones y se imponen por su verticalidad o sus jardines. Se distribuyen en barrios casi exclusivamente residenciales o en barrios esencialmente de negocios, que alojan a la mayoría de casas matrices de grandes empresas comerciales o de servicios. Se impone, de manera casi imperiosa, el núcleo de negocios situado en la parte centro-norte de Quito, provocando una rápida mutación del espacio urbano que abarca.

Así, la Quito "rica" no se ha implantado en el norte por casualidad, ni como consecuencia de una lenta segregación socioespacial. Es más bien el resultado de una

²¹ Fuente: Atlas infográfico de Quito, 1992

serie de factores selectivos de los cuales el más influyente ha sido, al parecer, una voluntad planificadora nacida en 1940 y constantemente afirmada por el municipio. Si el norte ha sido privilegiado, hay que tener en cuenta las ventajas del sitio, la disponibilidad de terrenos municipales urbanizables, los proyectos de centro de gobierno y aeropuerto.

En contraste, el sur ha presentado al mismo tiempo una triple desventaja: un sector industrial que agrede al ambiente; el refuerzo programado de la implantación de barrios obreros sin los servicios adecuados, y el obstáculo del Panecillo, que lo separaba, y aún lo separa relativamente, del centro de Quito. El sur fue designado para los grupos de medios a bajos recursos. Pasando el umbral del Panecillo, el plan de 1945 preveía establecer un polo de desarrollo urbano. Este vio iniciarse su ejecución al ampliarse los barrios antiguos de La Magdalena, Santa Ana y Villa Flora. El conjunto, así renovado fue construido con el afán de separar las viviendas del sector comercial; asegurando, de ese modo, condiciones de vida satisfactorias a personas de ingresos modestos. Actualmente, son barrios residenciales convertidos en centros comerciales.

Resguardado por el Panecillo, el centro histórico alberga a una población de bajos recursos. Comparte esta característica con sus prolongaciones geográficas inmediatas, presentando una continuidad morfológica muy cercana hacia el sur y oeste de la ciudad. Como se explicó anteriormente, su condición de "Patrimonio de la Humanidad" la ha marcado, deteniéndola no sólo en el espacio y en el tiempo, sino en el crecimiento social y económico. En los espacios medios de la ciudad, se encuentran barrios reservados para las clases medias. Es el caso de La Floresta, La Vicentina, Mariscal Sucre, el Dorado, La Alameda y Larrea, entre el centro de negocios y el centro histórico. Fueron los barrios nuevos de inicios de siglo, y acogieron al principio a la población que ocupaba antiguamente el centro histórico. Sin embargo, progresivamente, sus primeros ocupantes vieron disminuir sus ingresos y optaron por permanecer en esos barrios, que perdían valor, o emigrar más hacia el norte, siendo reemplazados por residentes menos afortunados. Son barrios muy integrados a la ciudad, próximos a los lugares de actividades terciarias.

En los extremos norte y sur de Quito encontramos espacios fácilmente urbanizables, que con seguridad serán ocupados a mediano plazo por poblaciones de ingresos aceptables, incluso elevados. En cambio, en los límites oeste y este de la ciudad, en pendientes no equipadas, poco propicias a una urbanización integrada, los espacios están poblados por habitantes de ingresos extremadamente bajos; serán, aún por largo tiempo, barrios separados, abandonados, expuestos a la ocupación desordenada, y socialmente marginados.

2.5. Síntesis de amenazas y vulnerabilidades (ver mapa 7)

La visión globalizada de las amenazas sobre el espacio construido de Quito nos reveló, con gran evidencia, que ningún lugar de Quito está completamente al resguardo de pérdidas por el impacto de amenazas naturales. El barrio que parece estar sometido a todos los riesgos con una intensidad máxima, es el de Tarqui, implantado en el sur, en las pendientes del Pichincha, entre los 2,850 y 2940 m.s.n.m. Este barrio se presenta

como expuesto a todos los peligros naturales, y cabe preguntarse cómo se permitió su edificación.

Hay que anotar que los espacios más empinados están a merced de las perturbaciones morfoclimáticas, que constituyen verdaderos riesgos anunciados por las pobres condiciones de habitat que ahí existen. Los accidentes morfodinámicos son los más frecuentes.

Las áreas construidas que podrían sufrir del volcanismo parecen más extensas. Corresponden a todas las pendientes bajas del Pichincha, vulnerables a los flujos de lodo y a las lluvias de cenizas. Los barrios cercanos al aeropuerto y al centro de negocios de la ciudad se verían paralizados, temporalmente, por el impacto de los productos volcánicos citados. Pero el mismo volcán, justamente el relieve del segundo conjunto del macizo, protege a la ciudad de las lavas.

Los riesgos sísmicos son los que afectarían a la totalidad de la ciudad. Al parecer, son las partes bajas, de suelos limo-arenosos, las más amenazadas; así como aquellos correspondientes a conos de deyección, por los que hay más que temer. Aquí, la diferencia del impacto está marcada por el tipo de construcción más que por su localización espacial. El peligro potencial es menor en los lugares no construidos; lo cual es evidente, ya que el riesgo se incrementa en función de la vulnerabilidad. Pero esto también significa que las lotizaciones que se están iniciando van a cambiar la clasificación de estos lugares hacia el grupo de los de mayor riesgo. Parte de las instalaciones de salud, sobre todo los tres hospitales más importantes de la ciudad, están localizadas en los sectores de riesgos medianos o elevados, y podrían, por lo tanto, ser ineficaces en caso de un desastre. Los problemas de circulación en el centro histórico de Quito y el difícil acceso a los barrios, tanto por calles muy empinadas como por escalinatas y callejones en el caso de San Juan, El Tejar, San Roque y La Tola, amplificarían sin duda los efectos catastróficos de un sismo de fuerte magnitud.

3. MODELOS CONCEPTUALES

3.1. Modelo conceptual de riesgo

Al trabajar con la herramienta tecnológica SIG, las interpretaciones de las realidades tuvieron que ser traducidas a modelos matemáticos, unos con más y otros con menos fuentes de información. En esta parte se realizará una sintética descripción metodológica del trabajo.

La caracterización del riesgo (ver mapa 7), para efectos de la aplicación a la que hacemos referencia fue tratada como:

$$R = Sf(ViAi)$$

R = riesgo

A = Amenaza

V = vulnerabilidad social (densidad de población, tipología del habitat, modos de composición urbana)

El riesgo fue planteado como la sumatoria de cada función entre amenaza natural y vulnerabilidad social. Nótese que no se cuantificaron las pérdidas y que el riesgo quedó identificado, sobre todo, por la localización de los daños probables que podría sufrir, en una escala bastante general.

Esta primera aproximación de la función entre las amenazas y la vulnerabilidad dio como resultado, a despecho del título utilizado²², una caracterización global de vulnerabilidades a las amenazas naturales. Resultado válido para la toma de decisiones relacionadas con el ordenamiento urbano, pero aún insuficiente para caracterizar integralmente el riesgo.

Esta experiencia, los últimos años de reflexión sobre el tema, y las herramientas utilizadas en este proyecto nos han llevado a repensar los enfoques anteriores. La aproximación conceptual aplicada fue adecuada para el momento en que se desarrolló, pero actualmente podemos mejorar la aproximación en el modelamiento para el cálculo automatizado, utilizando el mismo sistema de información geográfico que construimos, calculando de este modo:

$$\text{Riesgo} = Vc * Sfuncion(Ai, Vi)$$

En el que:

Riesgo²³ = Probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos en un lugar y en un tiempo determinados.

Ai = Amenaza²⁴ que es un factor externo (al sujeto o sistema social en referencia) de riesgo representado por la potencial ocurrencia de un fenómeno natural o generado por el hombre, que puede manifestarse en un lugar específico con una intensidad y duración determinadas.

Vi²⁵ = Factor interno de riesgo de un sujeto u objeto expuesto a una amenaza que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado.

Vc = Vulnerabilidad contextual general del sistema. Ve es una función particular a cada sistema analizado. Ve es la expresión para incorporar la vulnerabilidad que se encuentra implícita en la sociedades y que maximiza o minimiza el riesgo, sea este aceptable o no; cuyo valor resultante tendría que ser introducido como factor de ponderación.

Hemos encontrado que para alcanzar realmente el cálculo del riesgo, en el caso de Quito, debemos previamente definir la función de vulnerabilidad contextual, para lo que existen datos en el SIG de Quito. Debemos igualmente cuantificar los costos de reposición de los elementos amenazados, información que hay que generar.

²² Que no fue la **cuantificación** del riesgo

²³ Definición propuesta por **USAID** en base a las **definiciones propuestas** por las Naciones Unidas

²⁴ Idem a 17.

²⁵ Idem a 17.

3.2. Los elementos incorporados en el modelo

Peligros volcánicos

Para modelar esta amenaza, se tomó la definición de la UNESCO, que define el peligro volcánico como la probabilidad de que una zona sea amenazada por un evento eruptivo durante un período.

Se tomaron los mapas de peligro volcánico existente para los volcanes Cotopaxi, Pululahua y Pichincha. La caracterización fue definida por los vulcanólogos que desarrollaron cada uno de los mapas²⁶. Los elementos más relevantes en el modelamiento fueron:

Modelos digitales de terreno para definir el avance y depósito de los productos: en el Quito consolidado, se trabajó con alturas cada 100 metros (esquinas de las manzanas); en el área metropolitana se trabajó con curvas de nivel cada 40 metros.

Red de drenaje: la red de drenaje constituye un canal para las coladas de lodo o lahares, lavas; los canaliza, definiendo áreas de menor o mayor impacto. En el área construida, fue necesario reconstruir la red de drenaje original (escala 1:15,000). Se tomó en cuenta las dimensiones de las cuencas de recepción, sus pendientes, la cobertura vegetal, así como los accidentes climáticos históricos (escalas 1:15,000 y 1:50,000).

Vientos: para caracterizar la dirección predominante de las cenizas, se tomó la media de vientos predominantes, en base a las series disponibles de hace veinte años. Se identificaron siete estaciones en el Quito consolidado, que sirvieron para verificar las zonificaciones propuestas por los vulcanólogos. Los 25 cm de espesor de ceniza, que se tomó como máximo, fueron obtenidos de las simulaciones realizadas en la Corporación de Investigación Geológico-Minera del Ecuador, quienes estudiaron al detalle las erupciones identificadas en tiempos geológicos, con sistemas sofisticados de datación y análisis.

La herramienta SIG fue utilizada para unir los mapas de peligros previamente elaborados y verificar los resultados con la sobreposición al modelo digital de terreno, a la red original de drenaje y al comportamiento de los vientos preponderantes.

Estabilidad geomorfológica

La metodología se basó en superposición de variables. Se trabajó con dos tipos de información:

Información estática: se efectuaron verificaciones en los mapas geológico, litológico, de suelos e hidrogeológico. Información dinámica, en la que los datos utilizables experimentan variaciones continuas en el tiempo, dependiendo en mayor o menor grado

²⁶ Consultar bibliografía del Atlas **Infográfico** de Quito.

de la variable tratada: uso del suelo, cobertura vegetal, modificaciones al drenaje y las pendientes.

La información fue simplificada en función de la escala del documento base 1:50,000. Dada la escala, sólo se alcanza una precisión global, sabiendo que no se han tomado en cuenta numerosas características de detalle, sin que ello afecte a la comprensión de los aspectos de estabilidad geomorfológica que se deseaba exponer. Se utilizaron operaciones de superposición, la misma que genera pequeñas unidades, que fueron agrupadas en rangos con características homogéneas: estable, relativamente estable, relativamente inestable e inestable.

Morfodinámica histórica

La periodicidad de ocurrencia y la localización de las zonas más afectadas por procesos morfodinámicos no eran conocidas. Se realizó un estudio histórico a partir del diario de mayor circulación, desde el año 1900. El estudio reveló que 317 eventos fueron lo suficientemente dañinos como para ser tomados en cuenta, de un total de 567 registrados en 87 años (más de cinco por año).

Los límites del estudio son de dos órdenes: el estado cambiante de la red de alcantarillado, independientemente del clima, y las nuevas áreas de la periferia ligadas al crecimiento de la ciudad. Estas hacen aparecer nuevas zonas sensibles, eventualmente no identificadas por el análisis histórico. De todas maneras, este estudio es una buena base para la comprensión del comportamiento del entorno urbano.

Las dificultades del trabajo de identificación geográfica, realizado en fichas-resumen, presentaron ciertas obstáculos: vaga localización por los periodistas y áreas afectadas que pueden ser resultado de más de un foco de accidente. Las inundaciones, aluviones y hundimientos de calzada fueron representados en un mapa principal. Los derrumbes, que no responden a una lógica directamente ligada a la intensidad de las lluvias, fueron objeto de una cartografía por separado.

Las potencialidades estadísticas del SIG fueron utilizadas para la sistematización de la información. La localización se utilizó para la representación de cada accidente por separado, así como para dar visiones resumidas. Esta información fue utilizada para la caracterización de los peligros morfoclimáticos y también como fuente para la caracterización del peligro volcánico.

Constructibilidad

Se trabajó con las normas metodológicas propuestas por la UNESCO. Se consiguieron 840 sondeos de poca profundidad (hasta 16 metros) y 150 pozos de profundidad (hasta 180 m). La geomorfología se trabajó en fotografías 1:60,000 y 1:20,000, y se incorporó la información obtenida del estudio sobre estabilidad geomorfológica. La morfometría se trabajó sobre cartas 1:1,000; la información topográfica fue muy densa (4 puntos por manzana).

Se obtuvo la primera aproximación del mapa geotécnico como resultado de la integración de parámetros básicos: topografía, geología, hidrogeología, climatología, mecánica de suelos, cobertura vegetal. La zonificación final corresponde a comportamientos similares según características geotécnicas: textura de las rocas, consistencia de los suelos, tipos de suelos de superficie, capacidad de soporte, resistencia al corte y compresibilidad.

Este mapa constituye una representación simple, orientada al mayor número posible de usuarios.

La herramienta SIG fue utilizada para generar la totalidad de este mapa, ya que aquí se utilizaron como insumos los resultados de otras investigaciones. Las operaciones empleadas fueron las típicas de las álgebras espaciales (unión, intersección, sobreposición).

Caracterización sísmica

Existieron muchas limitaciones en la zonificación sísmica por el poco desarrollo de investigaciones sobre la amenaza sísmica en Quito, en el tiempo de ejecución del proyecto. La zonificación sísmica no fue tratada con el detalle con que se trabajaron las otras amenazas descritas.

Por ser prioritario dar una visión global de las vulnerabilidades a amenazas naturales, se aceptó trabajar con limitaciones, por la falta de datos suficientes²⁷.

La zonificación sísmica fue el resultado de la simulación del comportamiento de las edificaciones del terremoto de 1987²⁸, sobre la zonificación de suelos de profundidad²⁹ y las fallas activas y lineamientos inferidos.

Síntesis de riesgos (mapa 7)

Las fuentes que se utilizaron fueron:

- AIQ, Estabilidad geomorfológica
- AIQ, Peligros volcánicos
- AIQ, Riesgo morfoclimático histórico
- AIQ, Constructibilidad
- AIQ, Densidades de población AIQ, Tipología del habitat
- AIQ, Modos de composición urbana
- AIQ, Encuesta: Daños ocasionados por el sismo del 5 de marzo de 1987

²⁷ En 1994 se terminó el proyecto "Terremoto Quito" que aportó información sobre el comportamiento de los suelos y de las edificaciones en tres escenarios sísmicos diferentes. Información está disponible en el SUIM de Quito. Revisar Bibliografía.

²⁸ Terremoto de 6.5 en la escala de Richter, con epicentro a unos 80 km al norte de Quito, con intensidades IV y V en la ciudad.

²⁹ Basamento se encuentra aproximadamente a 200 metros de profundidad

Se adoptaron tres caracterizaciones:

- La vulnerabilidad debida a las amenazas morfodinámicas.
- La vulnerabilidad debida a las amenazas volcánicas.
- La vulnerabilidad del habitat en caso de sismo.

Cada amenaza fue cruzada con información sobre densidad de población, tipología del habitat y modos de composición urbana.

Cada tipo de riesgo, según su causa y su intensidad previsible, fue trasladado a la división administrativa por sectores municipales. Posteriormente, se reunieron en un mapa de síntesis que permite, con una sola mirada, apreciar las partes del espacio sometidas a los riesgos de mayor amplitud y las consideradas como relativamente alejadas.

Se optó por una representación simple, donde las manchas de colores identifican a cada vulnerabilidad; las tramas caracterizan la intensidad del daño probable.

3.3. Las entidades espaciales utilizadas

La información de la base de datos se generó en tres unidades básicas de información: los sectores y zonas censales, las manzanas y los predios.

Los sectores y zonas censales constituyen unidades homogéneas en población, que permiten realizar lecturas agregadas (de manzanas y/o predios) en la ciudad, y fundamentalmente en las áreas suburbanas.

La manzana es la unidad espacial para el manejo exhaustivo de datos en las áreas urbanas, donde existe la cartografía básica, al igual que la información.

El predio es la unidad espacial mínima mediante la cual se compiló la información y se realizó aplicaciones de detalle, utilizado en el centro histórico de Quito.

3.4. Datos referenciales

Para dar referencia a la información se utilizaron las vías principales de la ciudad, los sectores municipales, los accidentes geográficos y de infraestructura relevantes como el Panecillo y el aeropuerto. Para el área metropolitana se usaron las carreteras y la localización de las poblaciones.

3.5. Georreferencias

Cada país tiene un meridiano referencial sobre el que se trabaja la cartografía. Para el caso del Ecuador, se tomó el meridiano 810, para las áreas 1:50.000. Para ajustar con las áreas 1:2,000, se generó un meridiano arbitrario que pasa por el centro de la ciudad. Este ajuste requirió de un desarrollo matemático adicional.

4. DISPONIBILIDAD DE DATOS

4.1. Datos

Gran cantidad de datos fueron encontrados en entidades públicas y privadas. La forma de adquisición dependió de la política de cada institución. Algunos datos fueron comprados, otros fueron conseguidos por intercambio de información, otros fueron donados, y algunos fueron entregados bajo convenios, en los que el proyecto se comprometía a entregar coberturas de la información actualizada.

Parte de los datos obtenidos fueron entregados en formatos digitales, específicamente los censos de población y vivienda, las imágenes de satélite y las encuestas municipales. Los otros datos tuvieron que cambiarse a formato digital.

Como punto central de la base se constituyó, y así se ha mantenido, el censo de población y el de vivienda, el mismo que es cargado al sistema, sin reemplazar al anterior, para mantener los datos en la dimensión de temporalidad que se requiere para hacer proyecciones.

La forma en que se captura conceptualmente un dato, y la disponibilidad del mismo, definen los formatos en los que se va a conseguir o generar el dato. La calidad de los datos fue y sigue siendo muy variada. El mayor tiempo se empleó en validar la información. Los métodos para validar dependen de cada dato tratado. De este trabajo, se desecharon muchas fuentes por no tener bases comparativas sobre las cuales construir los modelos.

4.2. Escalas

Los datos disponibles se encontraban en diversas escalas, de 1:1,000 hasta 1:50.000.

4.3. Temporalidad

La referencia temporal depende de cada dato. La vida media de la información está condicionada por muchos factores. Al inicio se planteó tanto la forma de leer el dato en la realidad (condiciones de tiempo y de espacio) como su modo de mantenimiento, parámetros que permitieron la forma de existir y mantenerse dentro del sistema. Para mantener las bases de datos, no las vemos "como un todo global", sino como el conjunto homogéneo de diversidades que son tratadas según sus ciclos de vida diferentes.

4.4. Proyección

Para el caso del proyecto, la proyección utilizada fue la Transversa de Mercator, toda la información está en la misma proyección. Para el caso del ajuste entre los modelos del Quito consolidado y del área metropolitana, los ajustes se realizaron sobre el modo de proyección.

En la tecnología SIG, los cambios de proyección son sencillos, a condición de que los puntos que georreferencian cada atributo sean localizados con las precisiones aceptables que van a demandar las transformaciones que se piensa realizar con vista al futuro.

4.5. Volumen y costo de datos

La información del SUIM está contenida aproximadamente en un Gigabyte. La información que tiene interés para el cálculo de riesgos es la mayoría de la información que se encuentra en las bases. El punto crítico no es la capacidad de almacenamiento, sino la capacidad de tratamiento de la información. Por los volúmenes que se requería manejar, se trabajó con un sistema potente al nivel de estación de trabajo.

Los costos de la información fueron relativamente bajos, ya que las entidades participantes fueron todas del sector público. Los costos se incrementaron con los datos que el proyecto tuvo que generar por sí mismo.

5. BASE DE DATOS

5.1. Cómo se generó

La base de datos se apoyó en el desarrollo de cinco actividades básicas: recopilación, preparación, automatización, integración y actualización de la información. La recopilación: se basó en la identificación de fuentes confiables, selección y levantamiento de información gráfica, estadística y satelitaria.

La preparación: consistió en la elaboración de mapas base de acuerdo a las unidades de gestión de información, definidas en el alcance de cada uno de los temas, operación realizada tanto con la cartografía básica como con la cartografía temática, y la codificación de todos los atributos espaciales y estadísticos que conforman la base de datos.

Automatización de la base de datos: la información cartográfica fue ingresada en una computadora ("digitalizada") en su totalidad. El estado del arte de los barreadores (scanners) no estaba suficientemente desarrollado para la aplicación referida, por lo tanto, la "digitalización" fue la opción más económica, rápida y segura en la captura de datos. La información de imágenes de satélite fue incorporada a la base en el formato digital original.

Los censos de población y vivienda, y los censos realizados por el municipio de Quito fueron adquiridos en formato digital.

Integración de la base de datos: constituye un proceso de confrontación entre los datos, gráficos y alfanuméricos en el ambiente relacional de la base de datos, así como su validación para garantizar el nivel de confiabilidad de los datos almacenados.

Actualización: cada tema desarrollado incluyó métodos de actualización de los datos requeridos. Parte fundamental en el concepto de actualización se basa en el censo de población y vivienda para los datos alfanuméricos y en las coberturas de suelo provista por las imágenes de satélite.

5.2. Estructura

La base de datos es relacional, y la localización es el atributo común de los objetos que la componen, los cuales conservan su implantación espacial mediante coordenadas geográficas.

La base de datos se estructuró a partir de datos espaciales, integrados como polígonos, segmentos y puntos, y estadísticas representadas en modo alfa-numérico, lo que hace factible la comparación, superposición y combinación, utilizando diferentes tipos de información, a partir de lo cual es posible elaborar mapas y sus respectivos análisis estadísticos.

5.3. Escalas de trabajo

Con la introducción de nuevas tecnologías de manejo de datos espaciales, la importancia de la escala ha sido reemplazada por la precisión del dato en sí mismo. Para ilustrar: la escala más grande fue 1:1,000 en las áreas urbanas consolidadas, lo que representa información con error máximo de 50 cm; la "digitalización" se realizó a 1:2,000, conservándose la precisión de la escala 1:1,000. El tema de la precisión es particular a cada dato y al uso que se le va a dar.

5.4. Tipos de operaciones espaciales

Las operaciones son complejas, en función de la pregunta realizada al sistema. Se basan en encadenamientos de operaciones simples. La salida de una operación sirve de entrada para la siguiente. Se trabajó reagrupando los datos y siguiendo el principio relacional. Se utilizaron todas las operaciones clásicas (restricción, proyección, unión, y sus derivados). Los datos fueron consultados directamente sobre la pantalla. Los cálculos acerca de los atributos descriptivos se realizaron mediante cálculos numéricos, lógicos, estadísticos, de agregación, combinación, cálculos de superficie, distancia, aproximación y otros. Nuevos atributos se crearon por intervalo, por normalización, reagrupamiento, etc.

5.5. Ubicación institucional de la información

El sistema de información geográfica se encuentra en la Unidad del municipio de Quito denominada "Sistema Urbano de Información" (SUIM). El SUIM presta sus servicios a todos los interesados en planificación y ordenamiento del territorio, a organismos públicos y privados, etc.

Los usuarios que proporcionan datos al SUIM conservan los derechos de propiedad intelectual sobre los mismos, y adquieren derecho de utilización del SUIM para el desarrollo de sus aplicaciones.

6. SISTEMA UTILIZADO

6.1. Hardware

La configuración que se utilizó en el desarrollo continúa siendo la misma. En la actualidad, se ha ampliado la capacidad de los equipos.

La configuración básica fue:

una estación de "digitalización" constituida por una microcomputador, una mesa digitalizadora, una impresora matricial.

una estación de tratamiento constituida por una estación de trabajo SUN, plotter, impresora a color, impresora blanco y negro, periféricos de almacenamiento en cásete, discos y disquetes.

6.2. Paquete de software

El programa utilizado en el proyecto, y actualmente en el SUIM, es el Sistema de Información Geográfica SAVANE, llevado a cabo por el Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo en Cooperación ORSTOM, el cual cubre todas las fases de implantación y operatividad de la base de datos, bajo ambiente UNIX. El software hace posible la automatización gráfica ("digitalización"), el manejo relacional de datos localizados y varias posibilidades de tratamientos y representaciones cartográficas, como se explicó anteriormente.

Para el tratamiento de imágenes de satélite se dispone del software PLANETE, cuyos resultados son recuperados por SAVANE como un atributo más de la base de datos.

El tratamiento estadístico se opera a través del software SAS, que es manejado en forma transparente dentro de SAVANE.

BIBLIOGRAFÍA

Censo V de Población y IV de Vivienda, 1990, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Quito.

FERNANDEZ M.A., 1990, *El medio físico de Quito: sus limitaciones e incidencia en la adaptación del hombre del Crecimiento de Quito y Guayaquil: estructuración, segregación y dinámica del espacio urbano*. Estudios de Geografía Vol.3. Corporación Editora Nacional-Colegio de Geógrafos del Ecuador, Quito, 6-20 pp.

GODARD H., 1988, *Quito-Guayaquil: Evolución y consolidación en ocho barrios populares*, Centro de Investigaciones CIUDAD, Quito, 205 pp.

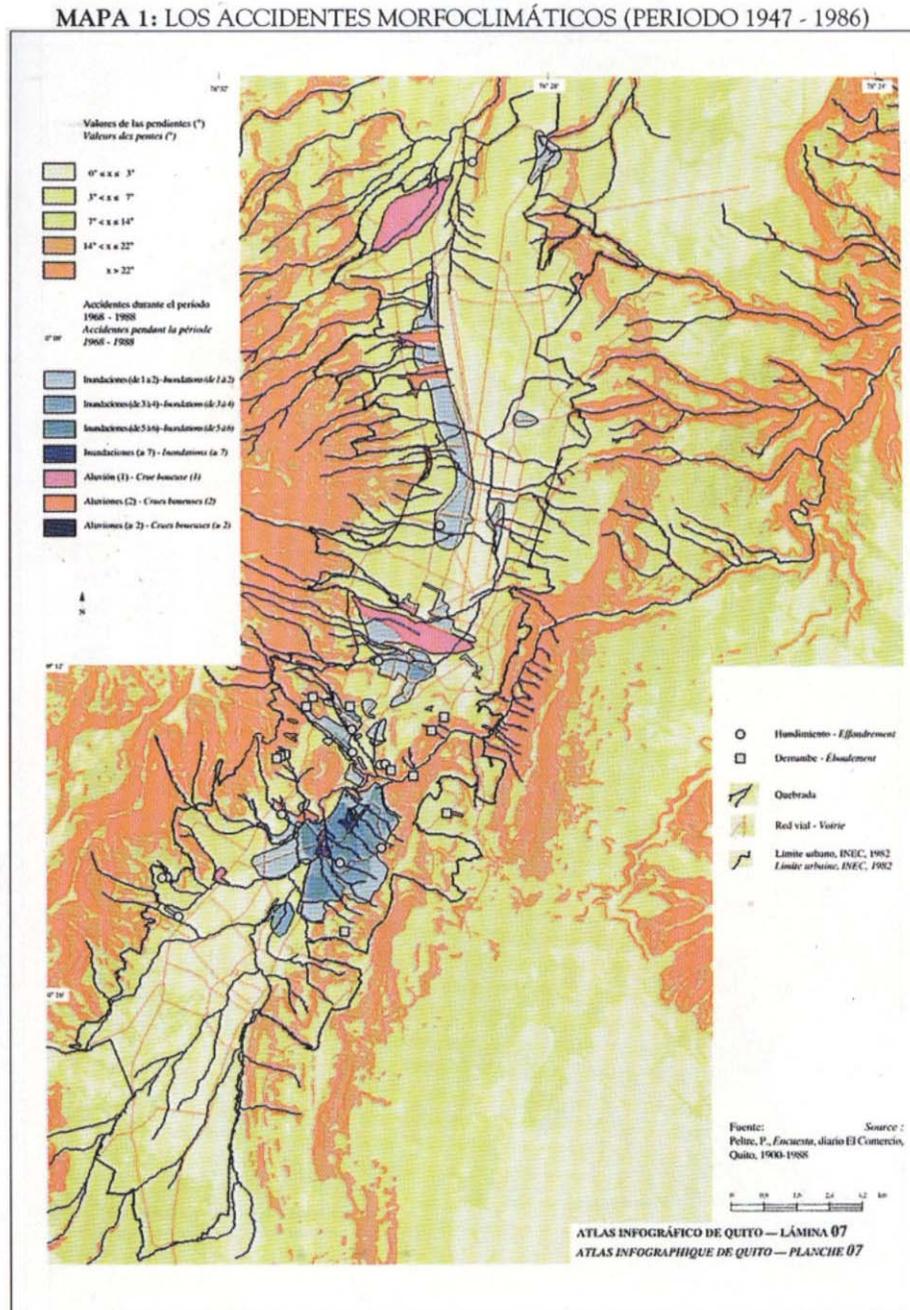
GODARD H., 1988, *Crecimiento urbano y dinámica de los barrios de El espacio urbano en el Ecuador: Red urbana, región y crecimiento*, III Tomo de Geografía Básica del Ecuador, Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, IPGH-ORSTOM-IGM, Quito, 197-227 pp.

VON HILLEBRANDT C., 1991, *Evaluación de los peligros volcánicos y su mitigación en la República del Ecuador de El paisaje volcánico de la sierra ecuatoriana: geomorfología, fenómenos volcánicos y recursos asociados*. Estudios de Geografía Vol.4, Corporación Editora Nacional- Colegio de Geógrafos del Ecuador, Quito, 39-54 pp.

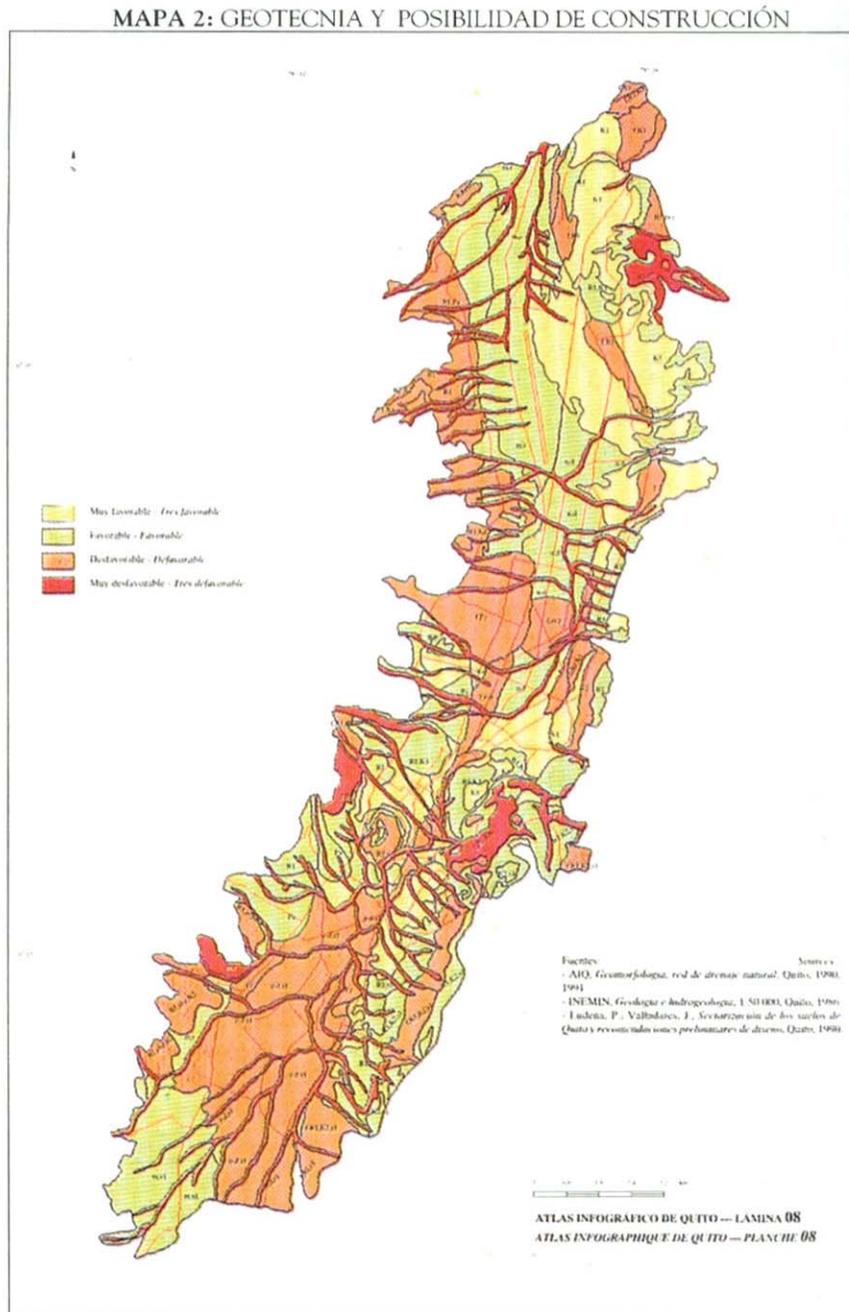
Varios autores, 1992, Atlas Infográfico de Quito, IPGH-IGM-IMQ-ORSTOM, Quito, 187 mapas, 370 pp.

Varios autores, 1994, *The Quito, Ecuador, Earthquake Risk Management Project*, Oyo Pacific - Politécnica Nacional - Municipio de Quito, San Francisco, 15 pp.

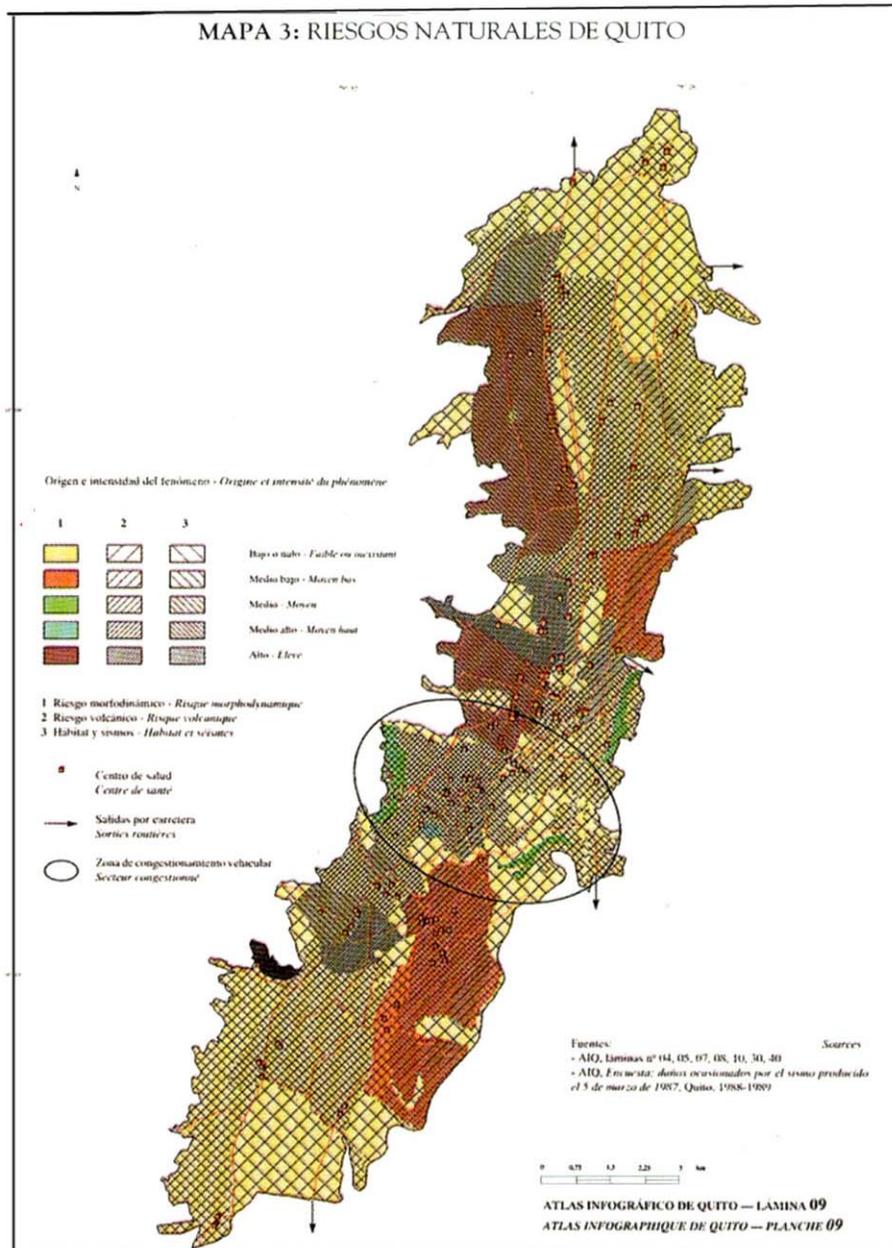
MAPA 1: LOS ACCIDENTES MORFOCLIMÁTICOS (PERIODO 1947-1996)



MAPA 2: GEOTECNIA Y POSIBILIDAD DE RECONSTRUCCION

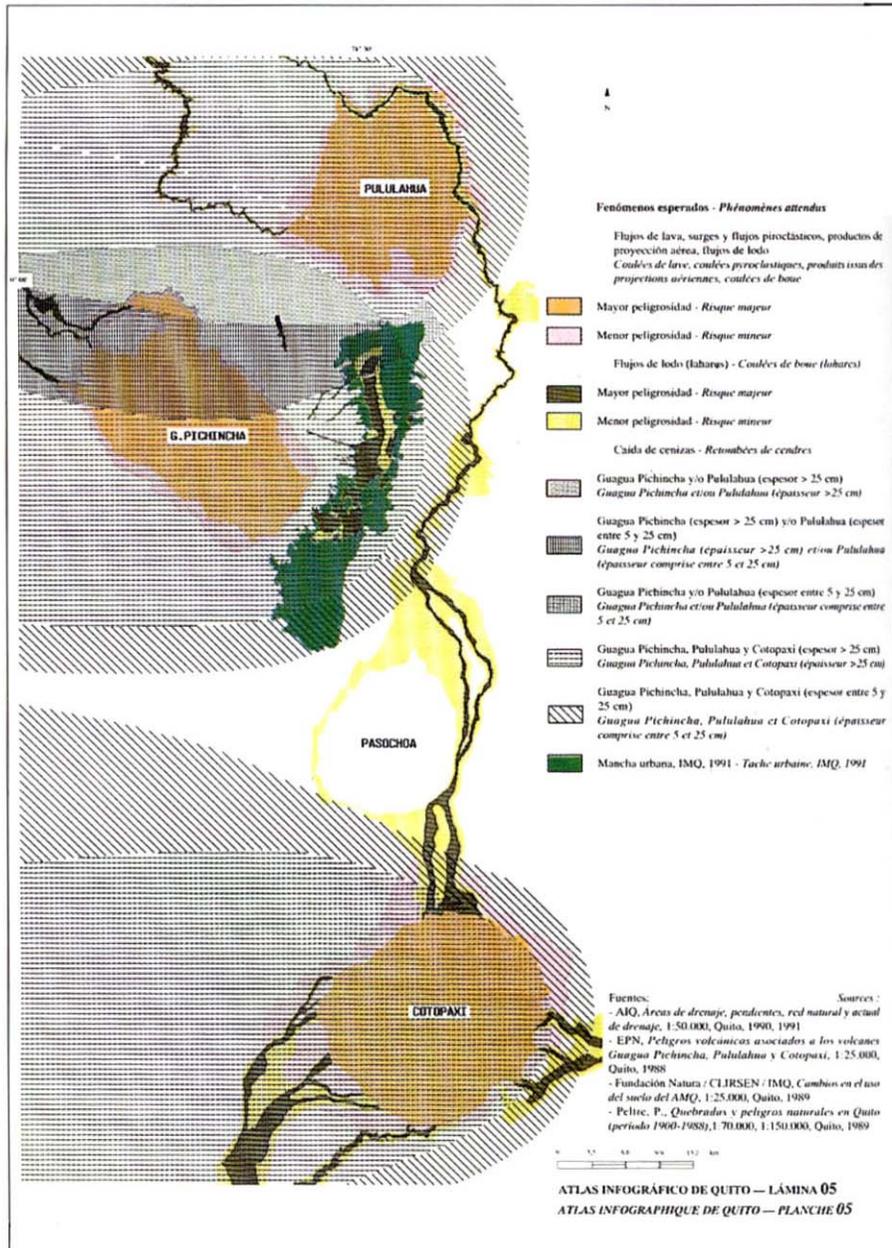


MAPA 3: RIESGOS NATURALES DE QUITO



MAPA 4: PELIGROS VOLCÁNICOS ASOCIADOS A LOS VOLCANES GUAGUA PICHINCHA, PULULAHUA Y COTOPAXI

MAPA 4: PELIGROS VOLCÁNICOS ASOCIADOS A LOS VOLCANES GUAGUA PICHINCHA, PULULAHUA Y COTOPAXI



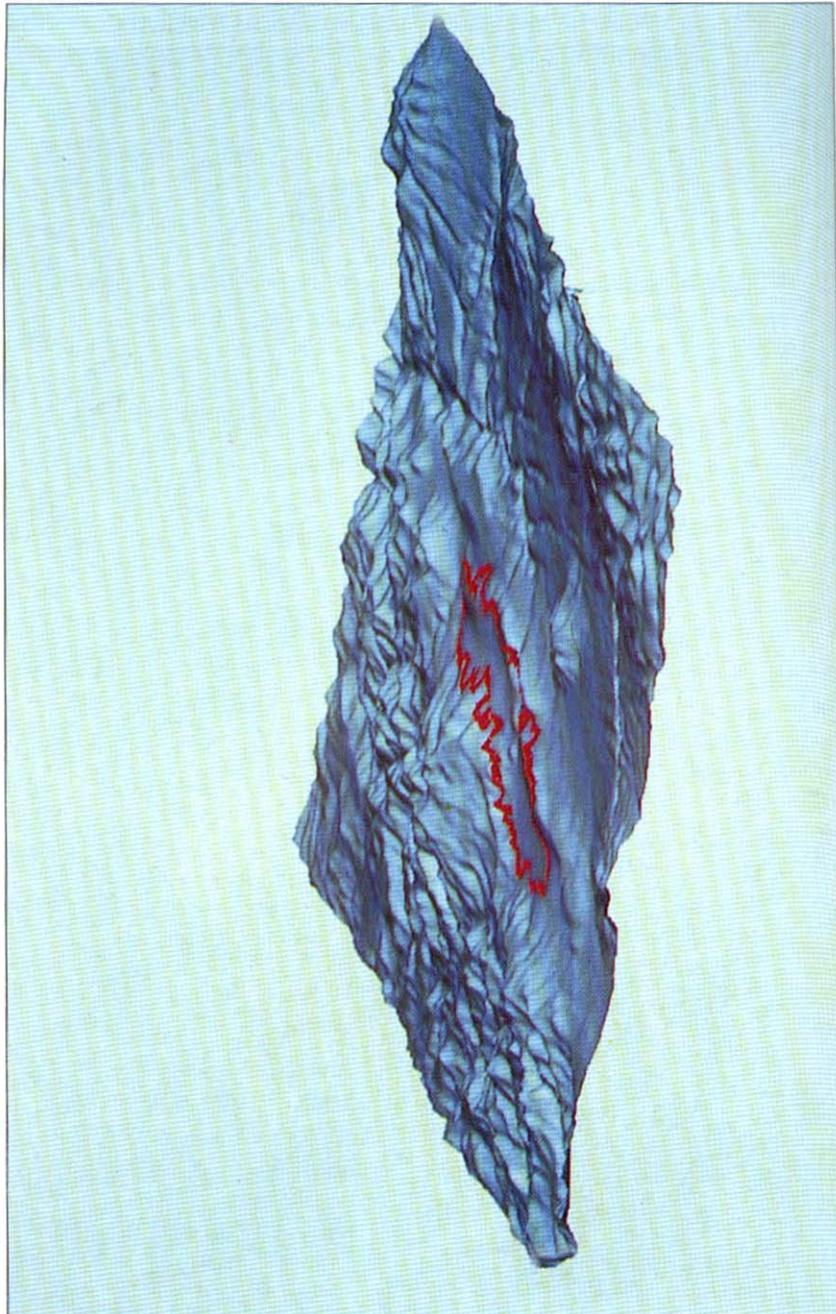
MAPA 5: TERREMOTO LOCAL DAÑOS ESPERADOS

MAPA 5: TERREMOTO LOCAL DAÑOS ESPERADOS



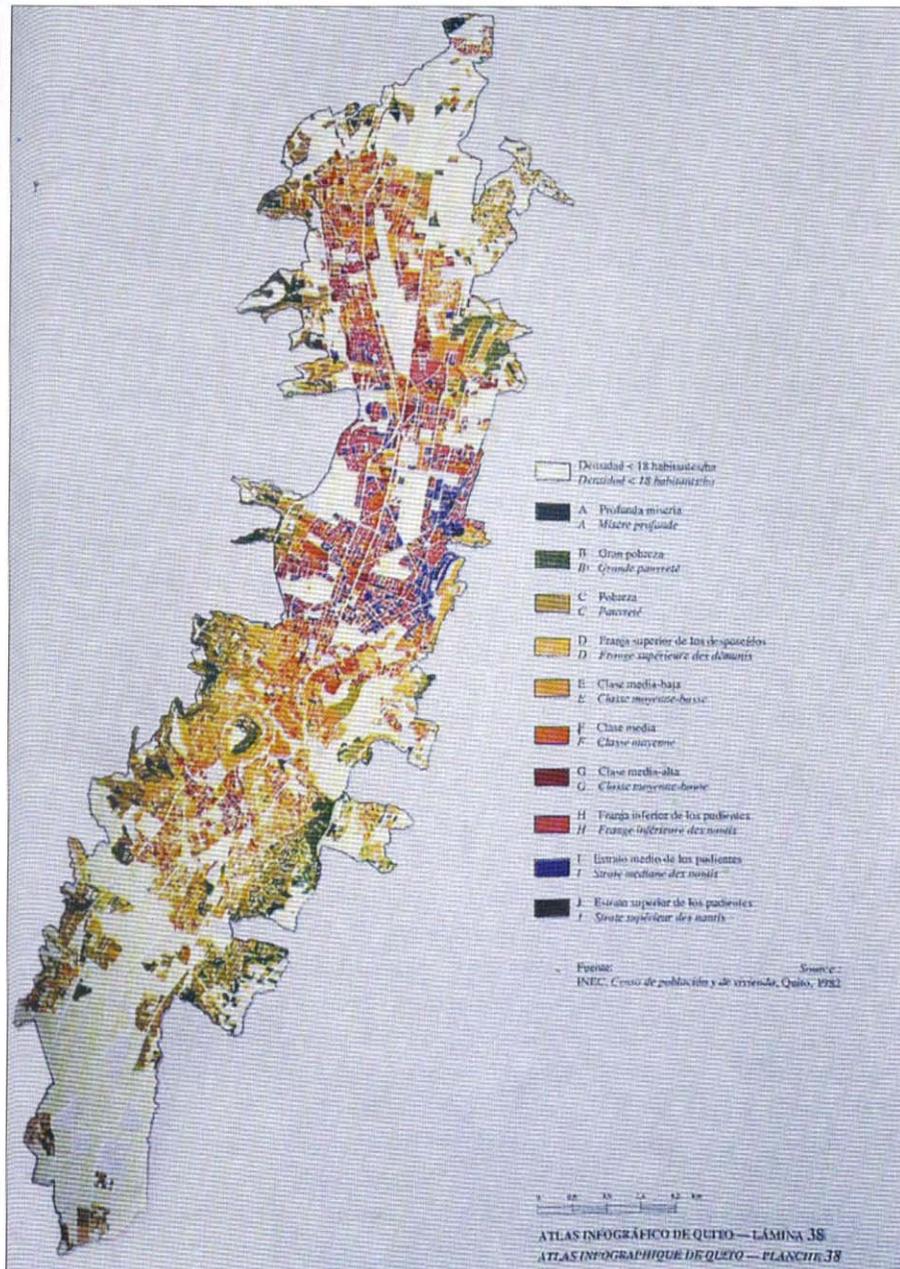
MAPA 6

MAPA 6



MAPA 7: JERARQUIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DEL ESPACIO QUITEÑO

MAPA 7: JERARQUIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DEL ESPACIO QUITEÑO



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

- 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

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.

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 tomo 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 hacia 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.

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.

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:

- 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.LC.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.

CAPÍTULO 9: ANÁLISIS DE RIESGO COMO GUÍA A UN ORDENAMIENTO DE ZONAS URBANAS. ESTUDIO DE CASO: ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Francisco Flores

1. INTRODUCCIÓN

Los diversos desastres naturales y antropogénicos ocurridos en distintas partes del mundo han puesto de manifiesto la inadecuada interrelación del hombre con la naturaleza, la vulnerabilidad de las sociedades ante las amenazas presentes en su entorno y el desconocimiento y la falta de preparación de las comunidades para enfrentar los peligros existentes.

Los desastres se presentan en todas partes del mundo; sin embargo, en algunos países sus efectos adquieren mayor intensidad, particularmente en aquellos considerados en vías de desarrollo, donde la alta concentración de la población en las ciudades, el crecimiento industrial, la creciente dependencia económica y tecnológica, la escasa respuesta social y las condiciones de extrema pobreza en algunos sectores de la población, aumentan la vulnerabilidad frente a las amenazas.

Guadalajara y su zona metropolitana presentan características geográficas y ambientales que, aunadas a la creciente urbanización e industrialización, concentran una amplia gama de amenazas sanitarias, químicas, hundimientos, deslizamientos e inundaciones, entre otras. Las amenazas químicas han presentado en las últimas décadas una tendencia a incrementarse, ya que la ciudad de Guadalajara es considerada en el Plan de Desarrollo Económico del país como un polo prioritario, para impulsar las actividades industriales. Lo anterior significa aumento en los niveles de riesgo, dado que las áreas urbanas se han expandido hasta los límites de las zonas industriales.

Esto se refleja en eventos como el ocurrido el 22 de abril de 1992 en esta ciudad, cuya magnitud ha obligado a plantear la necesidad de formular formas que permitan la integración de lo urbano con la prevención de impactos no deseados y el desarrollo de acciones orientadas a la conservación del medio ambiente, la salud y la vida de los habitantes.

Sin embargo, la generación de métodos y técnicas para la identificación y evaluación de las amenazas existentes en zonas urbanas tiene una historia reciente, lo que se manifiesta en el incipiente desarrollo de experiencias en esta área del conocimiento.

En este contexto, la Universidad de Guadalajara ha iniciado acciones cuyo objetivo es identificar y evaluar las amenazas presentes en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) para, teniendo como base esa información, diseñar estrategias que permitan mitigar sus efectos y contribuir con la prevención de futuros desastres. El presente trabajo es síntesis del estudio realizado en base al Convenio de Colaboración de la

Universidad de Guadalajara con la Comisión Estatal de Ecología y con el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Social y el Banco Mundial. Es importante señalar que en él participaron doce dependencias universitarias, siendo ésta una primera experiencia al respecto.

Este trabajo ofrece múltiples aplicaciones en áreas como protección civil, desarrollo urbano y otras; considerándolo también como una contribución al desarrollo de metodologías de ordenación territorial, para delimitar zonas con vocación urbana.

1.1. Conceptos claves

Amenazas

Son las fuentes de peligro asociadas a un fenómeno que puede manifestarse, produciendo efectos adversos sobre la salud humana, sus bienes y el medio ambiente. Un sinónimo de "amenaza", en los estudios de riesgo, es el de "peligro".

En términos matemáticos, la amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un evento, calculada a partir de registros históricos de información durante un período significativo.

Vulnerabilidad

Es la susceptibilidad o predisposición intrínseca de los elementos ambientales a sufrir un daño o una pérdida. Estos elementos pueden ser físicos, biológicos y sociales. La vulnerabilidad está generalmente expresada en términos de daños o pérdidas potenciales que se espera ocurran de acuerdo con el grado de severidad o intensidad del fenómeno ante el cual el elemento está expuesto.

Riesgo

Número esperado de pérdidas humanas, personas heridas, propiedad dañada e interrupción de actividades económicas, debido a fenómenos naturales particulares y, por consiguiente, el producto de riesgos específicos y elementos de riesgo durante un período de referencia en una región dada para un peligro en particular.

2. LOS ACCIDENTES Y DESASTRES EN JALISCO Y LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Por causa de accidentes, mueren en Jalisco más de 3,350 personas al año, según datos de la Secretaría de Salud y Bienestar Social. Es decir, los accidentes ocupan el segundo lugar como causa de mortalidad en el Estado.

Dentro de los accidentes, se considera como primera causa de muerte los relacionados con el tráfico de vehículos de motor y los homicidios (1,338 y 774 muertes anuales respectivamente).

CUADRO 1

TASAS DE MUERTE EN JALISCO

Amenaza	Riesgo de muerte/persona/año
Enfermedad del corazón	1 en 1,219* habitantes
Influenza	1 en 3,450*
Accidentes automovilísticos	1 en 3750*
Infecciones intestinales	1 en 5,900*
Asesinatos	1 en 6.500*
SIDA	1 en 50,000*
Infección respiratoria	1 en 50.000
Explosiones	1 en 230,000
Incendios	1 en 625.000
Terremoto	1 en 1.7 millones
Inundaciones	1 en 2.5 millones
Hundimientos	1 en 30 millones
Deslizamiento	1 en 30 millones
Erupción volcánica	1 en 100 millones

* Tasas calculadas en base a datos de 1991 de la Secretaría de Salud y Bienestar Social.

Cabe resaltar que, en cuanto a accidentes, Jalisco presenta una tasa mayor a la marca nacional promedio. Para el caso de muerte por homicidio, influenza y accidente en carretera, un valor arriba del promedio mundial.

3. GENERALIDADES SOBRE RIESGO EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

En la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), mueren aproximadamente 16.800 personas al año; de las cuales cerca del 20% pierde la vida en forma accidental.

Un análisis inicial de tasa de riesgos en Guadalajara, basado en los accidentes reportados por la prensa en la última década para los accidentes tecnológicos y desde inicio del siglo para los fenómenos naturales, nos indica que las tasas de muerte de mayor valor son: accidentes automovilísticos, incendios, fugas, derrames y explosiones, así como piquetes de animales, inundaciones y derrumbes, que en forma general son considerados como frecuentes. Los hundimientos, accidentes aéreos y terremotos son catalogados como de frecuencia media, y las erupciones volcánicas pertenecen a los eventos considerados de probabilidad muy baja.

CUADRO 2 RIESGO DE MUERTE ACCIDENTAL EN GUADALAJARA

Tipo de riesgo	Riesgo de muerte/persona/año
Accidentes automovilísticos	1 en 20800
Incendios	1 en 1.5 millones
Fugas, derrames y explosiones	1 en 2.8 millones
Piquetes de insectos y/o	1 en 5.0 millones

arácnidos	
Inundaciones	1 en 8.4 millones
Derrumbes	1 en 11.5 millones
Hundimientos	1 en 30.0 millones
Accidentes aéreos	1 en 500 millones
Terremotos	1 en 100.0 millones
Erupción volcánica	1 en 30000.0 millones

La presencia de estas situaciones de riesgo, en especial las de origen natural, se relacionan con la particular ubicación geográfica del estado de Jalisco, que le otorga una diversidad de características ambientales, donde interactúan fuerzas geológicas y fenómenos meteorológicos, que aunados al creciente grado de urbanización e industrialización originan una amplia gama de riesgos.

Con respecto a riesgos químicos, hay que tomar en cuenta las explosiones del 25 de marzo de 1983, que hirieron a 48 personas y causaron pérdidas materiales a fincas y automóviles.

Aproximadamente, nueve años más tarde, el 22 de abril de 1992 (día mundial de la Tierra), sucedió lo que se considera la peor tragedia en los 452 años de la historia de Guadalajara. Alrededor de una decena de explosiones, a lo largo de 10 kilómetros de calles del Sector Reforma, causaron la muerte de más de 200 personas, 1,600 heridos y múltiples impactos al ambiente y a la propiedad.

Con la finalidad de dar una idea más precisa de la correlación entre las amenazas existentes y el equipamiento urbano para la protección civil en la ZMG, se hizo una división territorial en ocho secciones: cuatro considerando los sectores del municipio de Guadalajara: Juárez, Libertad, Hidalgo y Reforma; dos para Zapopan: norte y sur; y dos más teniendo en cuenta la parte de los municipios de Tlaquepaque y Tonalá, que forman parte de la zona metropolitana. Sin embargo, estas cifras, que pueden servir para dar una idea de prioridad de prevención en sectores, requieren de una evaluación cuantitativa de riesgo, objetivo del presente trabajo.

CUADRO 3

PUNTOS DE RIESGO IDENTIFICADOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA EN 1992

Punto de riesgo	Zapopan Norte	Zapopan Sur	Tlaquepaque	Tonalá	Sector Reforma	Sector Juárez	Sector Hidalgo	Sector Libertad	Total
Gasoductos*	1	4	4		2	7	1	1	7*
Gasolineras	9	10	4	3	20	17	8	17	88
Industrias de riesgo	5		7		14	28	1	1	56
Zonas Inundables	6	3	3		7	8	2	15	44
Zonas con hundimiento	2		1	4	3	4	4	5	23
Líneas de alta tensión*	6	3	5	2	1	5	3	4	6*
Líneas de tren urbano	1		1			2	1	1	2*
Cruceros Peligrosos	2	1	4		2	7	12	1	29

* Los puntos señalados con asteriscos fueron calculados en base al análisis y numeración de la estructura en forma de red, considerando el grado de bifurcación según la clasificación de Horton.

4. METODOLOGÍA

El proceso de análisis del riesgo ambiental en la ZMG incluyó tres fases:

a) identificación de amenazas, b) evaluación de vulnerabilidad del área, y c) evaluación del riesgo ambiental a que está sometida la población y sus bienes, siguiendo lo establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, 1987), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 1992) y la Organización Panamericana de Salud (OPS, 1992).

La superficie estudiada es el área total de la zona metropolitana.

4.1. Evaluación de riesgo

El riesgo será la resultante de multiplicar el valor de amenaza por el valor de vulnerabilidad, según la ecuación:

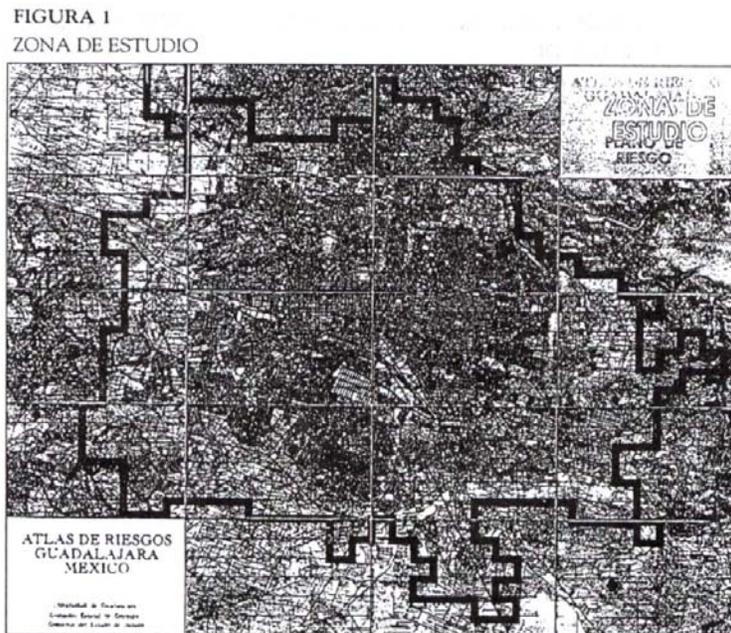
Para evaluar el riesgo es necesario hacerse cuatro preguntas fundamentales:

- ¿Qué pasa si...?
- ¿Cuáles serían las causas?
- ¿Cuáles serían las consecuencias?
- ¿Cuáles las medidas de control?

Con la metodología aquí presentada, el análisis de riesgo proporciona bases para responder a las siguientes preguntas:

- ¿Dónde pueden ocurrir accidentes serios en la ZMG?
- ¿Cuáles pueden ser las amenazas?
- ¿Qué tipos de accidentes pueden ocurrir?
- ¿Quiénes y qué pueden ser afectados, y dónde?
- ¿En qué forma y qué escala de daño se puede causar?
- ¿Cuál es la probabilidad de que un accidente ocurra?
- ¿Qué factores incrementan el riesgo?

FIGURA 1 ZONA DE ESTUDIO



La cuantificación científica del riesgo dependerá de la calidad de los datos y entendimiento de los procesos implicados. A este respecto, es de utilidad considerar las pérdidas tanto tangibles como intangibles.

4.2. Amenazas

La identificación de las amenazas naturales (sismicidad, vulcanismo, deslizamientos, hundimientos, inundaciones y corrientes de agua) se realizó mediante los siguientes elementos:

- Análisis de las características geológicas, hidrológicas y meteorológicas de la región.
- Fotointerpretación de mosaicos fotográficos y fotos aéreas a diferentes escalas, de fechas pertenecientes a 1941 y 1993.
- Caminamientos en la Zona Metropolitana.
- Consulta de cartografía de diferentes temáticas realizadas a partir de 1985, y estudios geofísicos de la ciudad.
- Análisis de cartografía topográfica del INEGI, COPLAUR, UNAM y GRUPO CUDL
- Consulta de fuentes bibliográficas.
- Consulta con expertos.

La identificación de amenazas antrópicas se realizó mediante la consulta de los siguientes elementos:

- Bancos de información especializados.

- Inventario de grandes empresas y materiales peligrosos (Secretaría de Desarrollo Social, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y Universidad de Guadalajara).
- Estadística de accidentes.
- Programa CAMEO.
- Expertos.

La evaluación de amenazas se realizó teniendo como base los siguientes criterios de la UNEP (1992):

- Consecuencias en la salud y la vida.
- Consecuencias al ambiente.
- Consecuencias a la propiedad.
- Velocidad de manifestación.
- Probabilidad de ocurrencia.

4.3. Vulnerabilidad

Para la determinación de la vulnerabilidad de la Zona Metropolitana, se utilizaron los criterios de la OPS (1992) en cuanto a demanda y oferta de servicios en caso de ocurrencia de un desastre para los siguientes aspectos:

Demanda de servicios:

- Características de la población
 - Estructura por grupo etáreo
 - Ingreso económico familiar
 - Densidad poblacional
- Infraestructura de la población
- Concentración de viviendas
 - Vías de comunicación

Oferta de servicios:

- Número de Unidades de Salud
 - Número de camas
 - Número de ambulancias
 - Recursos humanos (médicos y enfermeras)
 - Niveles de atención
 - Planes de emergencia hospitalarios
 - Programas de vigilancia epidemiológica

5. RESULTADOS

5.1. Amenazas

En Guadalajara, se detectaron dieciséis diferentes tipos de amenazas. En escala de 1 al 5, estas amenazas tienen valores que van del 1 a 3.6, las mismas que se presentan en el cuadro 4. Estas amenazas pueden ser agrupadas como amenazas sin importancia, amenazas con importancia limitada y amenazas con importancia seria, (cuadro 5)

CUADRO 4

ORDEN DE AMENAZAS EN GUADALAJARA, SEGÚN VALOR PROMEDIO ASIGNADO

Orden	Valor	Amenaza
1	3.60	Sismicidad
2	3.40	Amenaza química (industrial)
3	3.00	Industrias potencialmente peligrosas
4	3.00	Deslizamiento
5	2.80	Gasolinera
6	2.75	Industrias con alto consumo de energía
7	2.40	Hundimiento
8	2.20	Inundación
9	2.00	Punto de inundación frecuente
10	2.00	Basurero
11	1.75	Crucero peligroso
12	1.75	Contaminación del manto freático
13	1.50	Sifón
14	1.50	Canal de aguas negras
15	1.25	Subestación de distribución
16	1.00	Vulcanismo

Es importante resaltar que, en orden de prioridad, de las primeras cinco amenazas con los valores promedios más altos, tres de ellas son de tipo químico.

CUADRO 5

DISTRIBUCIÓN DE LAS AMENAZAS EN LA MATRIZ DE RIESGO SEGÚN NIVEL DE PROBABILIDAD Y CONSECUENCIAS

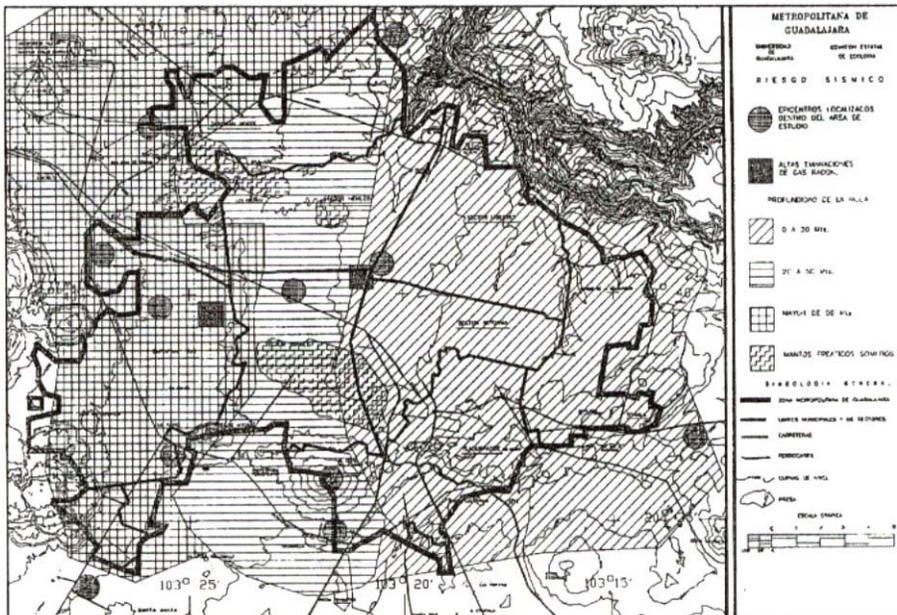
A	Sin importancia	Vulcanismo (1 de 10,000 años)
B	Limitadas	Subestación de distribución eléctrica Basurero Industrias con alto consumo de energía (1 en 10 años) Sifón Gasoducto Contaminación del manto freático Canal de aguas negras Inundación (1 de 3 años)

		Inundación (1 de 3 años)
		Hundimiento (1 de 10 años)
		Gasolinera (1 de 10 años)
		Sismicidad (1 de 20 años)
		Amenazas químicas (1 de 3 años)
C	Serias	Industrias potencialmente peligrosas (1 de 2 años)
		Deslizamiento (1 de 4 años)
		Crucero peligroso (cada año)

Las amenazas categorizadas como serias y que requieren una mayor atención son las siguientes:

FIGURA 2
EL RIESGO SÍSMICO EN GUADALAJARA ES MAYOR DONDE EXISTEN MANTOS FREÁTICOS SOMEROS Y PROFUNDIDAD DE LA ROCA DE 20 A 50 m.

FIGURA 2
EL RIESGO SÍSMICO EN GUADALAJARA ES MAYOR DONDE EXISTEN MANTOS FREÁTICOS SOMEROS Y PROFUNDIDAD DE LA ROCA DE 20 A 50 m.



Sismicidad

Según el Atlas Nacional de Riesgos, el 96% de la población de Jalisco está asentada en zonas de influencia sísmica y se indica que, de los 124 municipios existentes, 120 están sujetos a un eventual riesgo sísmico.

Con una probabilidad de ocurrencia de por lo menos una vez en veinte años y con unas consecuencias potenciales estimadas de nivel catastrófico, la amenaza por efectos de

sismos resulta prioritaria en la implementación de medidas preventivas y fundamental para el diseño de planes de emergencia.

Del análisis de los sismos ocurridos en Jalisco y la ZMG durante el período 1900 a 1992, se reportan 21 eventos con un total de 91 muertos y más de 500 heridos, de acuerdo con diversas fuentes de información.

Amenazas químicas

Ante la diversidad y magnitud de las consecuencias generadas por los accidentes de este tipo que se han presentado en la ciudad de Guadalajara, se ha hecho evidente la necesidad de identificar las actividades capaces de generar riesgos, así como de crear las medidas de prevención tendientes a disminuir su frecuencia y sus efectos sobre la población, sus bienes y/o el medio ambiente.

En lo que respecta a fugas y derrames de sustancias peligrosas registradas en el período 1980-1992, en la ZMG se han registrado 104 accidentes de este tipo, ocasionando un total de 276 muertos y más de 2,000 heridos. Para el resto del estado, se tiene un reporte de 51 accidentes con 43 muertes. Los lugares donde más frecuentemente se presenta este tipo de amenaza son las fábricas y las viviendas.

Los incendios registrados en el período de 1980—1993 en la ZMG son 208, con un total de 34 muertes; para el resto del estado están reportados 57 incendios, con un total de 52 muertos.

Con una probabilidad de ocurrencia de accidentes de por lo menos una vez cada diez años, y consecuencias estimadas muy serias, por el manejo, disposición y generación de sustancias peligrosas; resulta prioritaria la implementación de medidas preventivas y el diseño de planes de emergencia para la zona metropolitana, poniendo especial atención en los sectores de la ciudad donde se distribuyen mayoritariamente este tipo de amenazas.

En los sectores Juárez y Reforma, se concentra la mayoría de las industrias consideradas como posibles fuentes de accidentes químicos. En otras áreas, la concentración de industrias peligrosas es menor, aunque es necesario considerar aquellos puntos de localización de industrias aisladas, comprendidas en la categoría de alto riesgo, o bien el corredor industrial en el área de Zapopan Norte o donde exista más de una industria muy cercana.

CUADRO 6

PORCENTAJE DE INDUSTRIAS EN LA ZMG, POR SECTORES

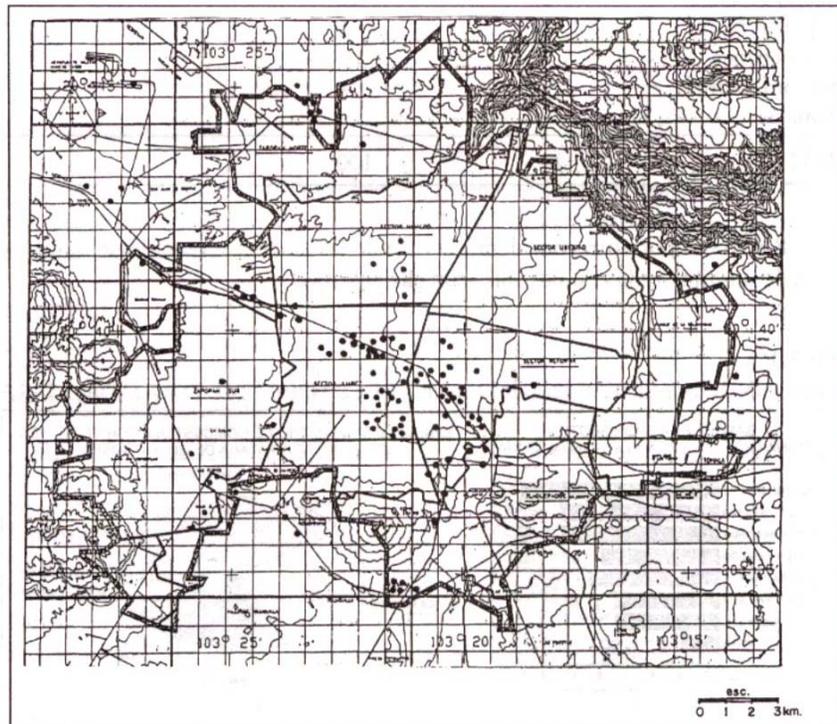
Sector ZMG	Nº de industrias	% de total
Sector Juárez	59	42,75
Sector Reforma	42	30,43
Sector Hidalgo	9	6,52
Zapopan Norte	9	6,52
Zapopan Sur	9	6,52
Tlaquepaque	8	5,79

Tonalá	2	1,44
Sector Libertad	-	-
TOTAL	138	100,00

El almacenamiento y uso de sustancias inflamables, explosivas, tóxicas, corrosivas y/o reactivas, pueden causar grandes accidentes o desastres que generalmente son referidos como riesgos mayores con una probabilidad de ocurrencia de por lo menos una vez entre 10—100 años y un potencial de consecuencias serias.

FIGURA 3 UBICACIÓN DE AMENAZAS INDUSTRIALES

FIGURA 3
UBICACIÓN DE AMENAZAS INDUSTRIALES



Industrias potencialmente peligrosas

Estas instalaciones industriales son las que no están incluidas en los listados oficiales pero que sí utilizan sustancias peligrosas en alguna etapa de sus procesos. Del total de las industrias de este tipo, los porcentajes se distribuyen en la zona metropolitana como sigue:

CUADRO 7

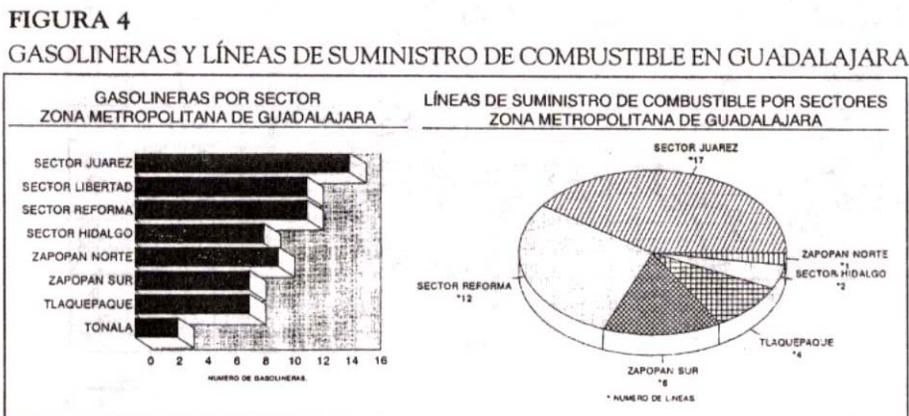
NÚMERO Y PORCENTAJES DE INDUSTRIAS QUE UTILIZAN SUSTANCIAS PELIGROSAS Y NO ESTÁN INCLUIDAS EN LOS LISTADOS OFICIALES

Sector ZMG	Nº industrias	de % del total
Sector Juárez	7	35
Sector Reforma	6	30
Zapopan Sur	3	15
Sector Hidalgo	2	10
Zapopan Norte	1	5
Tlaquepaque	1	5
Sector Libertad	-	-
Tonalá	-	-
TOTAL	20	100

Resulta importante considerar, dentro de las amenazas tecnológicas, las líneas de suministro de combustible y las gasolineras.

FIGURA 4

GASOLINERAS Y LÍNEAS DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE EN GUADALAJARA



Accidentes automovilísticos

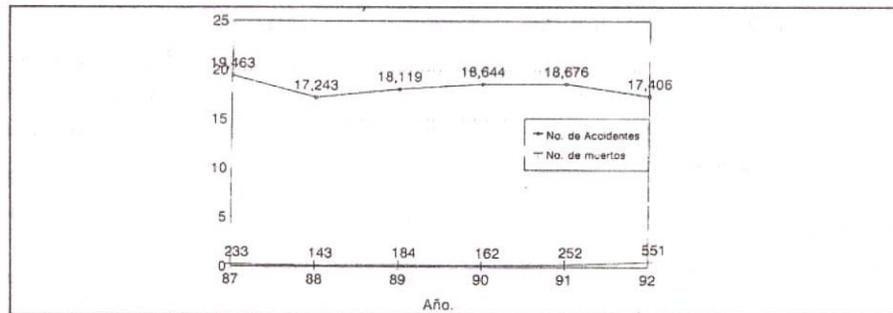
Aun cuando este tipo de amenazas se presenta actualmente en todas las zonas urbanas del mundo, resulta conveniente tener en cuenta que estos accidentes son los que causan, año a año, mayor número de muertes en la ciudad de Guadalajara, como lo ilustra la siguiente figura:

Deslizamientos

De la totalidad de la Zona Metropolitana de Guadalajara considerada como área de estudio en este trabajo, el 4.2% (20.17 km²) presenta susceptibilidad de sufrir deslizamientos.

FIGURA 5
NÚMERO DE MUERTES Y ACCIDENTES AUTOMOVILÍSTICOS EN GUADALAJARA

FIGURA 5
NÚMERO DE MUERTES Y ACCIDENTES AUTOMOVILÍSTICOS EN GUADALAJARA



CUADRO 8
DISTRIBUCIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A SUFRIR DESLIZAMIENTOS

Sector en la ZMG	Superficie en km ²	% del total
Tlaquepaque	6.05	29.99
Zapopan Norte	5.86	29.05
Sector Hidalgo	4.40	21.81
Zapopan Sur	2.60	12.89
Sector Libertad	1.45	7.19
Sector Juárez	0.22	1.09
Tonalá	0.10	0.50
Sector Reforma	-	-
TOTAL	26.17	100.00

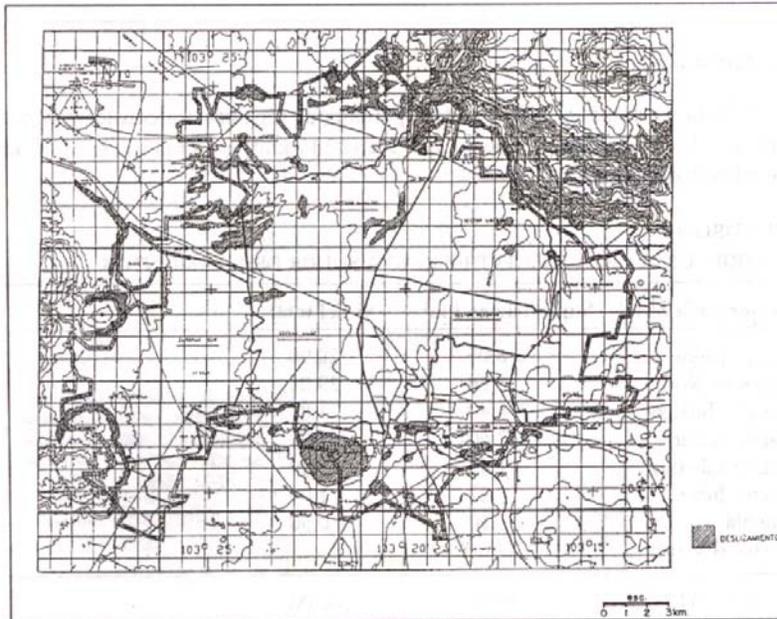
La zona metropolitana, en su acelerado crecimiento, ha tenido que invadir áreas rurales de su alrededor, lo que ha ocasionado serios problemas ambientales. Esta rapidez con que crece la ciudad contribuye a agravar la situación, por la dificultad de dotar de servicios adecuados a las nuevas colonias que se incrementan aceleradamente.

En general, estos nuevos asentamientos son irregulares, por la insegura tenencia de la tierra y la carencia de servicios. Más aún, la demanda de nuevos sitios para asentamientos humanos va creando una especulación de valores del terreno disponible, que determina la ubicación de la población de menores recursos sobre terrenos con más limitaciones naturales de vocación.

En los últimos años se ha observado el crecimiento de la ciudad sobre terrenos de este tipo en sus áreas periféricas: construcciones en lechos de arroyos, en zonas de altas pendientes o cercanas a barrancas y cárcavas, en áreas de antiguas extracciones de materiales, etcétera.

FIGURA 6 UBICACIÓN DE AMENAZAS A DESLIZAMIENTO

FIGURA 6
UBICACIÓN DE AMENAZAS A DESLIZAMIENTO



5.2. Amenazas de importancia

En este grupo, se encuentran las siguientes amenazas:

- Puntos de inundación frecuente con una probabilidad de ocurrencia de por lo menos una en 10 años.
 - Las amenazas que tienen una probabilidad entre 10—100 años, tales como hundimientos y fugas de gasolineras.
 - Las amenazas con una probabilidad de ocurrencia entre 100—1000 años, como subestación de distribución eléctrica, puntos de contaminación del manto freático, canales de aguas negras, y fugas de gasoductos.

Por la gravedad de los niveles de contaminación ocasionados por los derrames en las gasolineras; esta amenaza resulta de consideración en el diseño de un sistema de verificación ambiental permanente para la ciudad.

Por la superficie que ocupan en la zona de estudio, las amenazas por hundimientos (54.52 km²) e inundaciones (27.77 km²) deben ser tomadas en cuenta.

Fenómenos hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos que pueden producir desastres en la Zona Metropolitana de Guadalajara, debido a su situación geográfica, son los siguientes:

Fuertes temporales, como por ejemplo tormentas, rayos, granizo y tomados.
 La entrada a tierra o tránsito cercano de ciclones tropicales.
 Fenómenos causados por una combinación de factores meteorológicos y de otra índole; por ejemplo, inundaciones, inversiones térmicas.

Estos fenómenos originan calamidades como inundaciones, granizadas, rayos, tornados y vientos violentos en la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Inundaciones

En la Zona Metropolitana de Guadalajara, durante el verano y principios de otoño, se presentan las precipitaciones en forma de aguaceros, originadas por convección, por lo que son tormentas intensas, concentradas y de corta duración, que aunadas al incremento de la urbanización, a la progresiva impermeabilidad del suelo y a la falta de trabajos de infraestructura, en el sistema de drenajes, originan inundaciones repentinas, consideradas como las más graves al causar pérdidas de vidas y bienes materiales. La causa principal de que se presente una inundación se debe a la ocurrencia de una avenida extraordinaria (precipitación mayor a 30 mm/h).

Conforme a datos recabados, se identificaron 76 puntos de inundación frecuente, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Sector Juárez	27
Sector Libertad	18
Sector Hidalgo	11
Sector Reforma	12
Tlaquepaque	2
Zapopan Norte	4
Zapopan Sur	2

CUADRO 9

DISTRIBUCIÓN DE AMENAZAS DE INUNDACIÓN EN LA ZMG

Sector en la ZMG	Superficie en km²	% del total
Tlaquepaque	7.	25.64
Sector Juárez	4.65	16.74
Sector Reforma	4.40	15.84
Zapopan Sur	3.55	12.78
Sector Hidalgo	3.20	11.52
Sector Libertad	2.95	10.62
Tonalá	1.00	3.60
Zapopan Norte	0.90	3.24
TOTAL	27.77	100.00

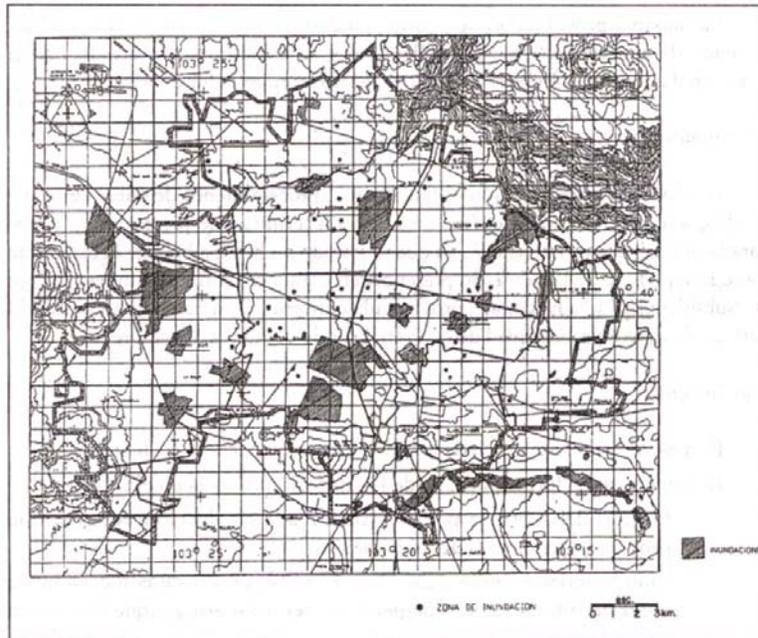
Básicamente, se consideraron como zonas propensas a inundación las siguientes:

- Partes bajas de las cuencas hidrográficas.

- Asentamientos construidos dentro de cauces de arroyos.
- Zonas de depresión natural y pendientes suaves.
- Áreas de acuíferos someros.
- Infraestructura de drenaje pluvial ineficiente o dañada.
- Obras civiles que funcionan como diques ante las corrientes naturales.
- Áreas donde se ha modificado la topografía natural del terreno (generalmente ladrilleras y bancos de material).

FIGURA 7 UBICACIÓN DE AMENAZAS A INUNDACIONES

FIGURA 7
UBICACIÓN DE AMENAZAS A INUNDACIONES



Lluvias intensas

Una lluvia se considera amenaza cuando presenta una intensidad mayor de 30 mm/hora. En Guadalajara, se determinó que la probabilidad de que se presenten lluvias intensas es mayor en el período de junio a agosto, donde las posibilidades de tener una precipitación de 30 mm/h es de 25% en junio, 53% en julio y 39% en agosto.

Ocurrencia de granizo

La probabilidad de ocurrencia de 0, 1, 2 y 3 de granizadas en la ciudad es más alta entre junio y agosto, donde su valor está por encima del 35%; es decir, con un período de retorno de tres años.

Vientos intensos

La máxima probabilidad de ocurrencia de un viento huracanado en Guadajajara, de acuerdo a la escala de Beaufort y su caracterización en efectos en tierra, se da durante los meses de junio a agosto, con un valor de 45%.

inversiones térmicas

Analizando la información obtenida en el procesamiento de datos de radio-sondeo, se concluye en que el tipo de inversión térmica que presenta más riesgo para la salud es el de "radiación", ya que se forman en la capa baja de la atmósfera sobre la superficie de la tierra. Su presencia en conjunto, con inversiones de tipos de "subsidiencias" y "advección", provocan la concentración de contaminantes. El período de mayor probabilidad de ocurrencia es de octubre a diciembre.

Hundimientos

Esta es una amenaza asociada a condiciones que pueden dar lugar a:

- Incrementos, en forma puntual, de la saturación de agua en el subsuelo.
- Erosión del subsuelo por una inadecuada conducción del agua que provoca el fenómeno de tubificación.
- Inundaciones y azolves, debido a la construcción de edificaciones u obras de infraestructura perpendiculares a los arroyos que funcionan como diques.
- Azolve de obras por el arrastre de sedimentos transportados desde otros lugares, o debido al arrastre de basura depositada en cauces abiertos.
- Inundación de áreas modificadas topográficamente, como bancos de material abandonados, o zonas delimitadas por obras de infraestructura construidas por encima del nivel natural del piso, y que funcionan como diques.
- Otro de los factores que han ocasionado problemas de asentamientos, se relaciona a la urbanización de antiguos bancos de material o rellenos.

CUADRO 10
DISTRIBUCIÓN DE AMENAZAS DE HUNDIMIENTO EN LA ZMG

Sector de la ZMG	Superficie en km ²	% del total
Zapopan Norte	29.20	53.55
Sector Hidalgo	9.50	17.42
Zapopan Sur	9.25	16.96
Tlaquepaque	3.30	6.05
Sector Juárez	3.10	5.68
Tonalá	0.17	0.31
Sector Libertad	-	-
Sector Reforma	-	-
TOTAL	54.52	100.00

Hasta la fecha, a pesar de los múltiples accidentes reportados en la Zona Metropolitana de Guadalajara inherentes a este rubro, y de los diversos planes de ordenamiento surgidos, no se ha logrado detener el crecimiento anárquico de la ciudad, y se continúa

fraccionando en los cauces de arroyos, o bien no se detienen asentamientos irregulares construidos en zonas inundables.

5.3. Amenazas leves

Vulcanismo

Geográficamente, la Zona Metropolitana de Guadalajara, al igual que la mayor parte del estado, se encuentra dentro de la Faja Volcánica Transmexicana. Según el Atlas Nacional de Riesgos, el 87.7% de la población del Estado está asentada en esta región y, por lo tanto, está propensa a un riesgo debido a actividad volcánica. La estructura silicia de la primavera es indudablemente la que tiene el mayor potencial para causar serios daños, en el caso de que se genere una erupción, dada su cercanía a la ciudad de Guadalajara.

En tanto, el volcán Colima, localizado a 110 kilómetros al sur de la Z.M.G., ha presentado desde tiempos inmemoriales una actividad continua, en la cual, en estudios recientes, se ha identificado una actividad cíclica de tipo explosivo, que se presenta aproximadamente cada 100 años, siendo las últimas erupciones en 1818 y 1913. En estas dos violentas erupciones, las cenizas expulsadas han sido transportadas por los vientos de dirección norte y noroeste, depositándose en Guadalajara una delgada capa de ceniza, que en la erupción de 1913 alcanzó los 2 cm de espesor.

Evaluación de amenazas

En forma de resumen, se presentan las amenazas identificadas en Guadalajara.

CUADRO 11

AMENAZAS IDENTIFICADAS EN LA ZMG, POR SECTOR O MUNICIPIO

Tipo de amenaza	Hidalgo	Juárez	Reforma	Libertad	Zapopan	Zapopan Norte	Tlaquepaque Sur	Tonalá	Total
Industrias de riesgo	3	26	16	5	10	2	0	1	63
Ind. Potencialmente peligrosas	2	7	6	0	1	3	1	0	20
Ind. Con alto consumo de energía	2	18	18	0	1	4	6	0	49
Cruceros Peligrosos	32	19	13	9	16	9	15	0	113
Gasolineras	9	15	12	12	10	8	10	3	79
Gasoductos	2	17	12	0	1	6	4	0	42
Subestación de distribución eléctrica	3	0	1	1	3	2	1	1	12
Puntos de inundación frecuente	8	15	6	12	5	4	4	0	54
Inundación	3	2	7	1	1	5	7	7	33
Deslizamiento	6	2	0	2	15	3	15	3	56
Hundimiento	1	8	0	0	1	8	16	2	36

FIGURA 8

DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE HUNDIMIENTO EN GUADALAJARA

El nivel de amenazas más frecuente en la ciudad es bajo (considerando que el nivel muy bajo incluye también una franja alrededor de la ciudad que no está habitada), seguido del nivel medio. Sin embargo, en aquellos lugares donde los niveles de amenaza son altos y muy altos, se debe planificar con la idea de prevenir las contingencias según la naturaleza de la amenaza presente.

CUADRO 12

NIVELES DE AMENAZAS

Nivel de amenaza	Superficie en km ²	% del total
Muy bajo	325	65.26
Bajo	155	31.12
Medio	14	2.81
Alto	3	0.60
Muy alto	1	0.20
TOTAL	498	100.00

5.4. Vulnerabilidad

El nivel de vulnerabilidad más frecuente encontrado en la Zona Metropolitana es el nivel bajo, aunque éste incluye lugares donde no existe población. Sin embargo, en la zona urbanizada de la ciudad, los niveles más frecuentes son el nivel medio y alto.

CUADRO 13

NIVELES DE VULNERABILIDAD EN LA ZMG

Nivel de amenaza	Superficie en km ²	% del total
Muy bajo	75	15.06
Bajo	245	49.20
Medio	104	20.88
Alto	74	14.86
Muy alto	-	-
TOTAL	498	100.00

Es conveniente señalar que estos niveles de vulnerabilidad se relacionan con los recursos disponibles para atender una emergencia.

CUADRO 14

RECURSOS PARA SERVICIOS DE SALUD

Unidades de salud	16	Segundo y tercer nivel (sector oficial y de seguridad social)
Número de camas	4.438	5.6 por cada 1000 hab.
Número de ambulancias	85	1 ambulancia para cada 9260 hab.
Número de médicos	4.624	1 médico por cada 170 hab.
Número de enfermeras	7.444	1 enfermera por cada 105 hab.

5.5. Riesgo

Los niveles de riesgo identificados en la ciudad están reportados en las categorías: bajo, medio y alto, en una clasificación relativa, que considera los niveles presentes actualmente en la zona metropolitana. De éstos, el nivel más distribuido es el riesgo bajo, siguiéndole el riesgo medio y alto. La población estimada que habita en las zonas de riesgo alto es de aproximadamente 48,240 personas.

CUADRO 15

NIVELES DE RIESGO EN LA ZMG

Nivel de riesgo	Superficie en km ²	% del total
Bajo	294	59.04
Medio	191	38.35
Alto	13	2.61
TOTAL	498	100.00

Esta primera aproximación de evaluación de riesgo en Guadalajara es útil para jerarquizar zonas propensas a desastres, e iniciar una serie de investigaciones y monitoreos, que permita alcanzar el nivel de detalle requerido para la implementación de programas de manejo de riesgos por zonas y tipos de amenazas.

Se requiere iniciar un manejo de riesgos en zonas críticas y en las de alta vulnerabilidad a los accidentes tecnológicos. Una preparación para emergencias sísmicas en toda la ciudad resulta igualmente necesario; en especial, en aquellas áreas que, por su tipo de construcción, resultan muy vulnerables.

La variedad de amenazas existentes y los sucesos acontecidos en los últimos años exigen implementar, en lo inmediato, un programa de manejo de riesgos en Guadalajara, para evitar futuras catástrofes en nuestra ciudad.

El análisis de riesgo aquí presentado nos lleva a considerar que una evaluación de este tipo debe ser parte del diagnóstico que se realice para identificar aquellas áreas con vocación urbana, bajo el supuesto que serán aquellas que no representen un riesgo para la integridad de sus habitantes, mediante el análisis de incompatibilidad entre el uso industrial y los asentamientos humanos, así como el análisis de las limitaciones físicas del terreno para el uso habitacional.

De igual forma, este trabajo no sólo se limita a señalar el riesgo, sino que, además, su metodología ofrece la posibilidad de que, en aquellas áreas donde se ha detectado un nivel de riesgo importante, se pueda definir si es por la presencia de una amenaza, o bien por su condición de vulnerabilidad.

Para el caso de vulnerabilidad, ésta puede ser modificada implementando comunicación de riesgo, y desarrollando infraestructura para la respuesta a emergencias. Para el caso de amenazas, se debe considerar que existen de carácter modificable y no modificables. Para el caso de las primeras, donde se incluyen las industrias peligrosas, éstas deben trabajar en programas de manejo de riesgo, para disminuir la probabilidad de fugas y derrames; si ello no es posible, por su nivel tecnológico, la opción sería su

reubicación. Para aquellas amenazas inmodificables, éstas deberán considerarse como guías para limitar el desarrollo urbano en la ciudad hacia condiciones ambientalmente inadecuadas.

BIBLIOGRAFÍA

ALDANA TORRES, P., 1984, *Atención de casos de emergencia producidos por agentes químicos en México*. En: Simposio sobre emergencias por agentes químicos (Meteppec, México. 1984). México. ECO. 1984,

American Institute of Chemical Engineers, 1985, *Guidelines for hazard evaluation procedures*. New York. 182p.

ARCOS SERRANO, ME. et al., 1992. *Transporte, destino y toxicidad de constituyentes que hacen peligrosos a un residuo*. México. CENAPRED. 184p.

ARTURSON, G., 1987, *The tragedy of San Juanico - the most severe LPG disaster in history*. En: Burns (v. 13 n° 2)

Asociación Nacional de la Industria Química, 1991, *Manual de diez acciones seguras para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos*. México. ANIQ. 80 pp.

1992, Anuario estadístico de *la industria química mexicana*. México. ANIQ. 345 pp.

1992, *Guía de respuestas iniciales en caso de emergencias ocasionadas por materiales peligrosos; sistema de emergencias en transporte para la industria química*. Recop. Luis Soria Puente. México. Asociación Nacional de la Industria Química. 225 pp.

ASSAR, M, 1971, *Guía de saneamiento en desastres naturales*. Ginebra. OMS. 142 pp.

BELL, P, 1988, *Guía para la planificación de emergencias por desastres*. San José, Costa Rica. Comisión Nacional de Emergencias. 8 pp.

BODURTHA, FT, 1980, *industrial Explosion prevention and protection*. U.S.A. McGrawHill. 167 pp.

BOLSTRIDGE, J.C, 1992, *EPCRA data on chemical data on chemical releases, inventories, and emergency planning; a guide to the information on industrial facilities and chemicals available under the emergency planning and community right—to—know act*. New York. Van Nostrand Reinhold. 208 pp.

BOTTS, J.A. et al., 1989, *Toxicity reduccion evaluation protocol for municipal waste water treatment plants*. Cincinnati, Ohio. EPA. 60 pp.

BOURDEAU, P. y Green G. eds., 1989, *Methods for assessing and reducing injury from chemical accidents*. New York. John Wiley & Sons. 303 pp.

BUSTO. H. del, 1984, *Protección contra incendios. En: Memorias del primer seminario nacional sobre atención de desastres*. Guatemala. Colegio de Arquitectos.

BURBANO DIAGO, J., 1993, *Riesgos ambientales; propuestas de acción*. Seminario Nacional sobre Riesgos en las Grandes Ciudades. Universidad de Guadalajara (en prensa).

Caja Costarricense de Seguro Social, 1980, *Emergencia masiva y desastre; plan de acción*. 2ed. San José, Costa Rica. Caja Costarricense de Seguro Social. 33 pp.

CALABRESE, E.J.; KENYON, M., 1991, *Air toxics and risk assessment*. Michigan. Lewis. 662 pp.

CAMACHO, P. y MONTERO A., 1993. *El factor energía y los desastres naturales en Costa Rica: estudio de caso*. Costa Rica. Dirección Sectorial de Energía MIREMEM, Comisión Nacional de Emergencia. 24 pp.

CAMPBELL, R.L.; LANGFORD, E., 1991, *Fundamentals hazardous materials incidents*. Michigan. Lewis Publishers. 449 pp.

CARDENAS GIRALDO, C., 1990, *Sistema nacional para la prevención y atención de desastres de Colombia. En: Seminario de desastres sísmicos en grandes ciudades*.

Enseñanzas en mitigación y operativos de emergencia (1:Colombia:1990). Colombia. Sistema nacional para la prevención y atención de desastres.

CARDONA ARBOLEDA. O.D., 1989, *Análisis de vulnerabilidad y evaluación del riesgo para la salud de una población en caso de desastre*. Ministerio de Salud, 39 pp.

Centro de Actualización Profesional, 1992, *Patronato para el auxilio e indemnización de los afectados, reconstrucción y adecuación de la zona siniestrada del sector reforma de Guadalajara*. Guadalajara, Jal. Centro de Actualización Profesional. 4 v.

Centro de Colaboración para Situaciones de Emergencia, 1992, *Organización local para situaciones de emergencia. Productos de experiencias realizadas a nivel local*. Roma, CCSE 275 pp.

Centro Nacional de Prevención de Desastres., s.f., *Medidas de protección civil*. México CENAPRED, SA. 7 pp.

s.f., *Guía práctica; comunicación para la prevención de desastres*. México. CENAPRED, 88 pp.

s.f., *¿Qué hacer en caso de sismo?* México. CENAPRED Secretaría de Gobernación. 8 pp.

1993, *Guía práctica; simulacros de evaluación*. 2 ed. México CENAPRED. 87 pp.

Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1984, *Manejo de riesgos en la seguridad de sustancias químicas*. México. ECO. 45 pp.

1986, *Protocolo estandarizado para estudios de campo sobre exposición a plaguicidas*. México. ECO. 27 pp.

1986, *Clasificación de plaguicidas conforme a su peligrosidad: recomendada por la Organización Mundial de la Salud*. México. ECO. 82 pp.

1986, *Plaguicidas; la prevención de riesgos en su uso: manual de adiestramiento*. México. ECO. 205 pp.

1987, *Programa regional de seguridad de sustancias químicas PRSSQ*. Documento presentado por la XXII Conferencia Sanitaria Panamericana. Washington. OPS, OMS. ECO. 39 pp.

1988, *Guías para evaluar riesgos de mutagenicidad*. México. EPA. ECO. OPS, OMS. IX, 22 pp.

1988, *Guías para evaluar riesgos para la salud por mezclas químicas*. México. EPA. ECO. OPS, OMS. 38 pp.

1988, *Guías para evaluar riesgos carcinogénicos*. EPA. México. ECO. OPS, OMS, X. 42p.

1988, *Clorobencilato: efectos sobre la salud y el ambiente*. Documento provisional. México. EPA. ECO. 28 pp.

1990, *Glosario de términos en salud ambiental: con especial énfasis en los efectos en la salud relacionados con las sustancias químicas*. México. ECO. 73 pp.

1990, *Glosario de términos sobre seguridad de las sustancias químicas para ser usados en las publicaciones del PISSQ*. México. ECO 72 pp.

1992, *Evaluación y manejo de riesgos; sistema para la toma de decisiones*. México. ECO. 37 pp.

1992, *Evaluación y manejo de riesgos; sistema para la toma de decisiones*. México. ECO. EPA. 37 pp.

CHACON, J.J. et al., 1993, *Uso del suelo confines constructivos en áreas de amenaza*. San José, Costa Rica. Comisión Nacional de Emergencia. 53 pp.

CHAVEZ ARÉVALO, A. 1988, *Concientización a la población para la prevención de accidentes*. En: *Memoria del curso nacional de prevención de accidentes*. México. SSA. OPS.

CHICKEN, J.C., 1986, *Risk assessment for hazardous installations*. Oxford. 279 pp.

CLAYTON. GD. y CLAYTON FE. eds., 1991, *Patty's industrial hygiene and toxicology*. 4 ed. New York. John Wiley Sons. 1079 pp.

COBURN A.W. SPENCE R.J.S y POMONIS A., 1991. *Vulnerabilidad y evaluación de riesgo*. Cambridge. PNUD. UNDRO. 57 pp.

COHEN. R. JARAMILLO BORGES, Y., 1991. *Documento básico para la elaboración de un plan nacional de salud mental en desastres*. San José, Costa Rica. Ministerio de Salud. 23 pp.

COHEN, R.E. y AHEARN F.L., 1989, *Manual de la atención de salud mental para víctimas de desastres*. México. Haría. 126 pp.

Comisión Federal de Electricidad. 1989. *Desarrollo del mercado eléctrico 1984-1988*. México. CFE, Subdirección de Construcción. 347 pp.

Comisión Metropolitana para Prevención y Control de la Contaminación en el Valle de México, 1992, *Estrategia para prevención de desastres, minimización de riesgos y protección civil en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. México. Comisión Metropolitana para Prevención y Control de la Contaminación en el Valle de México. 1992, 85 pp.

Comisión Nacional del Agua, s.f., *Qué hacer cuando se presenta un ciclón tropical*. México. Comisión Nacional del Agua. 5 pp.

Comisión Nacional de Emergencia, 1992, *Plan familiar de emergencia*. San José. Costa Rica. CNE. 24 pp.

1993, *Plan comunal de emergencia*. San José, Costa Rica. Comisión Nacional de Emergencia. 19 pp.

1993, *Plan nacional de emergencia*. 7, Sector agropecuario. San José, Costa Rica. Comisión Nacional de Emergencia. 36 pp.

s.f., *Seminario taller de vulnerabilidad del sector energía ante los desastres naturales: Conclusiones y recomendaciones*. 21 pp.

Commission of the European Communities, 1991, *International chemical safety cards*. Luxembourg. Commission of the European Communities.

Comité de análisis y aprobación de los programas para la prevención de accidentes, 1993, *Guía para la elaboración de los programas para la prevención de accidentes*. México. Comité de análisis y aprobación de los programas para la prevención de accidentes. 23 pp.

Comité Regional de Emergencias, s.f., *Plan operativo de emergencia*. Caldas, Costa Rica. Departamento de Caldas. Comité Regional de Emergencia. 43 pp.

Consejo Mexicano de Ciencias Sociales. A.C., 1993, *Red de estudios sociales en prevención y ejecución de desastres en América Latina*. Perú. COMESCO. 60 pp.

Consejo Nacional de Emergencia, 1989, *Posos a seguir en la preparación y ejecución del plan de emergencia*. Guatemala. CONE. 35 pp.

Corporación Radián, 1993, *Curso de capacitación en materia de riesgo ambiental*. Puerto Vallarta, Jal. Corporación Radián.

Cortinas de Nava, C., 1992, *Regulación y gestión de productos químicos en México, enmarcados en el contexto internacional*. México, SEDESOL. 267 pp.

COTÉ, P. GILLIAM, M. eds., 1989, *Environmental Aspects of Stabilization and Solidification of Hazardous and Radioactive Wastes*. Baltimore. ASTM. 440 pp.

COVELLO, VT. et al. eds., 1985, *Environmental impact assessment, technology assessment, and risk analysis*. Contributions from the psychological and decision sciences. New York. Springer-Verlag. 1068 pp.

COX, G. LANGFORD. B. eds., 1991, *Fire safety science proceedings of the third international symposium*. Gran Bretaña. Elsevier Applied Science. 1045 pp.

Cruz Roja Mexicana, 1987, *Curso básico en desastres*. México. Cruz Roja Mexicana. 53 pp.

Department of Transportation, 1987, *Emergency Guidebook*. Washington. Department of Transportation. 82 pp.

Environmental Protection Agency, 1981, *Mine waste disposal technology*. Bureau of Mines Technology Transfer Workshop. Cincinnati, Ohio, EPA. 70 pp.

1983, *Design manual; municipal waste water stabilization ponds*. Washington, D.C. EPA. 327 pp.

1988, *Chemicals in your community: a guide to the emergency planning and community right-to-know act*. Washington. EPA. 36 pp.

1989, *Technology transfer seminars "corrective actions; technologies and applications"* (Houston, Texas. 1988) Corrective action; technologies and applications. Cincinnati, Ohio. EPA. 87 pp.

1989, *Risk assessment guidance for superfund. Human health evaluation manual (part A)*. Interim final. EPA. 280 pp.

1990, *Risk assessment, management and communication of drinking water contamination*. Washington. EPA. 154 pp.

1990, *Exposure factors handbook*. Washington, D.C. EPA. 257 pp.

1990, *Guides to pollution prevention; the pesticide formulating industry*. Cincinnati, Ohio. EPA. 54 pp.

1991, *Guides to pollution's prevention; the automotive refinishing industry*. Cincinnati, Ohio. EPA. 47 pp.

1991 *Evaluating exposures to toxic air pollutants. A citizen's guide*. Washington. EPA. 6 pp.

1991, *Design manual; constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal waste water treatment*. Cincinnati, Ohio. EPA. 83 pp.

1991, Summary report on issues in ecological risk assessment. Washington. EPA. 215 pp.

1991, Risk assessment *for toxic air pollutants. a citizen's guide*. Washington. EPA. 10 pp.

1992, Risk assessment. Washington. EPA. 8 p.

1992, *Managing chemicals safety. Putting it all together*. Washington. EPA. 24 pp.

FAVA. J.A. et al., 1989, *Generalized methodology for conducting industrial toxicity reduction evaluations (TREs)*. Cincinnati, Ohio. EPA. 94 pp.

FODEN, C.R., s.f., *Hazardous materials; emergency action data Charles R. Foden*. Boca Ratón, Florida. Lewis. 1204 pp.

FOSTER, H.D. 1980. *Disaster planning; the preservation of life and property*. New York. Springer-Verlag. 274 pp.

GARABELLO, R.S., s.f., *Organización e integración de las comunicaciones en función de la defensa civil*. Buenos Aires. OPS, 14 pp.

GARDUÑO CUENCA, E., 1988, *Prevención de accidentes en el hogar. En: Memoria del curso nacional de prevención de accidentes*. México. SSA. OPS.

Government of Canada, 1991. *Toxic chemicals in the Great Lakes an associated effects: synopsis*. Canada. 51 pp.

GOYET, C. de V. de SEAMAN, J. y GEIJER U., 1983, *El manejo de las emergencias nutricionales en grandes poblaciones*. Washington. D.C. OPS. 90 pp.

GUTIÉRREZ, C.A. et al., 1992, *Análisis de efectos de sitio en el área de Puerto Limón, Costa Rica usando sismogramas digitales*. México. CENAPRED. 146 pp.

HIJAR MEDINA, MC., 1988, *La investigación en la prevención de accidentes. En: Memoria del curso nacional de prevención de accidentes*. México. SSA. OPS.

HITES, R.A., 1992, *Handbook of mass spectra of environmental contaminants*. 2 ed. Boca Ratón, Florida. Lewis Publishers. 581 pp.

Hospital Mental Nuestra Señora del Perpetuo Socorro, 1989, *Plan de emergencia y evacuación hospitalaria*. San Juan de Pasto. Costa Rica. Comité de emergencias del hospital. 28 pp.

Instituto Costarricense de Electricidad, 1990, *Planificación para desastres; el proceso y el método*. San José, Costa Rica. Instituto Costarricense de Electricidad. 27 pp.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1989. XIII Censo Industrial; *resultados definitivos*. INEGI. Aguascalientes, Ags. INEGI. 508 pp.

1993, *Jalisco, sistema para la consulta de información censal (SCINCE)*. Resultados definitivos, XI Censo General de Población. México. INEGI. 62 pp.

Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1990, *Riesgos geológicos en España*. Madrid. El Instituto, 19 pp.

Internacional Labour Office, 1983, *Encyclopaedia of occupational Health and Safety*. Third edition. Geneva. 2296 pp.

1988, *Major hazard control; a practical manual*. Geneva. 296 pp.

JIMÉNEZ ESPINOSA, M., 1992, *Diagnóstico sobre inundaciones ocurridas en las principales cuencas de la República Mexicana*. (Regiones hidrológicas N^o 24 media, 24 baja y 25) México. CENAPRED. 81 pp.

KUMASHIRO, M. Ed., 1991, *Towards human work; solutions to problems in occupational health and safety*. London. Taylor & Francis. 426 pp.

La Red., 1993, *Desastres & Sociedad; Especial: Las explosiones de Guadalajara*. 1(1). Tercer Mundo Editores, Colombia.

LAWLESS, E.W.; FERGUSON, T.L. y MEINERS A.F, 1975, *Guidelines for the disposal of small quantities of unused pesticides*. Cincinnati, Ohio. EPA. 322 pp.

LEES, F.P., 1980, *Loss prevention in the process industries: hazard identification, assessment and control*. London. Butterworths. 2 v.

LIMA, B. y GAVIRIA M. eds., 1989, *Consecuencias psicosociales de los desastres; la experiencia latinoamericana*. Chicago. Hispanic American Family Center. 265 pp.

LU, F.C, 1991, *Basic toxicology, fundamentals, target organs, and risk assessment*. 2nd. New York. Hemisphere Publishing. 361 pp.

MARTÍNEZ OLIVA, L., 1990, *Cáncer y ambiente: bases epidemiológicas para su investigación y control; métodos epidemiológicos*. México. ECO. 187 pp.

MCCALL, G.J.H., LAMING. C. y SCOTT, S.C. eds., 1992. *Geohazards; natural and man—made*. Londres. Chapman & Hall 227 pp.

MEDINA, M.; GUZMÁN. U.. 1990, *Análisis de vulnerabilidad sísmica de los sistemas de Barcelona—Puerto La Cruz— Guanta*. Puerto La Cruz, Costa Rica. Universidad de Oriente. 20 pp.

MENÉNDEZ GARCÍA, J., 1987, *Microzonificación de la ciudad de Cusco: En: Memorias del 1er simposium nacional de prevención y mitigación de desastres naturales* (1:Lima, Perú: 1987). Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil.

Minister of Supply and Services, 1990, *International register of potentially toxic chemicals*. IRPTC Databases on-line. Canada. Minister of Supply and Services. 60 pp.

1992, *Dangerous goods initial emergency response guide*. Ottawa. 216 pp.

Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 1985, *inversión municipal y financiación del planeamiento*. Madrid. MOPU. 205 pp.

1985, *Gerencias y oficinas municipales de gestión urbanística, análisis comparado y propuestas operativas*. Madrid. MOPU. 119 pp.

1991. Seminario sobre tratamiento y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos. *Residuos tóxicos, tratamiento y eliminación*. España. MOPT. 488 pp.

Ministerio de Salud, 1989, *Plan de contingencia; manual operativo*. República de Panamá. Ministerio de Salud. 83 pp.

MOLINELLI, R.P. et al. eds., 1992, *Material safety data sheets. the write's desk reference Florida*. Hills and Garnett Publishing, Inc. 394 pp.

MONGE BOLAÑOS, G. comp.. 1992, *Programa educativo para emergencias: compendio general sobre desastres*. San José, Costa Rica. Gráfica Cabal. 90 pp.

Munich Re., 1988, *World Map o f Natural Hazards*, (2nd revised edition). The Munich Reinsurance Company, Munich.

National Fire Protection Association, 1984, *Fire protection guide on hazardous materials*. 9ed, New Orleans. NFPA. v.

Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, Colombia, 1991, *Identificación y manejo de asentamientos humanos en zonas de riesgo*. 21 pp.

Organización de las Naciones Unidas, 1977, *Aspectos económicos*. New York. Naciones Unidas. 71 pp.

1977, *Aspectos relativos al aprovechamiento de la tierra*. New York. Naciones Unidas. 73 pp.

- 1979, *Aspectos sismológicos*. New York. Naciones Unidas. 130 pp.
- 1984, *El alojamiento después de los desastres: directrices para la prestación de asistencia*. New York. Naciones Unidas. 86 pp.
- 1990, *Recommendations on the transport of dangerous goods*. 6ed Chicago, IL. Labelmaster. 482p.
- 1991, *Prevención y mitigación de desastres: compendio de los conocimientos actuales*. Nueva York. Naciones Unidas. 145 pp.
- Organización Mundial de la Salud, 1981, *Guía para la administración sanitaria de emergencia con posterioridad a los desastres naturales*. Washington, D.C. OMS. 75 pp.
- 1982, *Control de vectores con posterioridad a los desastres naturales*. Washington, D.C. OMS. 103 pp.
- 1982, *Salud ambiental con posterioridad a los desastres naturales*. Washington. OMS. 60 pp.
- 1983, *Organización de los servicios de la salud para situaciones de desastre*. Washington, D.C. OMS. 107 pp.
- 1983, *Suministros médicos con posterioridad a los desastres naturales*. Washington, D.C. OMS. 145 pp.
- 1985, *Crónica de desastres; erupción volcánica en Colombia, noviembre 13. 1985*. Washington, D.C. OMS. 159 pp.
- 1989, *Evaluación de necesidades en el sector salud con posterioridad a inundaciones y huracanes*. Washington, D.C. OMS. 67 pp.
- 1989, *El personal local de salud y la comunidad frente a los desastres naturales*. Ginebra. OMS. 97 pp.
- Organización Panamericana de la Salud, 1985, *Terremoto en México, setiembre 19 y 20, 1985*. México. OPS. OMS. 84 pp.
- 1986, *Reunión sobre asistencia internacional de socorro sanitario en América Latina*. (San José, Costa Rica, 1986). Recomendaciones aprobadas en la reunión sobre asistencia internacional de socorro sanitario en América Latina. San José, Costa Rica. OPS. 20 pp.
- 1988, *Administración de emergencias en salud ambiental y provisión de agua*. Washington. D.C. OPS. 36 pp.
- 1988, *Memorias del simposio regional la problemática de las sustancias químicas y la salud ambiental*. Brasil. OPS, OMS, ECO. 194 pp.

1989, *Evaluación de necesidades en sector salud con posterioridad a inundaciones y huracanes*. Washington, D.C. OPS. 68 pp.

1989, *Control de vectores con prosperidad a los desastres naturales*. 3 ed. Washington OPS. 104 pp.

1990, *Manual sobre preparación de los servicios de agua potable y alcantarillado para afrontar situaciones de emergencia*. San José, Costa Rica. OPS. 4 v.

1991, *Asistencia internacional de socorro comunitario: guía para proveer ayuda eficaz*. 1990-1999. CR. OPS. 141 pp.

1991, *Desindex. Bibliografía sobre desastres*. San José, Costa Rica. OPS. 2v.

s.f., *Administración sanitaria de emergencia con posterioridad a los desastres naturales*. Guía de estudio. Washington. OPS. 51 pp.

Oficina de Atención de Desastres de Metro Salud, 1990, *La administración municipal en la atención y preparación en desastres*. Colombia. Oficina de Atención de Desastres de Metro Salud. 93 pp.

PALACIOS. M. y SARAIVIA O., 1988, *Cuantificación de daños económicos y sociales en los asentamientos humanos en precario ante la incidencia de los fenómenos naturales*. San José, Costa Rica. ICAP. 39 pp.

PAUSTENBACH, D.J. Ed., 1989, *The risk assessment of environmental and human health hazards: a textbook of case studies*. New York. John Wiley & Sons. 1155 pp.

PICKETT. S.T.A.; WHITE, P.S. eds.. 1985, *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. San Diego, CA. Academic Press. 472 pp.

Presidencia de la República, 1987, *Atención de emergencias. Bases para la elaboración del plan nacional*. Bogotá, Colombia. Presidencia de la República. 202 pp.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1989, *Concientización y preparación para emergencias a nivel local; un proceso para responder a los accidentes tecnológicos*. París. PNUMA. Departamento para la Industria y el Medio Ambiente. 71 pp.

Protección Civil del Estado de Jalisco, 1992, *Control y combate de incendios*. Guadalajara, Jal. Protección Civil del Estado de Jalisco. 36 p.

1992, *Procedimiento de evacuación de planteles escolares*. Guadalajara, Jal. Protección Civil del Estado de Jalisco. 48 pp.

1992, *Manual de evacuación escolar*. PCEJ. Guadalajara. Jal. Protección Civil del Estado de Jalisco. 24 pp.

1993, *Programa de operaciones. Fenómenos hidrometeorológicos, estado de Jalisco* 1993. Guadalajara, Jal. Protección Civil del Estado de Jalisco. 32 pp.

QUARANTELLI, E., 1994, *Disasters and Catastrophes: Their conditions in and consequences for social development*. Seminario Internacional Sociedad y Prevención de Desastres. Coordinación de Humanidades, UNAM, México.

REYES, F.G.R y ALMEIDA W.F. eds., 1992. *Toxicología prospectiva y seguridad química*. México. ECO. 231 pp.

RICHTER ELIHU D., PAMELA V. DEUTSCH, JACOV ADLER, 1992, *Recognition and use of sentinel markers in preventing industrial disaster*. En: Administrator (oct. -dic. 1992).

RIVERA GARCÍA, E.C.C.; QUESADA VARGAS. O. y ARGUEDAS NEGRINI, J.L., 1988, *Informe vulnerabilidad sísmica del sistema de tuberías del acueducto metropolitano de San José*. Primera etapa. San José, Costa Rica. 24 pp.

ROBERTS, L.; WEALE, A. eds.. 1991, *Innovation and environmental risk*. London. Belhaven Press. 186 pp.

ROBINSON. W.D. ed., 1986, *The solid waste handbook, a practical guide*. USA. John Wiley & Sons. 811 pp.

Rocky Mountain Mineral Law Foundation, 1988, *Environmental consideration in natural resource and real property transactions*. Denver, Colorado. Rocky Mountain Mineral Law Foundation. 367 pp.

RODRICKS. JOSEPH V., 1992, *Calculated risks, understanding the toxicity and human-health risks of chemical in our environment*. Cambridge. Cambridge University. 256 pp.

ROJAS, D., 1993., *El ciclo de los desastres*. Daniel Rosas, Lorena Romero, Xinia Guerrero.— San José, Costa Rica. Comisión Nacional de Emergencias. 22 pp.

ROMERO, L.; QUIROS. G.; y ROSAS, D., 1993, *Guía para elaborar un plan de emergencia en centros de trabajo*. Costa Rica. Comisión Nacional de Emergencia. 26 pp.

ROMERO, G., 1984. *Protección y reforzamiento de casas en áreas inundables*. Lima, Perú. Centro de estudios y prevención de desastres. 26 pp.

ROTHENBERG, E.B.; TELEGO. D.J., 1991. *Environmental risk management, a desk reference*. Alexandria, Virginia. RTM Communications, Inc. 854 pp.

RUSSINÉS TORREGROSA, J., 1984, *Planes generales; manual de los estudios económico-financieros*. España. MOPU. 89 pp.

SALAS SALINAS, M.A., 1992, Diagnóstico sobre inundaciones ocurridas en las principales cuencas de la República Mexicana (regiones hidrológicas no. 26 y 27) México. CENA-PRED. 67 pp.

SALAS SALINAS, MA. y JIMÉNEZ ESPINOZA, M., 1993, Diagnóstico sobre inundaciones ocurridas en las principales cuencas de la República Mexicana (regiones hidrológicas no. 23, 28 y 29) México. CENAPRED. 51 pp.

SALAZAR, R., 1992, Normativa ambiental sobre productos químicos peligrosos o riesgosos. Costa Rica. Fundación AMBIO. 53 pp.

1993, Normativa ambiental sobre productos peligrosos o riesgosos. San José, Costa Rica. AMBIO. 53 pp.

SAUTER F. y SHAH, H.C. 1978, Estudio de seguro contra terremoto. Instituto Nacional de Seguros, San José, Costa Rica.

SAVAGE, P.E.A., 1989, Planeamiento hospitalario para desastres. México. Haría. 197 pp.

SCWEITZER, G.E; y SNTOLUCITO, J.A. eds., 1984, *Environmental Sampling for Hazardous Wastes*. Washington. 133 pp.

SEAMAN, J.; LEIVESLEY, S. y HOGG, C.. 1989, Epidemiología de desastres naturales. México. Harla. 161 pp.

Secretaría de Educación Pública, 1986, *Guía de capacitación para la implantación del programa nacional de seguridad y emergencia escolar*. México. SEP. 112 pp.

Secretaría de Salubridad y Asistencia, 1988, *Memoria del curso nacional de prevención de accidentes*. México. SSA. 77 pp.

1991, *Anuario estadístico*. 1991. México. SSA. Dirección General de Estadística, Informática y Evaluación, 464 pp.

s.f, *Guía de organización de los auxilios en casos de desastre; defensa civil*. México. SSA.

Secretaría de Gobernación, 1991, *Atlas Nacional de Riesgos*. México. Secretaría de Gobernación. 121 pp.

1993, *Guía técnica para la implementación del plan municipal de contingencias*. México. Secretaría de Gobernación. 68 pp.

SELL, N.J., 1992, *Industrial pollution control*. New York. Van Nostrand Reinhold. 403 pp.

SHERMA, J., 1981, *Manual of analytical quality control for pesticides and related compounds*. In: Human and Environmental Samples. Washington, D.C. EPA. 455 pp.

SILANO, V., 1985, *Evaluación de riesgos para la salud pública asociados con accidentes causados por agentes químicos*. México ECO. 91 pp.

SINGHAL, R.K. [et al] eds., 1992, *Environmental issues and management of waste in energy and mineral production*. Rotterdam. A.A. Balkema. 2 v.

SLATER, D.H.; CORRAN, E.R. y PITBLADO. R.M. eds., 1986, *Major industrial hazards project report*. Sydney. Australia. The University of Sydney. 17 pp.

SMITH, K., 1992. *Environmental hazards. Assessing risk and reducing disaster*. New York. Routledge. 324 pp.

Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A.C., s.f.. *Generación y gestión de residuos peligrosos*. SMISA, SA. 112 pp.

SOLIS SÁNCHEZ, N., 1991, *Plan institucional de emergencias; manual de procedimientos*. Costa Rica. Programa educativo de emergencias. 16 pp.

1992, *Plan institucional de emergencias; manual de procedimientos*. 2 ed. San José, Costa Rica. Gráfica Cabal. 22 pp.

THOMAS, J.M. et al., 1987, *Leaking underground storage tanks; remediation with emphasis on in situ bioremediation*. Ada, Oklahoma. EPA. 103 pp.

TOLEDO, K.J., 1984, *Sistemas de comunicación en caso de desastre*. En: *Memorias: el primer seminario nacional sobre atención de desastres*. Guatemala. Colegio de Arquitectos.

United Nations Environmental Program, 1991, *Hazardous waste policies and strategies. a training manual*. Paris. UNEP. 253 pp.

1991, *Tanneries and the environment; a technical guide to reducing the environmental impact of tannery operations*. Francia. UNEP.

1992, *Hazard identification and evaluation in a local community*. Francia, UNEP. 86 pp.

VÁZQUEZ CONDE, M.T. y DOMÍNGUEZ MORA. R.. 1993, *Regionalización de los gastos máximos anuales en diversas regiones hidrológicas de la República Mexicana*. México. CENAPRED. 54 pp.

VÁZQUEZ CONDE, M.T., 1991, *Diagnóstico sobre inundaciones ocurridas en las principales cuencas de la República Mexicana* (regiones hidrológicas N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) México. CENAPRED. 56 pp.

VEGA, S.; REYNAGA, J., 1985, *Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales*. México. ECO.

WESTERN, K.A., 1983, *Vigilancia epidemiológica con posterioridad a los desastres naturales*. Washington. OPS. OMS. 100 pp.

WIJKMAN, A.; TIMBERLAKE, U., 1986, *Natural disasters; acts of god or act of man?* Washington. Earthscan. 145 pp.

ZAGASKI, C.A., 1991, *Environmental risk and insurance*. Michigan. Lewis. 656 pp.

CAPÍTULO 10: MAPEO DIGITAL DEL ESTADO DE RÍO DE JANEIRO Y DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PARAÍBA DEL SUR

Elaine Ferreira Gomes - Sonia María Beltrão - Teresa Cristina Veiga*

1. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

1.1. Propósito de la aplicación

En febrero de 1988, las lluvias de verano causaron grandes estragos en Río de Janeiro, sobre todo en su región metropolitana: hubo deslizamientos en las laderas, y las regiones más bajas sufrieron inundaciones de los ríos que las atraviesan. En estos sitios se ubican las viviendas de las poblaciones de bajos ingresos, y fueron ellas, sobre todo, las que sufrieron mayores daños. El gobierno, además de las acciones de emergencia, hizo algunos proyectos con el propósito de lograr un mayor control del espacio frente a situaciones futuras. Fue así que nació, en la actual Secretaría de Estado de Obras y Servicios Públicos, el SIDUR (Sistema de Informaciones para la Planificación Urbana y Regional), que busca, en la informatización, una manera más adecuada y ágil de ejercer las acciones de planificación y toma de decisiones del gobierno. Mediante el SIDUR, el gobierno de Río de Janeiro recibió la donación de equipos de informática que permitieron empezar nuevas formas de trabajar el espacio.

El diseño cartográfico digital es la primera etapa de un proyecto mayor que tiene como objetivo, entre otras cosas, facilitar la obtención de datos que permitan la identificación de las áreas más vulnerables, las cuales serán objeto de acciones más inmediatas.

En realidad, el "Mapeo digital del estado de Río de Janeiro y de la cuenca hidrográfica del río Paraíba del Sur" integra el componente de asistencia técnica de un proyecto mayor, que envuelve dos niveles de gobierno (estado y municipalidad), llamado proyecto Reconstrucción-Río, que tiene como objetivo implementar un conjunto de medidas preventivas destinadas a minimizar la ocurrencia y consecuencia de las inundaciones y desmoronamientos de tierra que, con periodicidad, afectan Río de Janeiro provocando pérdida de vidas, daños a la economía regional y agudización de las precarias condiciones de vida de las poblaciones. La inclusión de la región del río Paraíba del Sur (sur del estado) se debe al hecho de que este río es el responsable del

* 1) Gobierno del estado de Río de Janeiro, Secretaría de Estado de Obras y Servicios Públicos (SOSP), Superintendencia de Estudios y Información Técnica (SETEC), Sistema de Información para el Planeamiento Urbano y Regional (SIDLJR)
2) Agradecimientos a Eduardo Franco, ITDG-Perú

80% del abastecimiento de agua que se consume en la ciudad de Río de Janeiro, capital del estado, que contiene un alto grado de polución.

Los propósitos del diseño cartográfico digital son;

- actualizar la cartografía básica del estado
- generar una base de datos que garantice mayor eficacia en la toma de decisiones de las instituciones que tienen que ver con el planeamiento
- facilitar el trabajo de compatibilización entre proyectos

Así, el diseño cartográfico del estado será un soporte técnico fundamental para las etapas de implementación y del manejo de varios subproyectos de Reconstrucción-Río, tales como planos de reforestación, protección de laderas, y otros más.

Las diversas instituciones sectoriales de la estructura gubernamental del estado tienen una carencia muy grande de material cartográfico actualizado; puesto que, en su mayoría, emplean mapas, fotografías aéreas y cartas topográficas con información bastante antigua -lo que, por no reflejar la realidad actual, dificulta el proceso de trabajo. En suma, la confección de estas bases cartográficas en forma digital será una contribución de gran importancia para el fondo de documentos del estado, y podrá constituirse en un importante elemento de consulta en el área de la planificación.

Los productos finales, presentados en forma convencional y digital, serán dos mapas-síntesis: uno con las condicionantes ambientales, otro con la dinámica de la ocupación. El área piloto de nuestro estudio es la ciudad de Duque de Caxias, que forma parte de la región metropolitana y tiene un uso industrial de gran importancia; y sirve también como ubicación de las viviendas de poblaciones de bajos ingresos, además de sufrir inundaciones de sus ríos.

1.2. Localización y extensión del área de estudio

El estado de Río de Janeiro tiene un área de poco más de 43.000 km², donde viven aproximadamente 12.500.000 personas, 80% de las cuales se encuentran en la región metropolitana -que representa solamente 13,28% del área de todo el estado. La región metropolitana de Río de Janeiro contiene trece ciudades. La ciudad de Río de Janeiro es la ciudad núcleo de la región metropolitana y capital del estado; pero su tasa de crecimiento poblacional, en los últimos años, está entre las menores de esta región. Una de las características más importantes de la región metropolitana es la topografía accidentada, con ocupación de sus laderas, generalmente degradadas, por poblaciones de bajos ingresos, y enormes áreas de terrenos bajos, también ocupadas por personas que no tienen dinero para vivir en otros lugares.

Como en el resto del estado, el área metropolitana carece de una cartografía actualizada, lo que dificulta la administración del territorio. La división político administrativa del Estado comprende municipios desmembrados en distritos o regiones administrativas, en el caso de la ciudad de Río de Janeiro. A escala regional, estos distritos representan la escala mínima de análisis. No existe, todavía, una recolección

sistemática de datos físicos a este nivel. Además, en su mayoría, las municipalidades no cuentan con recursos financieros suficientes para desarrollar un sistema de información para el planeamiento.

1.3. Las amenazas y las vulnerabilidades

Las amenazas y vulnerabilidades que se presentan en el estado se concentran en el área metropolitana y esto se debe, sobre todo, a las formas de uso del suelo y el alto grado de polución de sus ríos.

2. MODELOS CONCEPTUALES 2.1. MODELO CONCEPTUAL DEL RIESGO

El modelo conceptual contendrá los elementos esenciales de análisis, no solamente de la estructura del uso del suelo y de la cobertura vegetal, sino también de aquellos que permitan una mejor identificación de áreas de riesgos. Tal modelo es aún objeto de estudio y contempla los siguientes aspectos:

- unidades administrativas
- hidrografía
- relieve
- cobertura vegetal
- áreas urbanizadas
- intensidad de ocupación
- usos del suelo
- red de servicios
- red vial
- indicadores complementarios

2.2. Los elementos a incorporarse al modelo

La producción de los mapas-síntesis tendrá como base cartográfica las hojas del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística/IBGE, en la escala 1:50.000. Utilizará, asimismo, las informaciones obtenidas de mosaicos aerofotográficos y datos orbitales generados de la interpretación y proceso digital de imágenes Landsat y Spot, además del levantamiento de campo. Otras informaciones complementarias serán obtenidas mediante:

- cartas temáticas ya existentes
- entrecruzamiento de las informaciones utilizadas
- utilización de fuentes de datos secundarios
- utilización de fuentes de datos primarios

El mapa-síntesis de condicionantes ambientales tendrá como objetivo registrar los elementos naturales que el área estudiada contiene e identificar y clasificar las zonas de riesgos. El mapa-síntesis de la dinámica de ocupación contendrá la integración de informaciones referentes a los procesos de expansión urbana, con los condicionantes naturales registrados en el mapa anterior. A partir de una caracterización de los elementos constitutivos del área en estudio, se podrá obtener un valioso instrumento para registrar las transformaciones ocurridas en el espacio urbano, frente a los condicionantes y limitaciones impuestas por el cuadro natural y la degradación del mismo. Mediante los resultados obtenidos será posible, entonces, indicar áreas impropias para usos urbanos y formas aceptables de expansión.

2.3. Las entidades espaciales por utilizarse

Delante del tipo de modelo conceptual adoptado, las entidades espaciales serán trabajadas como áreas, líneas y puntos, representando los límites administrativos, las diferenciaciones de usos del suelo y sus intensidades, la densidad de la cobertura vegetal, la hidrografía, los equipos de servicios, las carreteras, etc.

2.4. Georreferencia

El sistema de referencia geográfica de las entidades se establecerá a partir de las cartas del IBGE, que utilizan las coordenadas UTM.

3. DISPONIBILIDAD DE DATOS

3.1. Fuentes de datos

Los datos fundamentales para el desarrollo de mapas digitales pueden ser encontrados en las cartas del IBGE, en cartas de instituciones que trabajan con indicadores específicos del espacio (datos geológicos, de cobertura vegetal, de equipos urbanos, etc.) además de la información satélite y fotos aéreas.

3.2. Escala

Los principales datos cartográficos están disponibles en las siguientes escalas:

- 1:600.000 y 1:400.000 para el estado como un todo
- 1:100.000 y 1:50.000 para la región metropolitana y otras regiones del estado
- 1:20.000 y 1:10.000 para la región metropolitana

En la elaboración de mapas digitales serán utilizadas la escala 1:100.000 para la carta del estado y los mapas-síntesis, y 1:50.000 para la región metropolitana.

3.3. Temporalidad

Muchos de los datos que serán utilizados tienen una actualización cada diez años, como, por ejemplo, los datos demográficos. Otros tienen una actualización anual (equipos de servicio). La cartografía existente no tiene ninguna referencia de serie

histórica. Así, se hace necesaria la definición de la forma más adecuada de generar una compatibilidad entre los datos.

3.4. Producción de datos primarios

Los datos primarios serán fundamentales para complementar las informaciones obtenidas por fuentes secundarias, como es el caso de la verificación de campo, que hará posible hacer una clasificación más realista del uso de los espacios y de la lógica a que está subordinado.

4. CAPTURA E INTEGRACIÓN DE DATOS

4.1. La captura de datos

La captura de datos será facilitada por la integración que se busca entre las diversas instituciones estatales que trabajan con planeamiento. La integración de los datos será hecha mediante el trabajo de digitalización manual de la información en la escala 1:50.000, la incorporación de datos digitales estadísticos y la interpretación de las imágenes de satélites.

4.2. Almacenamiento de datos

El almacenamiento de la base de datos será de dos tipos: digital y convencional en poliéster. La base de datos referenciales tendrá las estructuras vectorial y ráster. La forma de actualización de los datos aún será objeto de definición y la integridad de los mismos será garantizada por la manutención de los originales en el SIDLJR. El espacio geográfico ya tiene un sistema de "tiling", con base en las hojas cartográficas del IBGE, en escala 1:50.000, para organizar el almacenamiento. La base de datos será segmentada en niveles o "layers", disminuyendo el volumen de datos que deben ser procesados y haciendo posible realizar combinaciones de conformidad con las necesidades que se presenten.

5. UTILIZACIÓN DE LAS INFORMACIONES

La información está destinada a los más diversos usos, sobre todo aquellos destinados a la planificación urbana y regional. La producción cartográfica permitirá:

- la unidad técnica y de escala para el tratamiento de la información que debe ser entrecruzada.
- la unidad del lenguaje a ser utilizada en los planos, facilitando el entendimiento de los mismos.

Los mapas-síntesis serán producidos con relaciones técnicas explicativas y en archivos digitales que puedan ser reproducidos en equipos compatibles, trayendo levantamientos y análisis efectuados.

El mayor conocimiento de los problemas del estado hará posible diagnosticar los aspectos regionales que deben ser tratados, configurándolos mediante el entrecruzamiento de informaciones físicas, sociales, económicas, etc., para ofrecer la evaluación de la dinámica de ocupación. Permitirá también comprender la dinámica del crecimiento urbano en relación con los condicionantes ambientales.

6. SISTEMA POR UTILIZARSE

6.1. Estación

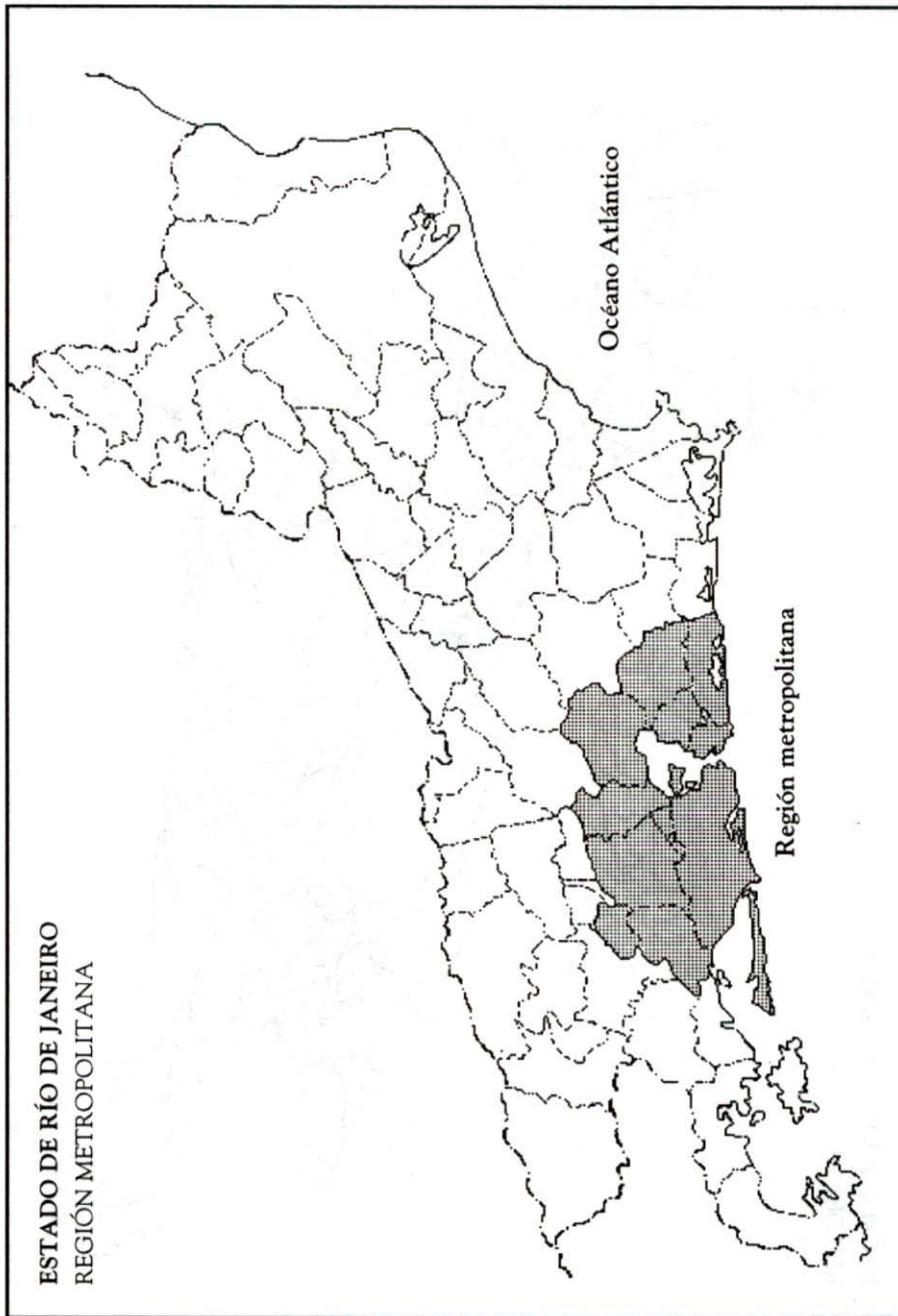
El tipo de "hardware" requerido para el desarrollo del sistema de información, donde serán hechos los mapas digitales, es el utilizado en el SIDUR: 386/33, 386/25. 386/SX. 486DX2/66, y una "workstation" IBM Risk System 6.000/320. Los periféricos por utilizarse son: dos plottes HP, dos digitalizadores (Calcomp y Digigraph), un scanner HP, dos impresoras matriciales (una en color), una impresora láser y una a jato de tinta (color). El costo de todo este equipo está incluido en la donación del PNUD al gobierno (US\$ 200.000). El soporte técnico está a cargo del SIDUR y consultores contratados por el gobierno.

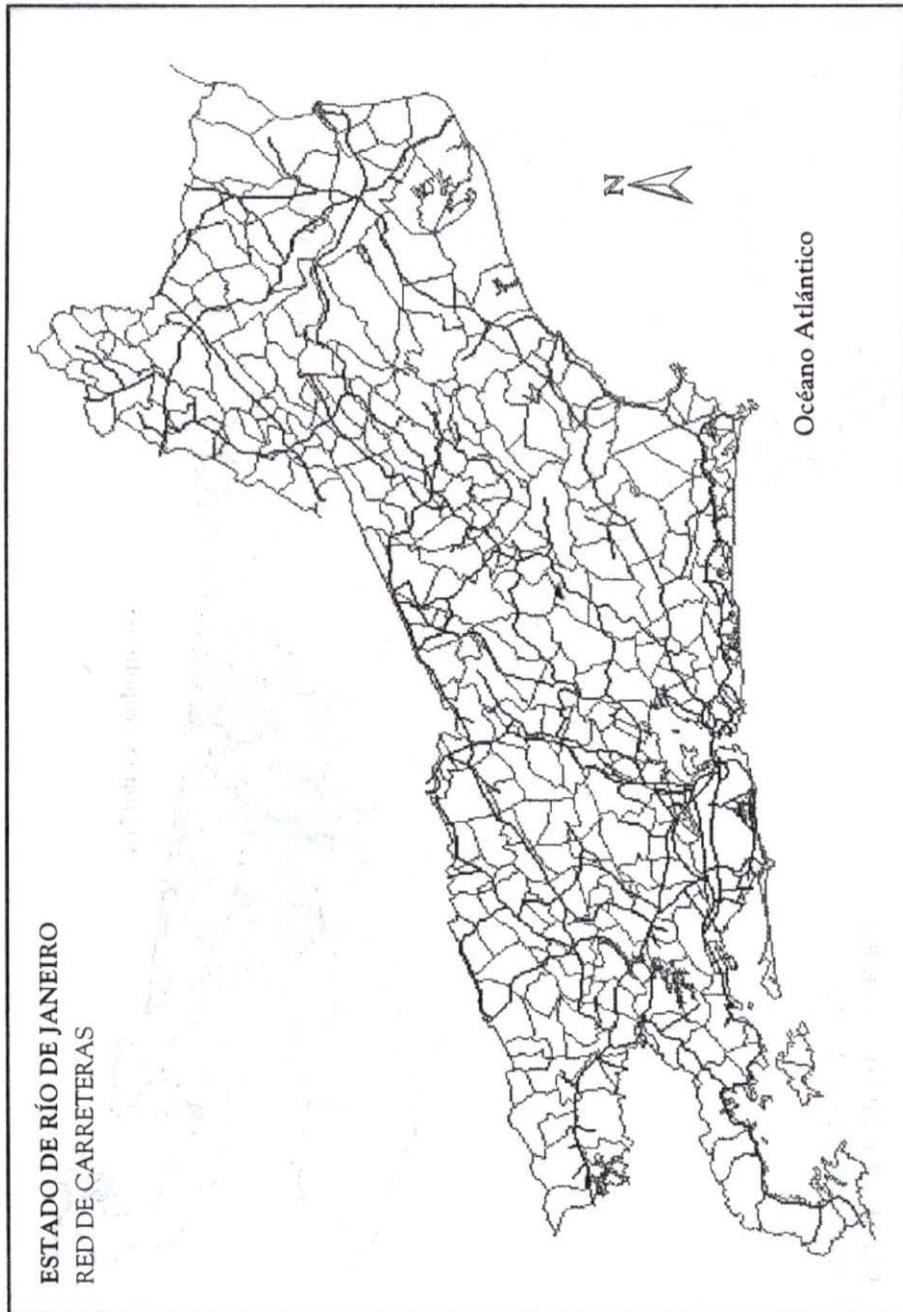
6.2. Paquete de "software"

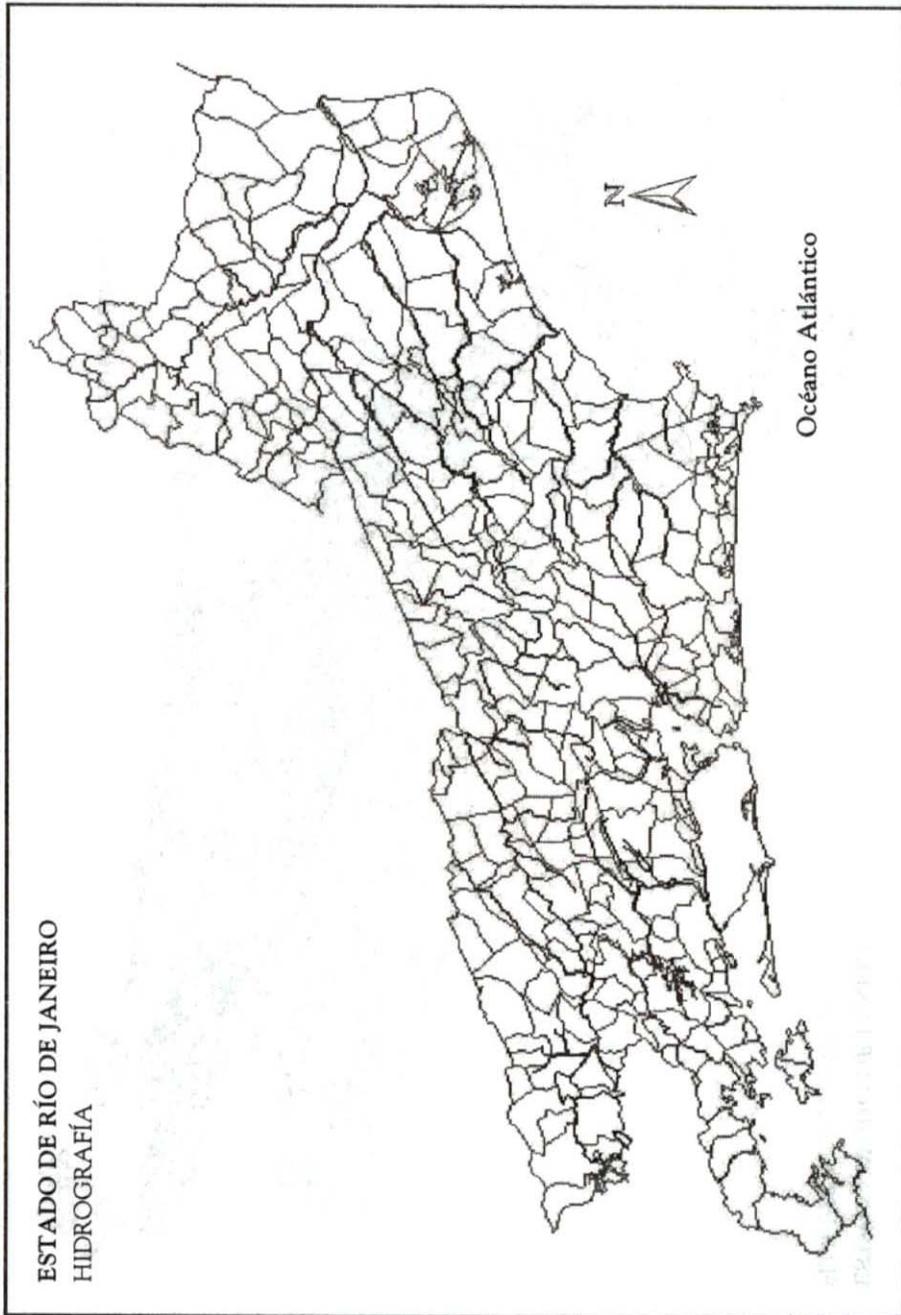
El paquete utilizado para el acopio, almacenamiento, procesamiento y producción de información es, en verdad, una combinación de varios softwares, pues ninguno hace todo el trabajo solo:

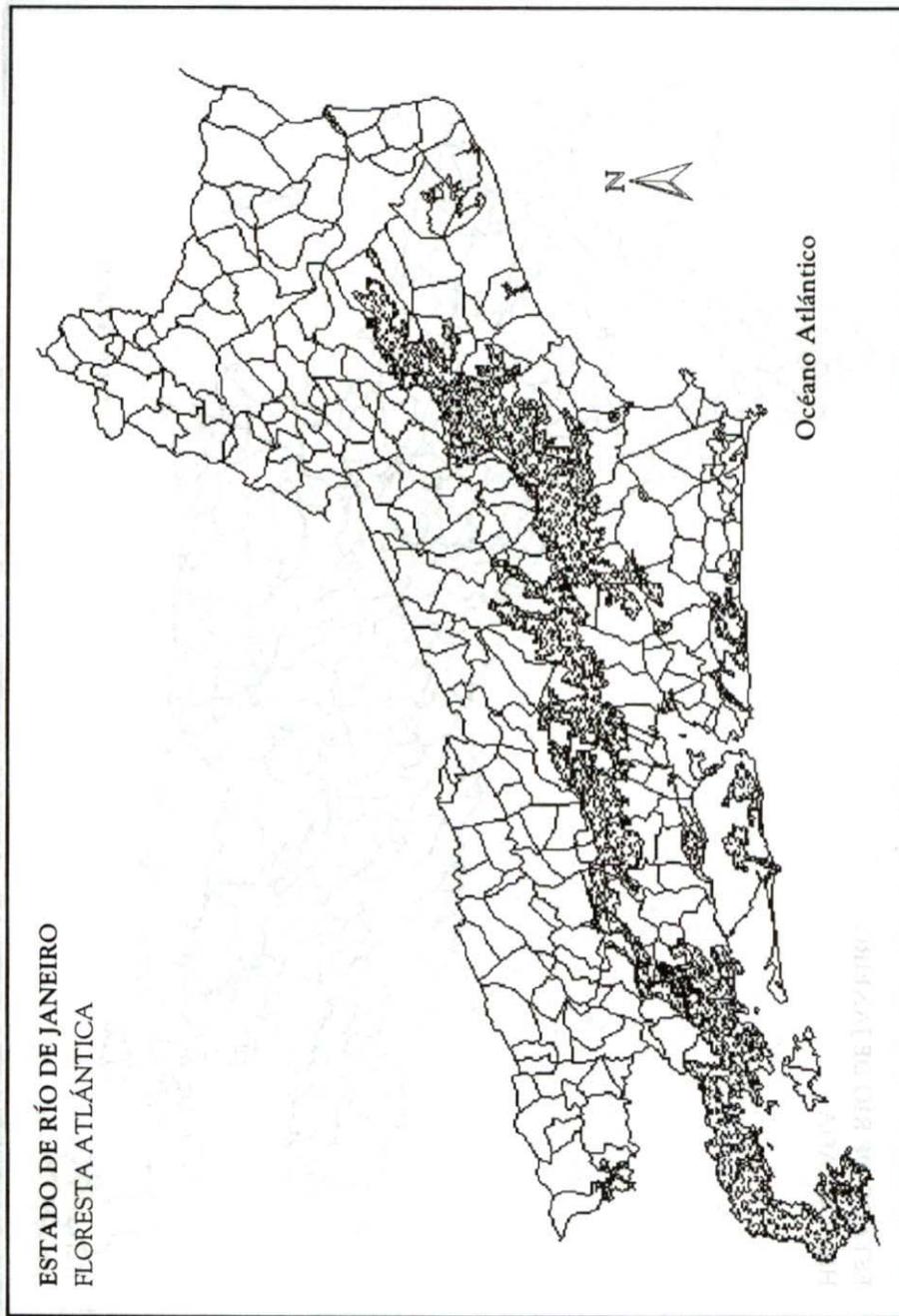
- AUTOCAD, para diseño o digitalización vectorial
- ARC/INFO, para edición, georreferenciamiento, construcción de topología de estos vectores y producción de mapas cartográficos
- ERDAS, para procesamiento y operación con imágenes de satélite
- SPANS, para integración y análisis de los datos y reducción del volumen de su almacenaje mediante la estructura en quadtree.

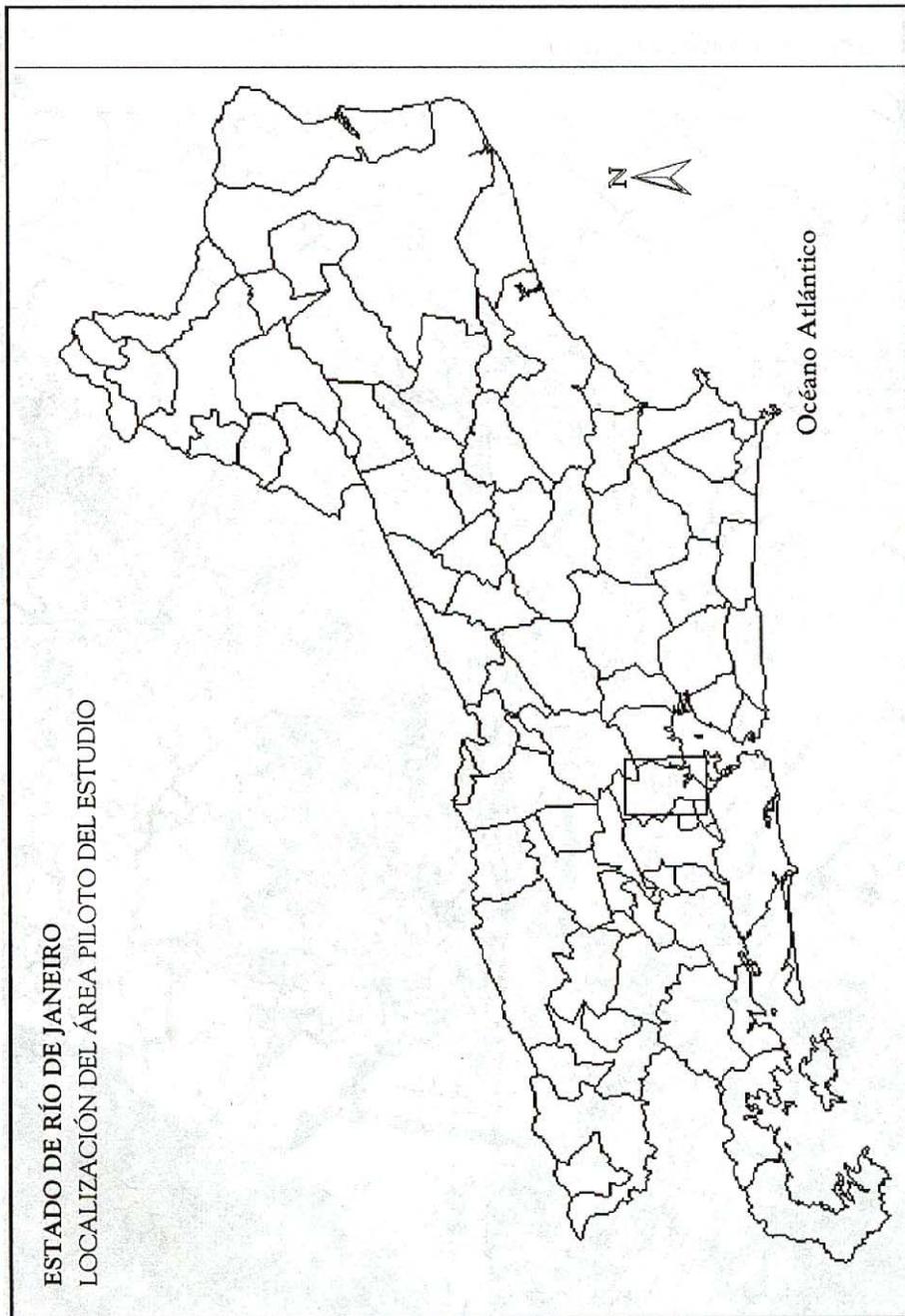
Soporte para hardware y software, capacitación profesional del staff, costo y replicabilidad de los datos en el contexto institucional son problemas cruciales que deben ser superados.













CAPÍTULO 11: APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA DETERMINACIÓN DE ÁREAS VULNERABLES A RIESGOS NATURALES

Ing. Carmen E. Eustaquio Villanueva¹

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha comenzado a desarrollar en numerosos países toda una serie de procedimientos automáticos destinados a la recopilación, almacenamiento, análisis y presentación de datos referenciados geográficamente, con el fin principal de satisfacer las necesidades de información y análisis generadas fundamentalmente para el proceso de toma de decisiones en planeamiento territorial, en gestión del espacio urbano y de los recursos físicos.

En la actualidad, se han realizado diversos estudios específicos y multidisciplinarios relacionados con los desastres naturales que ocurren en el Perú. Es decir, determinar áreas que involucren la vulnerabilidad a riesgos naturales, cuyos métodos de trabajo y análisis están referidos a aplicar la microzonificación en el planeamiento físico de ciudades y el impacto socioeconómico de los desastres.

Por ello, el presente estudio constituye una metodología sobre SIG, aplicado en el distrito de Comas, Lima Metropolitana, con el fin de integrar información multidisciplinaria, que aplique técnicas y métodos científicos apropiados en la obtención, procesamiento, análisis y modelamiento de datos. El estudio se desarrolló bajo el Convenio de Cooperación Técnico Científico entre el Instituto Nacional de Defensa Civil-Universidad Nacional Mayor de San Marcos, E.A.P. Ingeniería Geográfica.

Esto nos permitirá adquirir los conocimientos necesarios sobre los análisis de riesgos de manera conveniente y óptima, así como la ubicación de la infraestructura física y social que corresponda a áreas vulnerables, a fin de evaluar los posibles daños, el impacto poblacional ocasionado por los desastres naturales, etc., teniendo al SIG como una herramienta fundamental para la toma de decisiones y para la formulación de planes y estrategias de prevención y atención de desastres naturales.

El Sistema de Información Geográfica podrá aplicarse, asimismo, para el manejo de riesgos en los diferentes niveles de la planificación del desarrollo. A nivel local, se utilizará para facilitar el proceso en la toma de decisiones, para la organización territorial y determinación de estrategias específicas de mitigación.

¹ Proyecto: Sistema de Información Geográfica - **GEODECI**, Instituto Nacional de Defensa Civil, Calle 1 y 21 **Urb. Corpac** - Oficina 301, Lima 27, Perú.

2. GENERALIDADES

La planificación y el manejo de la infraestructura física son elementos críticos en los medios urbanos. Se convierten, con el tiempo, en un proceso complejo desde el punto de vista de manejar gran cantidad de información. Teniéndose en cuenta las decisiones que deberán tomarse sobre el acondicionamiento integral del territorio, existe la necesidad de estudios y levantamientos exhaustivos basados en información detallada.

Por lo tanto, la información requerida debe ser más que una simple recolección de datos, ya que en el análisis de éstos, los requerimientos deben estar de acuerdo a las instituciones que manejen información. Mediante este proceso, en cualquier tarea de planificación se tiene la necesidad de establecer mecanismos que puedan convertir estos datos en información, considerando el uso de las técnicas de modelamiento de datos, y todas las variables que puedan influir en los objetivos establecidos por el sistema, en el que se realizan las combinaciones necesarias para la toma de decisiones.

El fundamento conceptual de estos sistemas simples o complejos es el mismo en el que se apoyan los métodos convencionales en la elaboración de la cartografía. El documento cartográfico ha sido siempre un instrumento básico a la hora de la concepción de ideas, del análisis y de la comunicación de conceptos; del cual han hecho uso todas las ciencias y técnicas que se ocupan de los problemas espaciales.

En la actualidad, y para los fines señalados, la necesidad de manejar simultáneamente gran cantidad de datos de diversas tipologías, así como la rápida evolución de las características de algunos de éstos, hace que la cartografía convencional resulte insuficiente. Por ello los esfuerzos e investigaciones se orientan a sistemas integrados y automatizados de almacenamiento de datos geográficos, análisis matemáticos de los mismos y presentación de los resultados, tanto en forma alfanumérica como gráfica, constituyendo los denominados Sistemas de Información Geográfica.

Se intenta emprender la mitigación de riesgos naturales mediante estudios de planificación del desarrollo. Sin embargo, pueden existir los conocimientos y los datos básicos en forma de mapas, documentos y estadísticas; pero, a menudo, falta un enfoque sistemático espacial. La cantidad de información necesaria para el manejo de riesgos naturales, especialmente dentro de la planificación del desarrollo integrado, sobrepasa la capacidad de los métodos manuales; por lo cual es imprescindible el uso de técnicas automatizadas, como el Sistema de Información Geográfica.

Por ello, los Sistemas de Información Geográfica desempeñarán un papel importante en este proceso, actuando como una herramienta para recolectar, organizar, analizar y presentar datos; servirá también como medio sistemático para recolectar varias capas temáticas de información sobre una unidad del espacio geográfico denominado "unidades homogéneas de análisis".

Las perspectivas de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica son prácticamente ilimitadas, y en la actualidad se están incorporando a diversos campos; tanto es así que mediante este estudio se busca establecer una metodología aplicativa,

por lo que resulta imprescindible modificar las formas y estructuras actuales de generar información y de planificar el desarrollo, tanto a nivel regional como local. En este caso, determinando las áreas de vulnerabilidad física frente al riesgo sísmico, así como su incidencia e impacto en la población, para proponer las medidas preventivas pertinentes.

3. ANTECEDENTES

3.1. La vulnerabilidad sísmica en Lima Metropolitana

Lima está ubicada en la costa del Pacífico, donde entran en contacto dos placas tectónicas: la Placa de Nazca y la Placa Americana. El movimiento de la Placa de Nazca, empujando debajo de la Placa Americana, causa una descarga considerable de energía sísmica en el área.

La vulnerabilidad de la ciudad y sus habitantes también varía de acuerdo a la ubicación dentro del entorno de la capital. Es una interrelación compleja de varios factores que intervienen para configurar la vulnerabilidad sísmica relacionada con los aspectos del comportamiento del suelo.

En las zonas marginales, donde se encuentran ubicados los pueblos jóvenes, la vulnerabilidad sísmica es más alta, debido a que muchas viviendas son de material noble y, por lo general, no se toman en cuenta criterios antisísmicos en los diseños. Además, muchos asentamientos están ubicados en vertientes o en suelos inestables.

3.2. Los desastres naturales y los SIG

En los últimos años, en los medios de investigación y planificación se está desarrollando y generalizando el uso del término Sistema de Información Geográfica (SIG) como denominación de base de datos georreferenciales que ejecutan actividades de manipulación, automatización y procesamiento de información espacial.

Esta continua innovación en el campo de la informática, y en el manejo espacial de los datos, constituye el principal factor de aceptación de esta metodología, que ha ido incorporando avances en cuanto a nuevas formas de manipulación y análisis de la información necesaria y acorde con la aplicación.

La información que debe ser incluida en un SIG para el manejo de riesgos estará determinada de acuerdo al nivel de aplicación y de su utilización: como evaluaciones de amenazas, evaluaciones de vulnerabilidad, preparación y respuestas a desastres o actividades de auxilio y reconstrucción después de un desastre.

El presente estudio tiene una importancia práctica, en el sentido de aplicar el SIG en ámbitos urbanos para la determinación de áreas de vulnerabilidad al riesgo sísmico, teniendo en cuenta las condiciones de vida de la población (niveles socioeconómicos) y la disponibilidad de vivienda. De igual manera se tomará en cuenta la vulnerabilidad física, en la cual se involucran los diferentes factores que intervienen en la estructura y el comportamiento de los suelos, llegándose a identificar las áreas críticas para su

acción inmediata. Asimismo, se determinará la cuantificación del impacto que pueda ocasionar tal riesgo en la población, y se establecerán medidas para minimizar los efectos destructivos y, por consiguiente, reducir su magnitud.

3.3. Objetivos

Generales

Aplicar el Sistema de Información Geográfica Automatizado en la determinación de áreas de vulnerabilidad por riesgos, a fin de proponer las medidas de prevención y mitigación correspondientes, mediante el diseño de modelos cartográficos digitales de múltiple propósito.

Específicos

Microzonificación del distrito de Comas según grados o niveles de vulnerabilidad sísmica y la identificación de áreas críticas.

Mediante los modelos cartográficos, facilitar el proceso de toma de decisiones con respecto a la organización y ordenamiento del territorio del distrito, de acuerdo a los niveles de riesgos, impacto e incidencia en la población e infraestructura física.

4. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El ámbito de estudio contiene todas las características esenciales del desarrollo urbano, y corresponde al cono norte de Lima Metropolitana, específicamente al distrito de Comas. El interés e importancia están dados por el proceso del crecimiento urbano, que tiene como resultado un área totalmente caótica, con una mínima capacidad de respuesta por parte de los órganos de control del desarrollo urbano, donde el INDECI, como entidad encargada de la prevención de desastres, está desplegando esfuerzos para cumplir su rol promotor de protección y seguridad de la población.

La ocupación de las diferentes zonas geográficas del distrito de Comas presenta ciertos casos de riesgos naturales: una presencia activa en los rápidos cambios demográficos, degradación ambiental y deficiencia de infraestructura adecuada para la mitigación de riesgos. Además, la población deberá tener un rol clave en la reducción de la vulnerabilidad, evitando mayores consecuencias.

Los problemas que puedan presentarse en el distrito de Comas constituyen una realidad necesaria de conocer mediante este estudio. Para tal efecto, se proyectará, con el apoyo de los modelos cartográficos digitales, las alternativas de solución adecuadas, utilizando las herramientas que la tecnología moderna ofrece.

El área de estudio está situada en el departamento de Lima, provincia del mismo nombre, y en el cono norte de la zona metropolitana. El distrito de Comas tiene una superficie aproximada de 48,75 km², la cual equivale al 94.1% del ámbito de estudio (51.81 km²). Geográficamente está comprendido entre las siguientes coordenadas:

Meridianos 77°25'00" y 77°04'16", de longitud oeste de Greenwich. Paralelos 11°53'00" y 11°58'20", de latitud sur

Políticamente, está limitado por los siguientes distritos:

- Por el norte, con el distrito de Carabayllo y Puente Piedra.
- Por el sur, con el distrito de Independencia
- Por el este, con el distrito de San Juan de Lurigancho
- Por el oeste, con el distrito de Los Olivos

5. MATERIALES

5.1. Recubrimiento cartográfico

Se recopilaron planos urbanos, mapas topográficos, planos topográficos, mapas temáticos con escalas compatibles al ámbito de estudio.

5.2. Recubrimiento aerofotográfico

Se utilizaron fotografías aéreas a escalas 1/30,000 y 1/4.000.

5.3. Recubrimiento satelital

Los archivos digitales fueron Imágenes Spot Pancromáticos del Perú y de Lima metropolitana.

6. SOFTWARE

Principal: SIG PC ARC/INFO Complementarios: SIG ILWIS. SIG IDRISI

7. METODOLOGÍA

La información pasa a una evaluación en variables y parámetros, para que el análisis de los modelos que se apoyen con las técnicas que el SIG proporciona, para esta metodología, se desarrollen bajo los objetivos deseados.

7.1. Fase de precampo

Preparación para la adquisición de información

En esta fase se llegó a recopilar la información necesaria de diversas instituciones, para la construcción y desarrollo de los modelos cartográficos de aplicación, utilizando la tecnología SIG. Por ello, fue necesario definir los parámetros y variables concluyentes,

para la conformación de la base de datos geográficos del área de estudio con carácter de múltiples propósitos.

Resulta importante mencionar que se revisaron los estudios y aplicaciones desde el punto de vista metodológico, los mecanismos de procesos, así como la obtención de sus productos.

Por este motivo, en la construcción de dicha aplicación SIG, fue necesario priorizar los estudios referentes a Lima metropolitana, ya que dependerá exclusivamente de la información que se pueda obtener. Para ello, se clasificó en cuatro fases, necesarias para analizar y realizar el presente estudio de acuerdo a la información con la respectiva verificación de campo.

7.2. Fase de campo

Esta fase compromete diferentes procesos, lo que nos permite realizar la metodología del SIG. Tanto es así que dicha metodología necesariamente se complementa con el trabajo de campo, para ciertos elementos geográficos, así como para generar información a diversos niveles de detalle; es decir, elaborar cartografía ambiental necesaria y consistente.

Para realizar esta fase, se efectuó primeramente un reconocimiento de la zona de estudio. Para ello, se consideraron diferentes puntos de interés e importancia. Esto se explica debido a que necesitamos establecer mecanismos necesarios para identificar, definir y deducir características de los fenómenos urbanos que son registrados en las aerofotografías; asimismo, para realizar los chequeos tradicionales de información, verificación y ajuste, etc.

Para tal efecto, se programaron diversas visitas a la zona, con el fin de compatibilizar la información recopilada, así como las características prioritarias para la cartografía ambiental elaborada (geología, pendientes, geomorfología, etc.).

7.3. Fase final - Sistema de Información Geográfica

Preparación para la captura de datos geográficos

Se consideraron los siguientes procesos:

a) Proceso de homogeneización de información

Se compatibilizó la información proveniente de todas las fuentes. Esto supone la congruencia de datos, con el fin de tener la compilación cartográfica, estableciendo la base de datos de este estudio SIG.

b) Proceso de acondicionamiento cartográfico

Esta fase consistió en preparar la información recopilada, por lo cual era necesario preparar cartografías tales como: mapa base, mapa de pendientes, mapa geológico-litológico, mapa geomorfológico, zonificación tectónica estructural, mapa isosistas, entre otros.

Elaboración del mapa de unidades homogéneas de análisis

Este proceso consistió en la superposición de la cartografía ambiental generada a este nivel, la que ha sido ajustada a la base cartográfica, que dispone de la referencia geográfica; estableciéndose las relaciones geométricas y precisas para su posterior integración. Fue necesario realizar este proceso en forma automática, ya que presentaba los patrones de homogeneización para cada capa temática ingresada y su respectiva correlación con los demás mapas temáticos.

De este modo, se llegó a integrar cada elemento de la cartografía ambiental correspondiente; referido al comportamiento del suelo, donde las variables del medio físico son las siguientes:

- Unidades litoestratigráficas - litología
- Unidades geomorfológicas
- Zonas de intensidades (isosistas)
- Zonificación tectónica estructural
- Pendiente
- Tipos de suelos

Las características físicas ambientales y socioeconómicas más saltantes, que tipifican el carácter del área y que tienen relación con el objetivo del estudio, se establecieron mediante un diagnóstico físico-ambiental que conforma la base de datos:

- Tipificación de vivienda
- Impacto poblacional
- Equipamiento urbano
- Infraestructura crítica
- Vías de comunicación
- Servicios básicos
- Microzonas de desarrollo
- Zona comercial, industrial, agrícola

Como resultado de la integración ambiental, y de acuerdo a la ponderación, fueron obtenidas las siguientes áreas:

Descripción	Área (ha)	%
Alta vulnerabilidad	704.14	13.60
Moderada vulnerabilidad	2174.12	41.96
Baja vulnerabilidad	2 303.07	44.44

Como consecuencia del modelo cartográfico, se obtuvo una distribución superficial de los niveles de vulnerabilidad considerados en el análisis. Esta última etapa consistió en señalar las áreas vulnerables desde el punto de vista del medio físico/comportamiento del suelo y, con ello, llevar a cabo la transformación de uso y recomendaciones con el modelo cartográfico.

8.1. Áreas críticas-impacto e incidencia de niveles de vulnerabilidad en la población:

La información obtenida, mediante los modelos cartográficos de los niveles de vulnerabilidad del área geográfica, se considera bajo un análisis del riesgo que ocasionaría en la población, por lo cual se hizo una estimación de la población comprendida ante un riesgo sísmico, cuantificándose la afectada en los niveles de vulnerabilidad.

	Hab./miles	%
Manzanas con población en zonas de alta vulnerabilidad	113,857	29.55
Manzanas con población en zonas de moderada vulnerabilidad	32,723	8.50
Manzanas con población en zonas de baja vulnerabilidad	238,690	61.9

CAPÍTULO 12: DETERMINACIÓN DE ÁREAS CON RIESGO POTENCIAL DE EROSIÓN CON SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y PERCEPCIÓN REMOTA SECTOR: QUEBRADA LA SOLANA, RÍO QUIROZ, MARGEN IZQUIERDA RÍO MACARA PIURA-REGIÓN GRAU

Néstor Montalvo¹

1. INTRODUCCIÓN

La cuenca es una unidad lógica de planificación, que obliga explícitamente a reconocer que el desarrollo basado sobre la tierra o recursos naturales depende de la interacción de todas las actividades que tienen lugar en el total de la cuenca. Las tierras altas y bajas están conectadas mediante el ciclo hidrológico. Las actividades en las partes altas afectan las oportunidades y los problemas aguas abajo, influyendo sobre el flujo de agua, el contenido de sedimentos y otros materiales transportados por el agua a lo largo del sistema.

Las cuencas constituyen también unidades adecuadas para realizar análisis económicos y para evaluar los cambios físicos relacionados con la utilización y desarrollo de los recursos.

En las últimas décadas, se han volcado esfuerzos para la integración de información, los que se han denominado Sistemas de Información Geográfica, que están constituidos para establecer objetivos, modelo de simulación, datos que alimenten al modelo, así como el realizar los análisis mediante el procesamiento digital de imágenes de satélites.

La aplicación de estas tecnologías dirigidas a los aspectos ambientales, en general a las cuencas hidrográficas, tenderían a resolver problemas del medio natural, fomentando así la acción política, o como un instrumento para prestar ayuda importante en el proceso de toma de decisiones que afectan a toda el área de la cuenca.

El presente estudio está orientado a establecer una organización y estructura operacional que hagan posible el logro de los resultados esperados, mediante el manejo apropiado de la información con las tecnologías indicadas para el espacio geográfico en estudio.

¹ Proyecto: "Apoyo al desarrollo mediante sistemas automatizados" APODESA, Instituto Nacional de Desarrollo - INADE.

2. OBJETIVOS

Determinar el estado actual de los recursos naturales e identificar las áreas con procesos actuales y riesgos potenciales de deterioro, relacionadas con sistemas de aprovechamiento e incidencia de factores climatológicos.

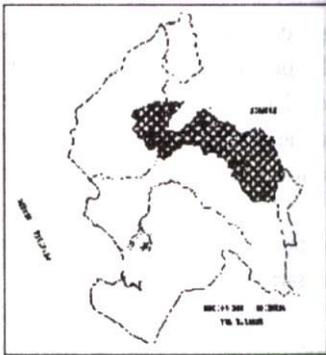
Obtener información básica, para la identificación y planeamiento de las áreas, con procesos actuales y riesgos potenciales de erosión de los suelos en la cuenca del Chira, con el fin de mitigar el proceso de sedimentación del reservorio Poechos.

Identificar las prácticas alternativas de manejo, para un adecuado ordenamiento del uso de la tierra y protección de cuencas hidrográficas del área de estudio.

3. UBICACIÓN Y EXTENSIÓN

El área de estudio se encuentra situada en la Región Miguel Grau, departamento de Piura, y comprende las cuencas concurrentes al reservorio de Poechos (mapa 1).

Geográficamente, está comprendida entre los paralelos 4° 10' y 5° 10' de latitud sur y los meridianos 79°20' y 80°70' de longitud oeste.



Posee, como límites naturales, por el norte, la República del Ecuador; por el oeste, la provincia de Sullana; por el sur, la provincia de Morropón y Huancabamba, y, por el este, la República del Ecuador y la provincia de Huancabamba.

La superficie referida al estudio comprende las provincias de Sullana y Ayabaca, la extensión aproximada es de 633,444 ha, incluyendo el área de la margen derecha del reservorio de Poechos.

4. RESERVORIO POECHOS Y SU PROBLEMÁTICA

Poechos es la mayor obra de ingeniería en cuanto a represas construidas en el Perú. Fue inaugurada en 1976, y la capacidad para la que fue diseñada es de 1,000 millones de metros cúbicos.

Debido a la intensa actividad geodinámica de las subcuencas ubicadas en la parte baja, media y alta, unida a las actividades productivas, agrícolas, pecuarias y forestales que realizan los pobladores a lo largo de la cuenca, para proveerse de los alimentos,

vestidos y vivienda, hacen de este espacio uno de los más dinámicos, creando problemas de erosión y arrastre de sedimentos por los cursos de agua que convergen hacia el río Chira, transportándolos al reservorio de Poechos, y por ende viene a disminuir su capacidad de almacenamiento; motivo por el cual es necesario la formulación de un plan de manejo para la conservación de suelos en las subcuencas afluentes que inciden en dicha recarga, afectando directamente el período de vida útil de la infraestructura. Este hecho constituye un serio problema, si se tiene en cuenta que esta obra es una de las infraestructuras de riego más importantes del país.

5. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

APODESA conformó un grupo de trabajo multidisciplinario, constituido por su personal permanente y complementado por especialistas en temas específicos, quienes se encargaron de elaborar los correspondientes planes de trabajo, cronogramas y requerimientos para la ejecución del estudio.

La metodología empleada para la elaboración de los estudios básicos y diagnósticos de la zona se sustentan en la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el Procesamiento Digital de Imágenes y Percepción Remota (SPDI), alimentada con estudios de campo y complementada con información cartográfica y bibliográfica convencional existente acerca de la zona de estudio. Los datos están acondicionados en función al diseño de la estructura de la base de datos, elaborada para tal efecto con la participación de los especialistas en cada tema. En conjunto, se constituirá la base de datos general que contendrá, procesará y administrará el universo de información recopilada, permitiendo obtener resultados de estratos individuales e interrelacionados.

Se obtuvieron imágenes de satélite, fotografías aéreas y cartografía convencional actualizadas y existentes en la zona de estudio. Se procesaron datos a escala 1:200,000 de toda el área; de igual forma, se recopiló y analizó información que existía en las diversas entidades sobre la situación económica, social, demográfica, territorial, recursos naturales y medio ambiente de la región.

Con el apoyo de la información anteriormente procesada, se llevaron a cabo los estudios temáticos sectoriales, en lo correspondiente a los recursos naturales, medioambientales, sociales y económicos. Con los productos y resultados de los estudios básicos, espaciales y socioeconómicos, se formularon los lineamientos del Plan de Manejo de la zona de estudio.

El presente estudio se desarrolló en cinco fases:

5.1. Fase I: Prediagnóstico

En la presente fase, se realizó la recopilación y evaluación de la información estadística, cartográfica, fotografías aéreas e imágenes satélite existentes; así también, se recopiló información complementaria de los recursos y de la problemática general de la zona.

Tomando como base las necesidades del proyecto especial Chira-Piura, con la información seleccionada, se procedió a complementar los objetivos, así como a definir el ámbito del área de estudio.

5.2. Fase II: Reconocimiento y levantamiento de información

Definido el ámbito de estudio y contando con la información previamente seleccionada, se realizó el reconocimiento e identificación, basados en la información recopilada e interpretación preliminar de fotografías aéreas e imágenes satélite.

La visita de campo permitió el reconocimiento e identificación del área de estudio y la recopilación de información directa, además de la identificación preliminar de las zonas consideradas como críticas.

El estudio se realizó en forma integral, y estuvo a cargo de un grupo multidisciplinario integrado por especialistas en las áreas de climatología y recursos hídricos, suelos y capacidad de uso mayor, cobertura y uso de la tierra, forestales, diagnóstico socioeconómico, percepción remota, fotointerpretación y sistema de información geográfica, los mismos que determinaron las zonas críticas en función de los modelos cartográficos resultantes. Para el levantamiento de información en las localidades del ámbito de estudio fue necesario contratar personal que facilitara el trabajo, y que fue de gran utilidad como apoyo y guía.

5.3. Fase III: Sistematización - SIG y Percepción Remota

La sistematización está referida básicamente al acondicionamiento de la información generada en la fase anterior, para el ingreso y la implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que nos permitió el manejo de grandes volúmenes de información para fines de diagnóstico y formulación de proyectos; integrándose los objetivos de desarrollo con la estructura regional representada a través de la base de datos. Asimismo, se facilitará el análisis espacial, sectorial y ambiental del territorio. Igualmente, se realizará la automatización de 22 mapas correspondientes a la zona de estudio, así como la generación de los modelos de conflicto correspondientes al uso de la tierra y el de riesgo potencial de erosión de los suelos, describiéndose en forma secuencial la metodología de los sistemas de información geográfica para aplicarlos en el logro de los objetivos previstos.

Estructuración de la base de datos

La base de datos del SIG está organizada por la información obtenida como producto de los levantamientos complementarios, así como de información existente.

Esta base de datos ha sido diseñada y estructurada georreferencialmente cubriendo diversas variables ambientales, siendo sistematizada de acuerdo a los formatos de ingreso al SIG ARC/INFO, que APODESA dispone. Estos corresponden a:

- Pendiente
- Fisiografía
- Litología

- Suelos
- Capacidad de uso mayor
- Cobertura y uso de la tierra
- Isointensidades - Tiempo de retomo en años y duración en minutos
- Isoyetas - Año seco, promedio y húmedo
- Forestales
- Isoerodente - Agresividad climática
- Erodabilidad del suelo

Las actividades desarrolladas para la implementación son largas y costosas, por la gran cantidad de datos ingresados al sistema; es, sin embargo, de mucha importancia para las etapas posteriores, en los procesos de análisis y modelamientos de datos, tal como lo requieren los sistemas de información geográfica en las diversas aplicaciones dirigidas hacia los objetivos formulados en el presente estudio, considerándose el establecimiento de pautas referidas a la actualización y mantenimiento de la base de datos.

Para la implementación de la base de datos se recurrió a las siguientes etapas:

Recopilación y selección de la información:

Esta actividad consistió en recopilar informaciones existentes y necesarias, tales como estudios o documentos cartográficos de las instituciones que generan información temática (recursos naturales), así como básica (fotografías aéreas, cartografía, imágenes de satélites). Luego de realizada la selección y verificación de dicha información, previa a su automatización, se establecen los niveles de ingreso en función a los formatos del SIG. Las fuentes de información existentes se presentan en el cuadro 1.

CUADRO 1

Cartas nacionales elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional a escala 1:100.000: Las Playas 9-C, La Tina 9-D, Las Lomas 10-C, Ayabaca 10-D, San Antonio 10-E, Chulucanas 11-C, Morropón 11-D, Huancabamba 11-E.

Cartas geológicas a escala 1/100,000, elaboradas por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMET).

1 juego de aerofotografías pancromáticas verticales tomadas en el año 1961 (AST-9), de escala aproximada 1:60,000.

Hojas del mapa planimétrico del Perú realizado en base a imágenes obtenidas en las bandas 4, 5 y 7 por el barredor multiespectral del satélite LANDSAT, de fechas 19 de diciembre de 1980. y 20 de enero de 1982, a la escala de 1:250,000 y ampliaciones a una escala aproximada de 1:125,000. código SB 17-3 (Sullana) y SB 17-4 (Orellana).

Hojas del mapa elaborado por la Agencia de Mapeo para la Defensa (USA), en base a las escenas del mapeador temático del satélite LANDSAT, de fecha 2 noviembre de 1986, a la escala de 1:100,000, correspondientes a las zonas de Ayabaca, codificadas con el número 0961 - J0397.

Escenas captadas por visor de alta resolución del satélite SPOT, en modo multiespectral, formato digital en discos compactos, correspondientes a la zona del

reservorio Poechos, con fecha 5 de agosto de 1991; Ayabaca con fecha 18 de noviembre de 1991, y en modo pancromático de la zona de la Laguna, con fecha 12 de noviembre de 1989.

Inventario y evaluación de los recursos naturales de la cuenca del río Quiroz y margen izquierda del río Macará - ONERN-SUBCOMISIÓN PE-RUANA Vol. I y II Informes y Mapas, Lima 1978.

Fotoíndices a escala 1:300,000.

Diseño de la base de datos:

El diseño de la base de datos presenta los diferentes niveles y las relaciones respectivas entre las variables ambientales de la zona, por lo cual la información espacial incluye los atributos, localización espacial, extensión, etc. El almacenamiento de datos espaciales en formato digital es realizado por la estructura de datos espaciales principal como el SIG Pe ARC/INFO. La selección del método de ingreso de datos al Sistema de Información Geográfica dependió de la aplicación referida al presente estudio; es decir, ingresar información cartográfica considerando su localización espacial y su atributo como característica ambiental.

Homogeneización y codificación de la información:

Esta actividad consistió en acondicionar cartográficamente los estratos temáticos de los diversos mapas elaborados como producto de la información generada en el levantamiento de campo; los cuales están referidos a las variables ambientales, estableciéndose para ello los mecanismos de homogeneización y codificación de la información. Para ello, existe una técnica que consiste en integrar la cartografía ambiental, que fue automatizada previo proceso de acondicionamiento cartográfico relacionado a la base cartográfica; originándose en forma automática el mapa denominado Unidades Homogéneas de análisis. Esta cartografía ambiental integrada está referida a un sistema único de coordenadas homogéneas, lo cual nos permite una superposición precisa con las variables, mostrando su respectiva correlación temática (atributo).

Esta técnica está centrada en las unidades cartográficas para cada parámetro en común. Por lo tanto, cada área obtenida representará la Unidad Homogénea de Análisis, la cual posee las características y atributos propios y diferenciables a la vez.

La codificación se estableció de modo previo al proceso de integración, el cual consistió en asignarle un número en forma secuencial 9 cada unidad cartográfica ambiental (polígono), preparándose para ello un listado de los códigos para cada variable, los cuales participan en el modelamiento (cuadro 2).

El identificador está presente en cada variable con su respectivo atributo, y se realiza con el fin de reducir el espacio requerido en la memoria del computador, el cual concentra los factores ambientales.

Automatización de la información

Corresponde al ingreso de los mapas generados (formato análogo) que fueron digitalizados e ingresados al SIG Arc/Info, transformándose de esta manera en un formato digital. Estos datos fueron capturados por el tablero digitalizador CALCOMP 9100 formato A0.

Para el análisis, control y manejo de la base de datos de cada variable se codificó e ingresó, mediante la digitación, lográndose de esta manera implementar la base de datos georreferencial. Para ello, se determinaron polígonos o unidades cartográficas identificadas para su posterior relación (enlace de la base de datos); todo ello, luego de un previo control de calidad de tales datos, con el manejador de bases de datos FOXPRO.

En lo que respecta a las variables para la obtención de los modelos, éstos fueron también automatizados con el software SIG, PC ARC/INFO, considerándose la base de datos existente (implementación de la base de datos), teniendo en cuenta las variables, para el caso del riesgo potencial de erosión, tales como: isoerodente-agresividad climática (R), erodabilidad del suelo (K), cobertura vegetal (C), longitud y gradiente (LS).

Las unidades de referencia para el manejo de la información están definidas a nivel de polígonos determinados por la integración cartográfica (erodabilidad, isoerodente - agresividad climática, cobertura vegetal, longitud y gradiente) de áreas o líneas constituidas para el caso de las vías de comunicación.

CUADRO 2
ERODABILIDAD DEL SUELO

CUADRO 2
ERODABILIDAD DEL SUELO

Cód.	Variable	Factor (K)
01	Guineo	0.13
02	Quiroz	0.05
03	Vilca	0.22
04	Carrizo	0.42
	Limón	0.16
06	Shimbe	0.25
07	Montero	0.26
08	Jabonillo	0.30
09	Solana	0.42
10	Guineo - Carrizo	0.32
11	Guineo - Jabonillo	0.22
12	Quiroz - Jabonillo	0.17
13	Guineo - Montero	0.19
14	Guineo - Solana	0.27
15	Carrizo - Solana	0.42
16	Montero - Limón	0.08
17	Pingola - Limón	0.08
18	Hualancas - Limón	0.18
19	Cunante - Limón	0.25
20	Ayabaca - Socchabamba	0.12
21	Ayabaca - Limón	0.25
22	Montero - Socchabamba	0.30
23	Shimbe - Limón	0.21
24	Formación lítica	0.00
88	Islotes	
99	Cuerpos de agua	

ERODABILIDAD DEL SUELO		
Cód.	Variable	Rango (K)
01	Ligero	0 - 0.1
02	Moderado	0.1 - 0.2
03	Fuerte	0.2 - 0.4
04	Severo	> 0.4
88	Islote	
99	Cuerpos de agua	

ISOERODENTE - AGRESIVIDAD CLIMÁTICA		
Cód.	Variable	Factor (R)
01	Ligero	<100
02	Moderado	100 - 200
03	Fuerte	200 - 300
04	Severo	> 300
88	Islotes	
99	Cuerpos de agua	

PENDIENTE		
Cód.	Variable	Rango (%)
01	Plano o casi a nivel	0 - 05
02	Ligeramente inclinado a inclinado	5 - 15
03	Fuertemente inclinado	15 - 30
04	Moderadamente empinado a empinado	30 - 50
05	Muy empinado	50 - 75
06	Extremadamente empinado	> 75
88	Islotes	
99	Cuerpos de agua	

COBERTURA Y USO DE LA TIERRA			NIVELES DE RIESGO POTENCIAL DE EROSIÓN		
Código	Variable	Factor (C)	Código	Grados de erosión	Rango (R) (Tn/ha/A)
01	Bosque denso	0.10	01	Ligero	0 - 10
02	Bosque semidenso	0.30	02	Moderado	10 - 50
03	Matorral	0.40	03	Moderado a severo	50 - 100
04	Arbustos	0.30	04	Alto	100 - 300
05	Arbustos - Pastos	0.25	05	Muy alto	300 - 800
06	Sabana y matorral	0.50	06	Extremadamente alto	> 800
07	Pastos	0.32	07	Formación líticas	
08	Cultivos	0.17	88	Islotes	
09	Suelo desnudo	0.80	99	Cuerpos de agua	
10	Suelo desnudo - rocoso	0.40			
88	Islotes				
99	Cuerpo de agua				

Para el caso del modelo de conflicto de uso se integró el de cobertura y uso de la tierra con el de capacidad de uso mayor.

Los mapas de ingreso fueron automatizados a escala 1:100,000, respecto a la cartografía base, y a escala de 1:200,000 para las variables temáticas, siguiendo la secuencia:

- Digitalización y digitación
- Edición cartográfica y tabular
- Enlace de la base de datos
- Producción cartográfica

Análisis geográfico y modelamiento:

Esta etapa constituye la metodología empleada para la obtención de los modelos cartográficos, mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica, y para determinar las áreas con riesgo de erosión potencial, así como el conflicto de uso de la tierra.

El modelamiento es uno de los soportes metodológicos básicos del análisis, por medio del cual, y a través de expresiones ponderativas, así como lógicas que se dan sobre el conjunto de la base de datos, se llegó a ofrecer alternativas prioritarias mediante la simulación de escenarios geográficos, considerándose básicamente las siguientes características:

Definición de los objetivos para el análisis, los criterios metodológicos (tipos de modelos, relaciones lógicas, ponderaciones, etc.).

Selección de la información necesaria de la base de datos y conexión con ésta.

Preparación de información para el análisis tabular.

Expresiones lógicas, mediante el manejador de base de datos (FoxPro), para establecer las condiciones ponderativas o las relaciones lógicas.

Formulación de los modelos

Para los procesos mencionados fue necesario revisar las metodologías referidas a los modelos. Por ello, fue indispensable considerar las variables del medio natural y físico con el fin de planificar situaciones de riesgo e incidencia hacia el reservorio de Poechos, disponiendo de una base de datos tanto gráfica como numérica, teniendo en cuenta las áreas expuestas al riesgo potencial de erosión y áreas con problemas de conflicto de uso, seleccionándose la información necesaria.

Para determinar estas variables, se tuvo que establecer una secuencia lógica, de manera que podamos llegar a identificar las variables indispensables de la base de datos; éstas son:

- Selección de variables
- Criterios de selección
- Variables seleccionadas

Para este marco de referencia, se plantearon criterios que están relacionados directamente mediante el tipo y clase de variables utilizadas en las diversas unidades cartográficas, estos criterios fueron referidos principalmente a lo siguiente:

- Disponibilidad de información básica e indispensable respecto a las variables y sus atributos espaciales.
- Importancia de las variables específicas como factor de una diferenciación de cada unidad espacial o cartográfica.
- Importancia de las variables por su dinámica en el tiempo y en el espacio.
- Determinación de los valores de las variables con respecto a lo que puedan representar para el diseño del modelo cartográfico sobre los procesos ambientales, considerando la obtención de tales modelos.

Conceptualización del modelo de riesgo potencial de erosión

Para los propósitos de los planes de conservación de suelos y decisión de la política agropecuaria que se determine en cualquier zona agroecológica, es necesario analizar el tipo, velocidad y causas de la erosión, y mostrar la distribución espacial del riesgo potencial de erosión. Una evaluación del riesgo de erosión debe identificar el grado potencial de deterioro de la superficie, para proporcionar la información requerida y formular la estrategia de conservación de los recursos.

Debido a la gran variación que existe en los rasgos físicos de un territorio, la planificación de alternativas para el control de la erosión debe estar normalmente basada en un rango de modelos de simulación que podrán cubrir la variación y mostrar las más diversas formas de conservación en relación al tipo, proporción y causas de la erosión.

El mayor beneficio en la investigación de la erosión es la eventual integración de información espacial, para su posterior modelamiento, que nos permite obtener el mapa de riesgo de erosión potencial, donde la veracidad o validez del modelo debe depender de una aproximación a lo que predice la realidad. No existe todavía ningún modelo aceptable. Sin embargo, debido a su pretendida universalidad, el Modelo de la Ecuación

Universal de Pérdida del Suelo (USLE: Wischmeier y Smith, 1978) es utilizado en el presente estudio.

El Modelo de Erosión Potencial de los Suelos nos permite determinar el promedio anual de la cantidad de suelo que se pierde por erosión hídrica. La erosión del suelo por el agua es un proceso donde intervienen varios factores: la lluvia, el suelo, cobertura vegetal, topografía y la actividad humana. Se presenta en seguida la ecuación para evaluar el efecto de estos factores:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Donde:

A	Promedio anual de pérdida de suelo (Tn/Ha/Año)
R	Factor de erosividad de las lluvias
K	Factor de erodabilidad del suelo
LS	Factor de longitud e inclinación de la pendiente
C	Factor de cobertura vegetal - cultivo
P	Factor de las prácticas de conservación de suelos

El factor de erosividad de las lluvias (R) es el número de unidades de índice de erosión que ocurren en un año normal de lluvias. Wischmeier fue quien encontró que la pérdida de suelo en campos desnudos era directamente proporcional al producto de la energía cinética total de la lluvia multiplicada por su intensidad máxima desarrollada durante treinta minutos continuos. La suma de estos productos, llamados valores o índice de erosión (EI), para un período dado, proporcionan un índice de erosión numérico de las lluvias que evalúa la erosión potencial de las mismas durante ese período.

El factor Erodabilidad del suelo (K) indica la susceptibilidad de los suelos a ser erosionados, así como la cantidad de erosión (A), por unidad de índice de erosión (EI) obtenida de parcelas unitarias localizadas en dicho suelo; su determinación está en función del % de arena + limo, el % de arena, el % de materia orgánica, la estructura del suelo y la permeabilidad.

Los factores Longitud (L) y Pendiente (S) no son independientes en su acción sobre la erosión, porque el efecto de la topografía como factor en la erosión se explica por la interacción de la longitud y la pendiente. El factor de cultivo (C) es la relación de la pérdida de suelo de tierras cultivadas bajo condiciones específicas a la correspondiente pérdida de tierra labrada en barbecho continuo.

El factor de prácticas de control de la erosión (P) es la relación de pérdida de suelo entre un campo con prácticas de control de erosión y un campo desnudo, donde se cultiva el suelo en el sentido de la máxima pendiente.

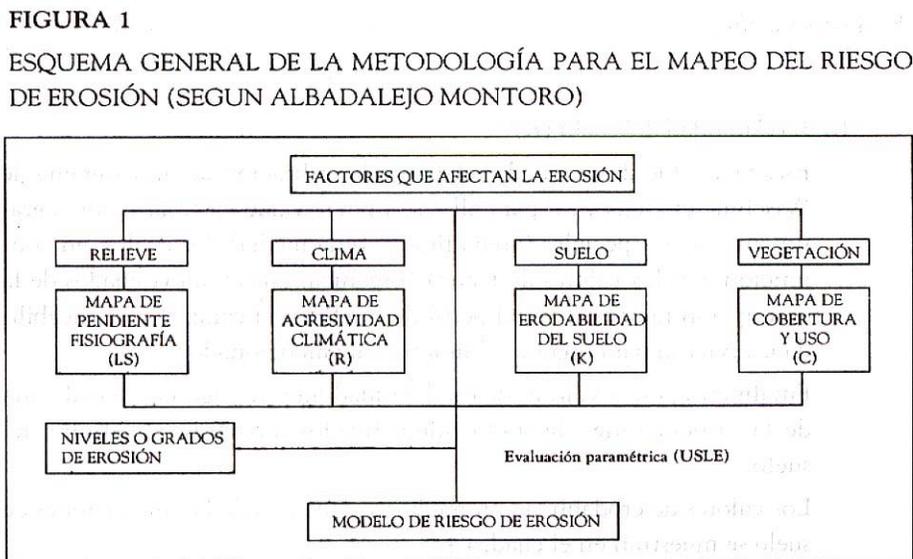
Elaboración del modelo de riesgo de erosión potencial de los suelos:

El Modelo se basa en la delimitación de lo que se podría denominar "Unidades Fisiográficas Homogéneas". El Modelo define las variables (mapa de pendiente, mapa

de agresividad climática - isoerodente, mapa de erodabilidad y mapa de cobertura vegetal) que influyen sobre el tipo y grado de erosión, ver Figura N° 01.

Cada una de estas variables presenta sus valores de acuerdo al método de USLE (Universal Soil Lost Ecuación) de Wischmeier, determinándose la pérdida de suelo en función de la integración de las variables mencionadas.

FIGURA 1
ESQUEMA GENERAL DE LA METODOLOGÍA PARA EL MAPEO DEL RIESGO DE EROSIÓN (SEGÚN ALBADALEJO MONTORO)



a) Cobertura vegetal (C)

Estos datos fueron elaborados en base a una clasificación y codificación de cobertura vegetal mediante el procesamiento digital de las Imágenes de Satélites SPOT, con la utilización del software ERDAS

Luego, tomando como referencia los valores otorgados a los diferentes tipos de cobertura (C), según Wischmeier, se estableció el cuadro 3.

CUADRO 3
FACTOR COBERTURA VEGETAL

Descripción	Cobertura	%	Factor C
Bosque denso	100		0.10
Bosque semidenso	70		0.30

Matorral	60	0.40
Arbutos	70	0.30
Arbustos - Pastos	80	0.25
Sábana - Matorral	50	0.50
Pastos	80	0.32
Cultivos	90	0.17
Suelo desnudo	10	0.80
Suelo desnudo/rocoso	10	0.40

b) Erodabilidad del suelo (K)

Este factor fue determinado mediante la utilización del monograma de Wischmeier (figura 2); para ello, se tuvieron que efectuar análisis granulométricos especiales (arena fina y arena media), los cuales, en conjunción con los valores de materia orgánica, estructura (tomados de la descripción morfológica del perfil del suelo en el campo) y permeabilidad, sirvieron para ingresar al monograma mencionado.

Finalmente, estos valores de erodabilidad fueron asignados a cada una de las asociaciones de suelos identificados mediante el estudio del suelo.

Los valores de erodabilidad promedio de cada una de las asociaciones de suelo se muestran en el cuadro 4.

CUADRO 4

FACTOR ERODABILIDAD (K) DEL SUELO

Asociación de suelos	Símbolo	Factor (K)
Guineo	G	0.13
Quiroz	Q	0.05
Vilca	V	0.22
Carrizo .	C	0.42
Limón	Li	0.16
Shimbe	S	0.25
Montero	M	0.26
Jabonillo	J	0.30
Solana	So	0.42
Guineo - Carrizo	G-C	0.32
Guineo - Jabonillo	G-J	0.22
Quiroz - Jabonillo	Q-J	0.20
Guineo - Montero	G-M	0.19
Guineo - Solana	G-So	0.27
Carrizo - Solana	C-So	0.42
Montero - Limón	M-Li	0.08
Pingola. Limón	P-Li	0.08
Hualancas - Limón	H-Li	0.18
Cunante - Limón	U-Li	0.25
Ayabaca - Socchabamba	A-B	0.12
Ayabaca - Limón	A-Li	0.25
Montero - Socchabamba	M-B	0.30

Shimbe - Limón S-Li 0.21

Para la presentación de este, submodelo de erodabilidad, se establecieron niveles o grados de erodabilidad del suelo, que se presentan en el cuadro 5.

CUADRO 5
ERODABILIDAD DEL SUELO

Rango (K)	Descripción
0-0.1	Ligero
0.1-0.2	Moderado
0.3 - 0.4	Fuerte
> 0.4	Severo
	Formación lítica

c) Cálculo del factor LS (Longitud y Gradiente)

Para determinar el factor LS, se asignaron valores de longitud promedio (L) y gradiente promedio (S), a cada una de las unidades fisiográficas identificadas en la zona de estudio, para lo cual se utilizaron los de pendiente y el fisiográfico.

Los valores de L se midieron sobre el mapa topográfico a escala 1:100,000 y se afirmaron con la descripción ecogeográfica de campo, y el valor de S, tomando como valor promedio el correspondiente al mapa de pendientes elaborado.

Los valores tanto de L como S nos permiten calcular el factor de LS para cada tipo de gradiente, tomando en cuenta la siguiente fórmula:

$$LS = \left(\frac{1}{22.13} \right) m \left(\frac{0.43 + 0.30s + 0.043s^2}{6.613} \right)$$

Los diferentes valores de LS de cada una de las unidades fisiográficas se detallan en el cuadro 6.

CUADRO 6
CÁLCULO DE LS

Unidades fisiográficas	Rango de pendiente	Gradiente Promedio (S)	Longitud de Vertiente (L)	Ls
Planicies aluviales	0-5	2.5	100	0.29
Lomas	5-15	10.0	100	1.88
Colinas bajas	15-30	22.5	200	12.96
Colinas medias	30-50	40.0	300	50.89
Colinas altas	50-75	62.5	300	123.04
Montañas	75	75.0	500	176.71

d) Isoerodente - Agresividad climática (R)

Estos valores fueron determinados mediante la elaboración del mapa de isoerodente, según método de Wischmeier, utilizando los datos de intensidad de las lluvias.

Para la presentación respectiva del presente submodelo, se establecieron niveles de agresividad climática, desde un valor mínimo de 20 Ton/ha/año hasta un máximo de 500 Ton/ha/año; se presentan las curvas de agresividad climática con un intervalo de 20 unidades.

En el cuadro 7 se presenta una clasificación previa de los niveles de agresividad climática.

CUADRO 7

Ton/Ha/Año (R)	Descripción
100	Ligero
100 - 200	Moderado
200 - 300	Fuerte
300	Severo

- *Automatización de los modelos*

Como se mencionó anteriormente, la base de datos está implementada para realizar las técnicas de modelamiento, y es a través de éstas que se ha ejecutado el Modelo de Riesgo Potencial de Erosión, tomando como referencia los niveles de erosión que se detallan en el cuadro 8.

CUADRO 8

NIVELES DE EROSIÓN

Rango	Descripción
0-10	Ligero
10-50	Moderado
50 -100	Moderado a severo
100 - 300	Alto
300 - 800	Muy alto
-800	Extremadamente alto Formaciones líticas

Como etapa posterior, se obtuvo el modelo definitivo de acuerdo a las calificación efectuada y teniendo los criterios de análisis propios de las observaciones de campo y otros medios.

5.4. Fase IV: Resultados y análisis

La obtención de los resultados se efectuó en base a la información de los estudios básicos, el análisis digital de las imágenes de satélite con el procesador de imágenes ERDAS y la fotointerpretación, visitas de campo y el producto generado por los modelos, utilizando el Sistema de Información Geográfica. Estos permitieron la elaboración del diagnóstico, el mismo que comprende la problemática y las

potencialidades del área de estudio. Se llevaron a cabo los análisis espaciales y sectoriales, para la determinación de las áreas consideradas como críticas.

Modelo Riesgo Potencial de Erosión de los Suelos

Se ha elaborado el mapa de riesgo potencial de erosión en el cual se muestra los diferentes niveles de riesgo (cuadro 9).

CUADRO 9
RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL

Rangos Ton/Ha/Año	Niveles de Erosión	Superficie	
		Ha	%
0 - 10	Ligero	35,258	5.5
10 - 50	Moderado	135,290	21.4
50 - 100	Moderado a severo	70,560	11.1
100 - 300	Alto	118,064	18.6
300 - 800	Muy alto	112,800	17.8
- 800	Extremadamente alto	148,485	23.4
	Formaciones líticas	1,816	
	Cuerpos de agua	10,856	2.2
	Islotes	315	
	Área total	633,444	100

Para el establecimiento de la escala, se tomó como referencia el valor de pérdida tolerante del suelo (5 a 12 Ton/ha/año), y luego se consideraron los otros niveles en referencia de estudios realizados a nivel mundial.

5.5. Fase V: Formulación y lineamientos del plan

Posteriormente, en base al diagnóstico y análisis, se plantean los lineamientos generales para el plan de manejo de las cuencas, en lo que respecta al objetivo principal, que es la conservación de suelos; para lo cual deben realizarse las prácticas de conservación de suelos que a continuación se describen, las que disminuirán el proceso de erosión del suelo de la cuenca y, por consiguiente, la sedimentación del reservorio Poechos.

Prácticas de conservación de suelos

a) Forestal

— Por las condiciones de degradación en la que se encuentran los recursos y especialmente el forestal, es de imperiosa necesidad iniciar un conjunto de programas, orientados a detener y mejorar las condiciones ecológicas y medioambientales de las cuencas del área de estudio.

— Realizar un programa de reforestación especialmente dirigido a proteger las cabeceras de las cuencas, la estabilización de cárcavas, taludes, riberas, quebradas y canales; empleando especialmente especies nativas.

— Promover el uso racional del recurso energético o leña, fomentando el uso de las llamadas "cocinas mejoradas", ya que éstas permiten aprovechar mejor la energía y se orientan a disminuir la presión a los bosques por la demanda de leña.

— Proteger y manejar silviculturalmente la regeneración natural, promoviendo proyectos que hagan posible el desarrollo económico y social en función de la conservación de los bosques y uso racional de los recursos.

— La agroforestería se realizará buscando extender lo máximo posible las especies arbóreas y arbustivas existentes en la región, así como regenerar o implantar vegetación herbácea.

— Utilizar todo instrumento legal, así como realizar coordinaciones con las instituciones comprometidas con los recursos naturales, con el fin de cumplir con un papel más protagonista que garantice detener la degradación de los bosques y lograr la preservación de la biodiversidad de la región.

— Realizar estudios al detalle para evaluar la cantidad y calidad del recurso forestal existente, así como estudiar silviculturalmente las especies forestales nativas, y la diversa fauna que posee la región.

Las zonas de menor riesgo de erosión corresponden a las planicies aluviales, áreas de topografía casi plana, y uso agrícola, mayormente arrozales. La extensión que abarca es de 35,258 has o el 5.5% del área total evaluada.

El sector con un riesgo moderado se presenta mayormente en las zonas aledañas a la represa de Poechos, lo cual estaría en concordancia con una agresividad climática moderada. La superficie ocupada por este nivel es de 135,290 has o el 21.4% del área total evaluada, lo cual representa la segunda área de importancia.

La mayor parte del área se halla afectada por un riesgo potencial de erosión de grado extremadamente alto y que comprende los sectores montañosos aledaños a Pacaipampa, Ayabaca, Tacalpo y Lagunas; la superficie ocupada por este nivel es de 148,485 has o el 23.4% del área total evaluada. Toda el área de estudio puede ser reducida a tres sectores, en relación al riesgo potencial de erosión.

SECTOR A: Riesgo bajo o moderado que comprende aproximadamente 1/4 de la superficie total. Abarca la margen derecha y la margen izquierda del reservorio, hasta los poblados de Los Encuentros y el Progreso, los que abarcarían el 26.9% de la superficie total. Por encima de los 600 msnm de este sector, puede considerársele como el sector B.

SECTOR B: Riesgo moderado a severo, alto y muy alto; que comprende aproximadamente el 47.5% de la superficie total, representada por las poblaciones de Saucillo, La Tina, Suyo, Montero, Lagunas y Olleros.

SECTOR C: Riesgo extremadamente alto, que comprende aproximadamente el 23.4% de la superficie total, representada por las poblaciones de Pacaipampa, Espíndola, Aragoto. Montero, Ayabaca, Jililí, Sicchez y Mostazas.

La metodología probada tiene las siguientes ventajas: define y clasifica relativamente las unidades homogéneas y los niveles de riesgo de erosión. El método permite:

1. La aplicación de modelos de erosión al mapeo del riesgo potencial de erosión.
2. La delimitación aproximada de toda el área por riesgo potencial de erosión.
3. Nos permite una reducción en la complejidad del ambiente natural.

De esta manera, la metodología proporciona la información básica para el planeamiento de las alternativas de control de la erosión, especificando las acciones más apropiadas para cada sector, a fin de reducir o controlar la erosión.

Dadas las características favorables para el cultivo de café en estas zonas, debe establecerse el asesoramiento técnico para la conducción del cultivo en forma eficiente, promoviendo el uso de técnicas orientadas a la conservación y mejoramiento del recurso suelo.

b) Estabilización de taludes

Sembrío de pastos, forestación y reforestación, para lo cual se pueden utilizar las especies forestales y pastos anteriormente mencionados. Se recomienda, para la práctica conservacionista, el uso del pacaé de zorro, y/o especies que no sean palatables para el ganado caprino, como la especie espinosa la zarzamora.

c) Mecánico estructurales

Terrazas de formación lenta y absorción; la construcción de terrazas es una de las prácticas más efectivas para combatir la erosión de los suelos; sin embargo, es la más costosa, y deberá aplicarse cuando las otras alternativas de conservación de suelo, como trazo de surcos en contorno y cultivos en fajas u otra práctica agronómica cultural, no pueden emplearse.

Control de cárcavas y cauces; estas prácticas deberán ser aplicadas en la parte alta y media de la cuenca, con diques de contención escalonados; que pueden ser construidos de concreto ciclópeo para los cauces. En el control y estabilización de las cárcavas es conveniente el uso de cercos vivos con especies como la zarzamora y los ágaves.

Zanjas de infiltración; esta práctica es recomendable en zonas de forestación y reforestación, más que en zonas de pastos y cultivos; generalmente, estas obras están asociadas con control de cárcavas. En el cuadro 10, se presentan las prácticas de conservación de suelos que deben efectuarse por sectores.

d) Agronómicos culturales

Surcos en contorno y cultivos en faja son prácticas conservacionistas de uso generalizado. Es importante remarcar que estas prácticas son buenas para controlar la erosión cuando el follaje del cultivo protege gran parte del suelo.

Manejo de pastos; se deben tomar las siguientes acciones:

- Determinación de la capacidad de carga de los pastizales

- Rotación de áreas de pastoreo
- Resiembra de pastos naturales y siembra de pastos exóticos
- En las zonas altas, la repoblación con pasturas y o arbustos de la zona

Para el caso de pastizales, se recomienda, en la zona aledaña de Ayabaca y otras zonas semejantes para la cría de ovinos, el rye grass asociado con el trébol. En el caso de ganado vacuno, *Dactylis glomerata* asociado con alfalfa.

La especie arbustiva leguminosa conocida con el nombre de pacto, sería una buena alternativa para la zona. En la zona de Montero y zonas cálidas de cuencas bajas, el gramalote (*Brasia sp.*) y el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) son alternativas que actualmente se utilizan, pero que podrían aumentarse en extensión; otra posibilidad es el pasto pangola (*Digitaria decumbens*). El king grass es también una especie (pertenece al grupo del pasto elefante) que tiene un gran potencial para la zona.

En las áreas adyacentes al reservorio de Poechos, márgenes derecha e izquierda, la alternativa para el repoblamiento de pastos está dada por la especie (*Cenchrus ciliaris*) o pasto bufel, que está adaptada a condiciones de aridez y suelos pobres; la época en la que podría establecerse sería en la época de lluvias.

Manejo de cultivos: utilización de policultivos, de tal forma que cubran gran parte del suelo y que aprovechen mejor los recursos agua, suelo y nutrientes.

La rotación de cultivos es una práctica que debe ser empleada en el área de estudio.

Los cultivos permanentes deben priorizarse en el área de estudio, como en la zona de Montero y Jalilí, debido a las condiciones agroclimáticas favorables que posee. Un cultivo que tiene un buen precio en el mercado es la lúcuma, de la cual puede obtenerse harina.

Otro cultivo de especies permanentes como el *Cajanus cojan*, posee ventajas en las zonas más cálidas como cultivo alimenticio, estabilizador del suelo y restituidor de la fertilidad natural.

CUADRO 10
PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS POR SECTORES

Prácticas de conservación de suelos	Sector		
	A	B	C
	(*) Margen derecha, margen izquierda del reservorio Poechos hasta los centros poblados de Encuentros y El Progreso	Zona Saucilo, La Tina, Suyo, Montero, Laguanas, Olleros	Pacaypampa, Espindola, Aragoto, Montero, Ayabaca, Jililí, Mostasas, Sicchez
A. FORESTACIÓN			
1. Forestación		X	X
2. Reforestación		X	X
3. Agroforestería			X
B. AGRONÓMICO CULTURALES			
1. Surcos en contorno			X
2. Cultivos en fajas			X
3. Manejo de pastos			
- Determinación de la capacidad de carga de los pastizales	X	X	X
- Rotación de áreas para el pastoreo	X	X	X
- Resiembra de pastos naturales y siembra de pastos exóticos	X	X	X
4. Manejo de cultivos			
- Rotación de cultivos			X
- Policultivos			X
- Cultivos permanentes			X

C. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES			
1. Siembra de pastos			X
2. Forestación y reforestación			X
D. MECÁNICO ESTRUCTURALES			
1. Terrazas de formación lenta			X
2. Terrazas de absorción			X
3. Control de cárcavas		X	X
4. Contro de cauces	X	X	X
5. Zanjas de filtración		X	X
6. Canales de desviación		X	X

(*) *Por encima de los 600 msnm de este sector se puede considerar el mismo tratamiento que en el sector B.*

NOTAS

- 1 Proyecto: "Apoyo al desarrollo mediante sistemas automatizados" APODESA, Instituto Nacional de Desarrollo – INADE.

(*) Por encima de los 600 msnm de este sector se puede considerar el mismo tratamiento que en el sector B.

CAPÍTULO 13: SIG E OS DESASTRES NATURAIS. UMA EXPERIENCIA NA REGIÃO DE SUMÉ, ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL

Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa¹

Profa. Maria José Dos Santos¹

1. INTRODUÇÃO

O nordeste brasileiro tem uma área de 1.552.619,2 km² (18,28% do território do país) e está dividido praticamente em 3 grandes zonas: Litorânea, Agreste e Sertão. As duas últimas formam a chamada zona semi-árida, ou o denominado "Polígono das Secas" abrangendo 70% do Nordeste (1.086.833,44 km² - 13% do Brasil) com 63% da população nordestina (24 milhões de pessoas - 18% da população brasileira).

Em termos climáticos o Nordeste pode ser considerado como uma região complexa, não pela variação das temperaturas, mas sim pela variação pluviométrica. As temperaturas médias variam entre 23° e 27° C, com temperaturas mínimas no inverno de 5° e 10° C e máximas no verão entre 30° e 40° C. A precipitação média está em torno de 500 a 600 mm/a, observando-se zonas, como a litorânea e o oeste do Estado do Maranhão, onde a precipitação está acima dos 1000 mm/a. Nas regiões interioranas do "Polígono das Secas" as precipitações variam de 200-250 mm/a a 800-900 mm/a (nas terras altas) em um período de no máximo 3 a 4 meses, sendo que nestas regiões o período de estiagem tem duração de 8 a 9 meses, em tempos normais.

Assim, levando-se em consideração as condições climáticas, o interior nordestino é classificado como uma área de alto risco, onde há necessidade de se desenvolver uma política de prevenção e mitigação dos impactos da seca sobre a sua população carente.

Pelos dados da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE - 1986), é no Nordeste que temos a população mais pobre e carente no Brasil. Por exemplo, o Nordeste tem:

- 51% dos analfabetos brasileiros com mais de 10 anos;

I Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba
Av. Aprígio Veloso, 882 - Bairro Universitário
58.109-970 - Campina Grande - PB – BRASIL
Tel.: (083)333-2355 FAX: (083)333-2035 C.E.: MARX@LMRS.BR

- 50% das habitações subnormais do Brasil;
- 2/3 da população tem déficit calórico abaixo de 200 calorias;
- 50% dos trabalhadores brasileiros com rendimento igual ou inferior a um salário mínimo (US\$77,77);
- 50% dos trabalhadores brasileiros com rendimento igual ou inferior a 1/2 salário mínimo;
- a esperança média de vida inferior a 10 anos à média nacional.

Dessa maneira podemos compreender a vulnerabilidade desta grande população frente aos problemas da seca, que embora seja um fenómeno natural, aqui ela se converte em um verdadeiro desastre.

O Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto do Estado da Paraíba (LMRS-PB - ligado ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências e Tecnologia - Campina Grande - PB) desde o ano de 1992 vem trabalhando junco à Unidade de Calamidades - UNCAL e desenvolvendo trabalhos próprios no Nordeste Brasileiro, principalmente na região semi-árida, através do desenvolvimento de pesquisas e trabalhos da Pós-Graduação a nível de mestrado, na tentativa de encontrar soluções que possam minimizar o sofrimento do homem do campo durante os longos períodos de estiagem. Assim, o presente trabalho apresenta um exemplo de como estes estudos têm sido realizados, sendo-se como base os dados do Sensoriamento Remoto e do SIG. Na descrição segue-se o modelo que nos foi enviado pela RED.

2. DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

2*1. Propósitos da Aplicação

Tendo em vista que estamos atuando somente há 2 anos no campo dos Riscos e Desastres, o objetivo inicial dos trabalhos de aplicação do SIG está sendo voltado para a criação de um banco de dados. Nesta primeira etapa estão sendo coletados e armazenados dados, que em um futuro próximo poderão compor um conjunto de informações sobre o clima, a geologia, a pedologia, a vegetação natural, os corpos d'água superficiais, o uso da terra, a questão social, etc.

De posse deste material espera-se poder juntamente com a população e suas organizações (cooperativas agrícolas, agremiações diversas, clube de mães, etc.) e com as entidades governamentais em diferentes níveis, definir planos e metas que permitam à população carente urbana e rural a se adaptar melhor às condições de vida da seca.

2.2. Localização e Extensão da Região

A região de Sumé engloba a bacia hidrográfica do Alto Rio Sucurú, que é uma parcela significativa da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Esta região tem aproximadamente 981,2 km² englobando a Microrregião Homogênea dos Cariris Velhos. Seus limites são os paralelos 07°28' e 07°50' de latitude sul, os meridianos 037°13' e 036°49' de

longitude oeste e a divisa dos Estados de Pernambuco e Paraíba a oeste e a norte. Suas principais características são:

- **Clima**

O clima predominante é o tropical quente, de seca acentuada, com o período seco variando de 8 a 9 meses, podendo atingir até 11 meses. A precipitação média anual pode chegar a 500 mm/a e a temperatura média anual é de 24] C. A evapotranspiração potencial média está em tomo de 1.200 mm/a, sendo que a deficiência hídrica é de 700 - 750 mm/a.

- **Vegetação**

A vegetação natural predominante é a caatinga (savana) hiperxerófila, de porte arbóreo baixo ou arbóreo arbustivo, e é aproveitada na pecuária extensiva, produção de lenha e carvão, etc.

- **Solos**

Os solos na maior parte das ocorrências apresentam boa fertilidade, porém são poucos profundos.

- **Geologia**

A Geologia está representada basicamente por rochas cristalinas do Pré-Cambriano Indiviso, compostas por granitóides, gnaisses e migmatitos. As aluviões estão restritas aos principais cursos d'água da região.

- **Aspectos Económicos**

A economia é essencialmente agrícola, com plantio de milho, feijão, tomate, algodão e sisal. O feijão e o milho sempre são plantados em consórcio entre eles e com forrageiras (palma, capim, etc.)

A pecuária é basicamente extensiva, destacando-se o rebanho caprino, seguido do bovino e em terceiro lugar o ovino e o suíno.

O desenvolvimento de atividades para suporte à pecuária, tais como o reflorestamento com forrageiras, construção de barragens e perfuração de poços para água, tem sido baixo na região.

O segmento industrial praticamente não existe, destacando-se apenas algumas agroindústrias para o beneficiamento do tomate, goiaba e banana, que praticamente encontram-se paradas, devido à paralização das atividades do perímetro irrigado. O açude de Sumé está praticamente seco há 6 anos, o que tem comprometido a produção agrícola da região, que tem como suporte o Perímetro Irrigado de Sumé.

- Infraestrutura Física

A região é servida por uma malha rodoviária composta por estradas federais, estaduais e municipais que a interligam com os principais centros do País. Na região estão localizados ainda 3 sedes municipais (as cidades de Sumé, Prata e Ouro Velho) e os distritos de Amparo de Pio X.

- Estrutura Fundiária

Na região ocorre uma elevada concentração das terras. 94% dos imóveis rurais têm o tamanho médio de 12,71 hectares, ocupando apenas 42% da área cultivada. As outras 58% das áreas agricultáveis estão concentradas nas mãos de 6% dos proprietários rurais.

2.3. As Ameaças

Na região do experimento consideramos a seca como a principal ameaça. Sua principal causa é a distribuição das chuvas, e o baixo índice pluviométrico. As chuvas geralmente se concentram em um período de no máximo 4 meses. Além disso, são observadas grandes variações nas precipitações anuais e nem todos os anos conseguem alcançar a média anual verificada para a região. Todo este fenômeno climático da região, tem um relacionamento direto com o EL NIÑO.

Por outro lado, um problema sério para a região é o mal planejamento do manejo dos recursos hídricos, que vem permitindo a construção indiscriminada de açudes, provocando, assim, a chamada "seca hidrológica".

2.4. As Vulnerabilidades

A questão da vulnerabilidade pode ser vista de várias maneiras. Por exemplo Cardona (1992) trata a vulnerabilidade como um fator de risco interno de um sujeito ou de um sistema exposto a uma ameaça, correspondendo a sua predisposição intrínseca a ser afetado ou a ser suscetível de sofrer uma perda. É o grau estimado de dano ou de perda de um elemento, ou grupo de elementos expostos como resultado da ocorrência de um fenômeno de uma magnitude ou intensidade tal, expressa usualmente em uma escala que varia desde zero, ou sem dano, a um, ou perda total.

Para Wilcher-Chaux (1989) a vulnerabilidade pode ser definida "como a incapacidade de uma comunidade de absorver, mediante o autoajuste, os efeitos de uma determinada mudança no seu meio ambiente", ou seja, a sua "inflexibilidade", ou "incapacidade" para adaptar-se a esta mudança, que pelas razões expostas, constitui risco para a comunidade. Ainda segundo este autor, a vulnerabilidade determina a intensidade dos danos que produz a ocorrência efetiva do risco sobre a comunidade.

Assim, dentro da ótica destes dois autores, podemos definir para a região de Sumé, as seguintes vulnerabilidades:

- Vulnerabilidade Física

A existência de um contingente populacional significativo na região, devido à produtividade que a terra oferece durante o período chuvoso.

- Vulnerabilidade Económica

94% da população rural é de pequenos produtores, ou sem terras, pobres e sem diversificação de sua base económica.

- Vulnerabilidade Social

Não existe uma estrutura de organização social que possa minimizar as vulnerabilidades da população.

- Vulnerabilidade Política

Por questões principalmente económicas, as decisões políticas são centralizadas pelos governos federais e estaduais. O poder político local, face as pressões económicas, praticamente não existe.

- Vulnerabilidade Técnica

Não existe uma política para a instalação de uma infraestrutura básica, principalmente para o manejo dos recursos hídricos da região.

- Vulnerabilidade Ideológica/Religiosa

Na região observa-se uma passividade da população frente aos problemas da seca e da pobreza a que está submetida. O Homem acredita que a fatalidade é uma vontade divina.

- Vulnerabilidade Cultural

A despeito da região ter os serviços de rádio e televisão (as antenas parabólicas estão sendo muito difundidas, principalmente através dos consórcios) não há uma preocupação da mídia de mostrar à população a verdade. A mídia sempre procura o proveito político e o sensacionalismo.

- Vulnerabilidade Educacional

Esta é a mais terrível, pois tira o direito do homem de receber a educação básica, para que possa se desenvolver e compreender melhor o meio ambiente em que vive. O número de analfabetos, ou daqueles que só cursaram a primeira ou segunda série é muito grande.

- Vulnerabilidade Ecológica

Ela está diretamente relacionada com a educação. Para atender as suas necessidades básicas, sem ter uma base educacional e cultural forte, a população local destroe o meio ambiente, principalmente pelo desmatamento predatório, causando erosão dos solos, e conseqüentemente, assoreamento dos rios e açudes. Os desmatamentos indiscriminados são o principal fator da desertificação.

- Vulnerabilidade Institucional

A vulnerabilidade institucional está diretamente relacionada à questão política. As instituições locais, a nível municipal, não têm poder político para tomadas de posição e decisão. Elas estão sempre dependendo do poder político central, seja ele estadual ou federal.

3. MODELOS CONCEITUAIS

3.1. O Modelo Conceitual de Risco

A partir da fórmula clássica $\text{Risco} = \text{Ameaça} \times \text{Vulnerabilidade}$, temos procurado definir os "graus" das vulnerabilidades para a região, levando-se em consideração que as vulnerabilidades são globais. Com base no modelo apresentado por diversos autores, entre eles Markrey (1989) e Cannon (1991), temos tido o cuidado de analisar os processos político-sócio-econômicos que ocorrem, e que deixam a população pobre mais vulnerável aos riscos do desastre seca.

3.2. Os Elementos que são Incorporados ao Modelo

Em um primeiro momento é identificada como principal ameaça na região, a seca.

Como um fenômeno físico, natural, a seca tem como principais indicadores a precipitação anual e a evapotranspiração. Além desses, é importante que se faça o estudo de outros indicadores, como solos, vegetação, geologia, recursos hídricos subterrâneos e de superfície, uso da terra, etc..

Estes indicadores tem uma relação direta com as vulnerabilidades. Por exemplo, a vulnerabilidade econômica depende do baixo retomo da produção agrícola, que por sua vez depende do tipo de solo, da disponibilidade e da qualidade da água, etc.. Como consequência podemos ter a operação dos mercados de terras e imóveis, desfavorável aos pequenos e médios produtores. Consideramos aqui, que para a região a vulnerabilidade política-social é uma decorrente direta da econômica, pois a pobreza é uma barreira na criação de mecanismos de proteção social das comunidades, fato que interessa ao poder político.

Estas duas vulnerabilidades são agravadas pela vulnerabilidade cultural-educacional, pois com a falta de escolas adequadas, que prepare a população em todos os níveis, fica difícil desenvolver programas que adequadamente instruam os indivíduos das comunidades sobre o meio ambiente em que vivem (tendo em vista sua preservação), e

sobre o comportamento comunitário e/ou individual que se deve ter frente a seca. Embora ainda não se tenha avaliado de maneira concreta os indicadores, nos parece, que para a região, são os recursos hídricos (disponibilidade hídrica) e os solos (tipo e apti-dão) os indicadores de maior peso para o modelo conceitual.

3.3. As Entidades Espaciais Utilizadas

A seca, considerada como um desastre natural, é estudada por tipos e níveis de diferentes de detalhes, com relação as informações dos riscos naturais. Dessa maneira podemos ter 3 níveis de dados:

mapas dos recursos naturais (clima, geologia, solos, hidrologia, fotografias, imagens, etc.)

mapas de riscos (falhas, desertificação, desmatamentos, etc.)

- mapas referenciais de riscos e vulnerabilidades (mapas de infraestrutura; drenagem e irrigação; demográfico; uso da terra; vegetação; etc..)

Estes 3 níveis representam os principais elementos do modelo conceitual, que podem ser inseridos no SGI /SITIM (ver item 8.1) pelas seguintes opções:

entrada de áreas (mapas temáticos) - via mesa digitalizadora ou monitor de imagens (pontos, linhas, redes, superfícies, etc.);

entrada do modelo numérico do terreno - via mesa digitalizadora. Mapas que representam superfícies no espaço tri-dimencional;

entrada de imagens - transferência de imagens de satélite para o SGI;

entrada e texto - inserção de informações texturais no PI (plano de informação) ativo;

entrada de símbolos (pontos);

criação de biblioteca de símbolos.

3.4. Dados Referenciais

Os principais dados referenciais para os mapas temáticos são: rede de drenagem; rede viária; cidades e vilas; limites administrativos (estaduais, municipais, etc.); etc..

3.5. Georreferências

A georreferência basicamente está estabelecida por:

- latitudes e longitudes;
- unidades administrativas

A Tabela 3.1 exemplifica alguns dos elementos do modelo conceitual utilizado.

TABELA 3. I
ELEMENTOS DO MODELO CONCEITUAL

Categoria	Exemplos	Entidade Manipulável	Representação
Dados Poligonais (Polig)	Uso Do Solo, Culturas, Lotes, Etc.	Área	Vetorial, Varredura
Modelos Do Terreno (Mnt)	Altimetria, Geofísica, Geoquímica, Etc.	Elemento Do Terreno	Amostras, Grade, Raster, Vetorial.
Rede (Redes)	Rodovias, Canais De Drenagem, Etc.	Elementos Da Rede	Vetorial, Varredura
Hidrografia (Hidro)	Rios, Lagos, Açudes, Regiões Inundáveis, Etc	Corpos De Água	Vetorial, Varredura
Imagens Multiespectais (Imag)	Imagens Aéreas, Orbitais, Etc.	Banda	Varredura
Pontos (Ptos)	Poços, Igrejas, Aeroportos, Etc.	Entidade Isolada	Vetorial

Fonte: Erthal et al. (1988) com modificações.

4. DISPONIBILIDADE DOS DADOS

4.1. Fonte dos Dados

As principais fontes de dados são os órgãos governamentais a nível municipal, estadual e federal. O acesso aos dados é relativamente fácil, e na maioria das vezes trabalha-se com a troca de informações. Além disso o LMRS-PB está ligado a Rede Nacional de Sensoriamento Remoto do IBAMA (Instituto Brasileiro para o Meio Ambiente), como membro da REDE responsável pela formação de recursos humanos. Também temos acesso a praticamente todas as bibliotecas do País ou via computador ou via COMUT.

4.2. Dados Secundários

Como dados secundários temos os dados bibliográficos e mapas existentes, mapas digitais, dados estatísticos, dados de poços, fotografias aéreas, imagens, orbitais, etc.

4.3. Qualidade dos Dados Secundários

A confiabilidade dos dados secundários é relativa. Ela vai depender do nível da coleta de dados. Geralmente os dados secundários, quando possível, são checados, antes de serem usados e aceitos como verdadeiros.

4.4. Escala dos Dados Secundários

As escalas dos dados secundários são diversas, variando desde 1:1.000.000 até as escalas grande de detalhe, sendo que a maioria está entre 1:500.000 e 1:100.000.

4.5. Temporalidade

Em termos temporais, até o presente momento não foi possível ainda definir uma periodicidade para todos os dados. Somente os dados pluviométricos, de umidade do solo e do volume dos açudes estão sistematizados (dados diários, semanais, mensais e anuais, etc.). Também temos uma boa periodicidade para as imagens METEOSAT (em tempo real), e para as imagens TM/LANDSAT-5 e SPOT, porém o custo elevado destas últimas imagens é um fator limitante no seu uso temporal.

4.6. Projeção

O sistema SGI/SITIM, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e utilizado no LMRS-PB, fornece 14 opções de projeção, incluindo a UTM (Universal Transversa de Mercator) para escalas igual ou maiores que 1:250.000 e a Cônica de Lambert para as pequenas escalas. O SGI/SITIM oferece ainda uma escolha de projeção local denominada de nenhuma, para mapas em projeções ainda não fornecidas ao sistema ou para dados que não tenham compromisso com as projeções estabelecidas. Para os trabalhos atuais, que estão sendo desenvolvidos no LMRS-PB foi definida a escala de 1:100.000, utilizando-se o sistema UTM, compatível com as imagens orbitais. Quanto aos dados secundários utilizados, estes, geralmente, especificam claramente o sistema de projeção que foi utilizado na sua confecção.

4.7. Produção de Dados Primários

- Dados Pluviométricos: são coletados diariamente nas diversas plataformas de coletas de dados (estações), algumas com transmissão automática para os computadores do LMRS-PB, que por sua vez estão ligados em rede com outros núcleos e instituições do País. No final do mês cada estação envia, via correio, para o LMRS-PB um relatório mensal sobre a precipitação ocorrida no período;
- Dados dos Açudes: em cooperação com órgãos federais e estaduais os dados dos açudes, principalmente sobre o volume armazenado, são coletados diariamente, in loco, porém transmitido ao LMRS-PB quinzenalmente.
- Dados da Fotointerpretação: são apresentados em formas de mapas, fotos, slides, tabelas, etc.;

- Dados de Campo: nesta categoria incluem-se desde os dados de avaliação da fotointerpretação até os dados dos levantamentos sócio-econômicos. Estes dados são apresentados em forma de mapas, fotos, tabelas, etc..

4.8. Volume e Custo dos Dados Secundários

Em relação ao volume dos dados secundários, há uma preocupação na avaliação e seleção dos dados que serão incorporados ao sistema, de tal modo que não se sature a memória do sistema e que o pesquisador não se perca na análise dos dados devido ao volume armazenado. Em termos de volume de dados atualmente armazenados, temos 110 arquivos, com um total de 6.215.881 bytes. Em termos de custo, a média está entre US\$9,00 a US\$12,00 a hora de digitalização para armazenamento dos dados secundários. Quanto ao custo de aquisição destes dados, fica difícil de ser definido, pois a maioria dos dados são adquiridos sem ônus.

5. ENTRADA E INTEGRAÇÃO DOS DADOS

5.1. Entrada de Dados

- Digitalização em mesa (manual): é o processo mais utilizado embora custoso e demorado;
- Digitalização ótica ("scanning"): sua principal limitação é o custo. Não a estamos ainda utilizando, porém estamos em fase de aquisição de um "scanner" E;
- Caderneta de Campo: são dados coletados no campo e anotados em cadernetas convencionais ou computadorizada, incluindo-se aqui o GPS (Global Positioning System). Atualmente estão sendo adquiridos, através do projeto Manitoba, 2 "note books", o que facilitará a coleta de informações no campo;
- Leitura de Dados Digitais: entrada de fotografias diversas e imagens orbitais, como também a importação de dados disponíveis em outros sistemas, como por exemplo o AutoCAD.

5.2. Armazenamento dos Dados

A versão do SGI utilizada no LMRS-PB prevê a compatibilidade com o banco de dados dBASE IV (Hirsch e Hirsch, 1988) e, em sua concepção foi utilizado um modelo de dados chamado modelo geo-relacional. A sua principal estrutura é:

Projeto *É* Plano de Informação *É* Objeto

Um projeto pode ter vários Planos de Informação (PI), onde cada PI pertence a uma categoria (ver tabela 3.1). Cada PI é composto de um conjunto de objetos, onde cada objeto tem identificação única. O sistema permite que os dados de um determinado PI sejam atualizados sem que os mesmos percam sua integridade. Até o momento, no sistema SGI/SITIM não se utilizou nenhum sistema de "tiling".

5.3. Escala de Generalização dos Dados

As escalas utilizadas podem ser:

- escala nenhuma: dados onde a escala não tem influência direta;
- escala de 1:100.000: quando há necessidade de precisão geográfica.

Assim, observando-se estes critérios de escala, não há riscos para os usuários, no manuseio dos produtos oferecidos pelo SGI. Além disso o sistema pode fornecer dados (mapas) na escala que o usuário desejar.

6. OPERAÇÕES ESPACIAIS

6.1. Tipos de Operações Espaciais

Para produzir as informações dos objetivos desta aplicação estão sendo utilizados operadores, tais como:

- área: cálculo de área para todas as classes de um PI;
- sobreposição: operações lógicas entre dois (ou mais) PI;
- volume: cálculos volumétricos;
- distâncias: geração de um mapa de distâncias a um conjunto de classes. Etc.

6.2. O Modelo de Dados a Ser Desenvolvido

Como já foi descrito acima, e de acordo com Erthal et al (1988), um projeto contém planos de informação (PI), que é um conjunto de elementos de mesmas características (lotes, fazendas, rede viária, rios, etc.), que podem estar associados a dados não gráficos. A altimetria, o uso do solo, a hidrografia e a rede elétrica são exemplos de PIs. Esta noção permite que todas as informações de um mesmo levantamento, independentemente do formato, sejam vistas externamente de uma maneira unificada.

Segundo os autores acima citados, um PI correspondente à altimetria pode conter, entre outros, as representações: vetorial (isolinhas), amostras 3D (amostras esparsas) grade regular (resultado de interpolação) e raster (arquivo no formato de varredura - imagens).

O SGI/SITIM utilizado no LMRS-PB é capaz de tratar os dados nos formatos vetorial, varredura ("raster"), amostras 3D e grade regular. Os dados não espaciais (o nome, o tamanho, a quantidade de gado, o número de habitantes, o índice sócio econômico, etc.) são armazenados em tabelas do gerenciador de bancos de dados dBASE IV.

6.3. A Estrutura de Dados a Ser Desenvolvida

No item 5.2 já se falou a respeito da estrutura que é utilizada no SGI/SITIM. O referido sistema supõe que um usuário terá as seguintes características:

- usuário organiza seu trabalho em projetos de forma que cada projeto tenha seu PI;
- Cada PI refere-se a uma mesma grandeza;
- Cada PI pertença a uma categoria:
- Polígonos - compostos de polígonos que delimitam regiões, onde cada região corresponde a uma classe (tema) determinada;
- MNT - distribuição espacial de uma grandeza física (topografia);
- Imagens Espectrais - obtidas por satélites ou por digitalização de fotos.
- O tratamento de imagens é feito pelo SITIM;
- As entidades manipuláveis pelo banco de dados são denominadas objetos geográficos, que correspondem a entidades geográficas distintas. Cada objeto possui: uma representação gráfica - que indica sua localização, e um conjunto de atributos (que o descrevem). Objetos de um mesmo PI podem ser agrupados em uma classe. No caso de dados no formato vetorial, cada polígono corresponde a um objeto. A hierarquia interna prevista é a seguinte:

Projetos

Plano de Informação (de uma categoria)

Objetos

7 . INTEGRAÇÃO INSTITUCIONAL DA INFORMAÇÃO

7.1. Locação institucional da Informação

A informação produzida pode ser encontrada no Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto (LMRS-PB), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), na cidade de Campina Grande. Este Laboratório é um convênio entre o Governo do Estado da Paraíba, o Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCT/CNPq) e a UFPB. O Laboratório tem o compromisso com a UNCAL de atender todas as suas necessidades em termos de SIG e Sensoriamento Remoto.

Os usuários das informações são as entidades e órgãos governamentais (federais, estaduais e municipais), Universidades, Centro de Pesquisas, Entidades não Governamentais (Cooperativas e Sindicatos Rurais, etc.), e a população em geral.

Os dados podem ser fornecidos diretamente aos usuários, no próprio Laboratório, ou por via direta através do telefone, do FAX e/ou do Correio Eletrônico, ou através da publicação de boletins.

7.2. Sistema de Atualização da Informação

Os dados meteorológicos e climáticos têm uma atualização dinâmica através das Plataformas de Coletad de Dados (PCDs). Os outros dados são atualiza-dos através da coleta diretamente no Campo. Para isso, temos uma ligação dire-ta com a Pós-Graduação da UFPB, que através do desenvolvimentos de Teses de Mestrados e trabalhos de pesquisas, permite uma atualização dos dados a um nível satisfatório. A responsabilidade da atualização dos dados está a cargo do corpo técnico do LMRS-PB, composto por Engenheiros Civis, Cartógrafos, Engenheiros Agrícolas, Meteorologistas, Hidrólogos, Geólogos, Agrónomos, técnicos da área de informática e computação, etc..

A integridade das informações é uma das nossas preocupações, para que as mesmas não sejam manipuladas e apresentadas à sociedade de maneira errônea. Para isso, temos tido o cuidado de, sempre que possível, apresentá-las e publicá-las em simpósios, congressos, seminários, boletins técnicos especializados, etc..

7.3. Sistema de Produção de Informação

O formato final das informações pode ser em forma de mapas (mapas de solos; mapas geológicos; mapas de fraturas; etc.), em forma de gráficos (precipitação mensal; temperatura mensal; volume dos açudes, etc.) etc. O tipo de informação e o formato final será ditado pelo usuário, de acordo com suas necessidades.

7.4. Utilização da Informação

Em se tratando de seca, as informações até o momento produzidas pelo sistema visam, entre outras coisas, o seguinte:

— definição da melhor época de plantio, em relação a umidade do solo e a época de maior precipitação;

definição de áreas prioritárias para a pesquisa de água subterrânea;

identificação de solos de maior potencial para a agricultura; etc.;

definição de outras atividades económicas para a população carente, paralela às atividades agro-pastoril.

Os dados, geralmente, são passados às Secretarias Estaduais ou Municipais Especializadas, que juntamente com a comunidade local deve tomar as decisões sobre os riscos e as prevenções dos desastres. Quanto ao risco do uso das informações de uma maneira indiscriminada, procura-se minimizá-lo através da orientação do usuário e da seleção do material que é repassado a ele.

8. SISTEMA A SER UTILIZADO

8.1. Estação

A Configuração básica do SGI/SITIM é a seguinte:

- microcomputador: compatível com a linha PC, preferencialmente 386 ou 486. com memória principal mínima de 1 Mbyte (recomenda-se mais de 2 Mbytes), disco rígido de pelo menos 40 Mbytes, disco flexível de 5"1/2 ou 3"1/2, terminal de vídeo alfanumérico e teclado alfanumérico padrão. O Microcomputador deve ter ainda, pelo menos uma porta de comunicação serial RS-232, para conexão de mesa digitalizadora e traçador gráfico ("plotter") e uma porta de comunicação paralela, para conexão de impressora;
- placa gráfica: unidade visualizadora de imagens e gráficos baseada no padrão de comunicação gráfica TIGA (Texas Instruments Graphics Architecture) com um plano de 1024 x 768, com 256 níveis de cinza e 8 ou 12 bites por pixel. O SGI/SITIM aceita as placas gráficas UVI-340 (ENGESPAÇO). D-340 (DEDALUS). 9-GX (Number Nine) e AT-1100 (VOLANTE).
- monitor gráfico: de alta resolução para ser conectado à placa gráfica. O SGI aceita monitores NEC #D "multisync", VideoTek AutoSync e VideoTek SVGA;
- mesa digitalizadora: o SGI possui "drivers" para as plotadoras Dígicon, SMAR. HP (linguagem HPGL e HPGL2), Calcomp (pena) e Versatec (elecrostática);
- impressora de transferência termal: Tektronics (padrão PostScript); e
- impressora tipo "InkJet": Tektronics.

O suporte técnico, a nível regional, é dado pela própria UFPB (através dos seus diversos secres e departamentos, e dos convênios internacionais, como o convênio com a Universidade de Manitoba, Canadá), e a nível nacional, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pela Engenharia Espacial (ENGESPAÇO).

8.2. O Pacote de Software

O Software básico que se utiliza é o SGI/SITIM, desenvolvido pelo INPE, que consegue trabalhar com dados gerados em outros SIGs ou CADs ("Computer Aided Design"). Além disso, o SGI permite a importação de arquivo ARC/INFO (interface com dados do sistema ARC/INFO, modo UNG ("ungenerated")); importação de arquivo MAXICAD (interface com dados do sistema MAXICAD, modo SEQ (arquivo sequencial) e importação de arquivo AUTOCAD (interface com dados do sistema AUTOCAD, modo DXF ("Drawing Interchange File").

Além do SGI/SITIM, o LMRS-PB tem ainda disponível o Sistema de Processamento de Informações Geo-referenciadas (SPRING) também desenvolvido pelo INPE e o sistema IDRISI (versão 4.0 - IDRISI Project, Clark University, USA), recebido através do Projeto

Manitoba (Convênio UFPB/CIDA/UMANITOBA. Como apoio aos SIG do LMRS-PB, são utilizados os "software" AutoCad (versão 10, da Autodesk Inc., 1988) e o Quatro Pró for Windows (Versão 5.0 - Borland Internacional, 1993).

Este pacote de "software" foi adotado devido, primeiro a facilidade de conseguí-los através dos convênios que a UFPB mantém, e segundo pela versatilidade dos mesmos, principalmente do SGI/SITIM. Isto facilitou em muito em termos de custo, um custo praticamente zero para a UFPB. O suporte técnico foi fornecido, principalmente pelo INPE, com a locação de pessoal técnico e da área de pesquisa, no LMRS-PB, alguns dos quais, hoje estão absorvidos pela UFPB. Em termos de suporte financeiro, os recursos são poucos, e praticamente todo ele é próprio, obtido através da prestação de serviços (como por exemplo, cursos de especialização e treinamento nas áreas do Sensoriamento Remoto, Processamento de Imagens e Sistemas de Informações Geográficas).

BIBLIOGRAFIA

CANNON. T. A, 1991, *Hazard Need Not A Disaster Make: Rural Vulnerability and Causes of Natural Disaster*. Trabalho apresentado na Conferência Disasters: Vulnerability and Response. DARG/IBG/RGS, London.

CARDONA A., O. D., 1992, *Manejo Ambiental y Prevención de Desastres: Dos Temas Asociados*. In: II Simpósio Latinoamericano de riesgos Geológicos Urbano y II Conferência Colombiana de Geologia Ambiental. Pereira, Colombia.

ERTHAL, G.; D. S. ALVES. Y G. CÂMARA, 1988, *Modelo de Dados Geo-Relacional: Uma Visão Conceitual de um Sistema Geográfico de Informações*. In: Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, I (Anais).

HURSCH, J. L. Y C. J. HURSCH, 1988, *Dbase IV essenciais*. Windcrest Books, Rio de Janeiro, 215 p.

MASKREY, A., 1989, *El Manejo Popular de los Desastres Naturales*. Estudios de Vulnerabilidad y Mitigación. ITDG, Lima.

SUDENE, 1986, *Uma Política de Desenvolvimento Para o Nordeste*. SUDENE, Recife, Segunda Edição.

WILCHES-CHAUX, G., 1989, *La vulnerabilidad Global*. In: Desastres, Eologismo y Formación Profesional. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Colombia.