

SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA

**CONFERENCIA INTERAMERICANA
SOBRE REDUCCIÓN DE LOS DESASTRES NATURALES**
CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA
MARZO 21-24, 1994

Estudio de Amenazas Geológicas por el INGEOMINAS
Un Aporte para la Organización Territorial de Colombia

**J.M. Martínez *, J.A. Romero **
Forero-Dueñas **, C.A. & Rubiano, D.M.****
Marzo 1994

* Subdirector de Ingeniería Geoambiental
Instituto de Investigaciones en Geociencias,
Minería y Química -INGEOMINAS
** Área de Ingeniería Geoambiental.

GEOLOGICAL HAZARDS STUDIES BY INGEOMINAS
A contribution to the territorial organization of Colombia

Martínez, J.M.; Romero, J.A.; Forero-Dueñas, C.A. & Rubiano, D.M.
INGEOMINAS - Area de Ingeniería Geoambiental.

ABSTRACT

The Institute of Investigations in Geosciences Mining and Chemistry - INGEOMINAS, is the national institute in charge of the study of the natural geological hazards. Since the thirties many different works related with these aspects have been developed and have grown firm during the last five years with the creation of the National System of Desasters Prevention and Attention -SNPAD; likewise INGEOMINAS has started a plan of modernization and development, with the objective of consolidating itself as a leader in assesment geological and environmental risks. During this last stage, the Area of Geo-environmental Engineering was created with the following functions: regional and local geotechnical zoning, evaluation of environmental hazard and geological risks, evaluation of environmental planing.

Earth sciences show some lighth on natural hazards, material sources and in general the soil usage. In INGEOMINAS this soil usage is investigated from the stability point of view, analizing both geomechanical properties of the material as a tool to hazards assesment. INGEOMINAS as an institution for information of Earth sciences, play an important roll in knowledge spreading of processes that, implicate geological hazards to the people and country infrastructure; in such manner INGEOMINAS both promotes and participate in the organization of conferences, forum and congresses with the objective of sharing and spreading metholological knowledges in geosciences on a national and internatioanl basis.

ESTUDIO DE AMENAZAS GEOLOGICAS POR EL INGEOMINAS
Un aporte para la organización territorial de Colombia

Martínez, J.M.; Romero, J.A.; Forero-Dueñas, C.A. & Rubiano, D.M.
INGEOMINAS - Area de Ingenieria Geoambiental.

RESUMEN

El INGEOMINAS, Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química, es la entidad nacional de Colombia a cargo del estudio de las amenazas por factores geológicos. Diferentes labores relacionadas con estos aspectos se han venido desarrollando desde los años treinta, y se han consolidado en los últimos cinco años con la creación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres; igualmente Ingeominas ha puesto en marcha un plan de modernización y desarrollo con el fin de consolidarse como el líder en evaluación de riesgos geológicos y ambientales. Entre otros aspectos dentro de esta última etapa creó la Subdirección de Ingeniería Geoambiental, que incluye los programas de Zonificación Geotécnica Regional y Urbana, Evaluación de Amenazas y Riesgos Geológicos y Evaluación y Planeamiento Ambiental.

Las Ciencias de la Tierra arrojan luces sobre las amenazas naturales, las fuentes de materiales, y en general sobre el uso del suelo. Este uso del suelo es analizado en el INGEOMINAS desde el punto de vista de estabilidad, evaluando tanto las propiedades geomecánicas de los materiales como las amenazas presentes.

INGEOMINAS como instituto soporte de la información en ciencias y tecnologías de la tierra, cumple un papel importante en la producción y divulgación del conocimiento de los procesos que implican amenaza geológica para las comunidades y obras de infraestructura; en tal sentido promueve y participa en la organización de conferencias, foros y congresos que tienen como objetivo compartir y difundir los avances metodológicos y del conocimiento en Geociencias a nivel nacional e internacional.

INTRODUCCION

Debido a la ubicación geográfica de Colombia, en la esquina noroccidental de América del Sur y formando parte del cinturón circum-Pacífico, se tiene como consecuencia una intensa actividad tectónica la cual hace al país propenso al riesgo sísmico y volcánico. Las condiciones climáticas del trópico y los efectos de la zona intertropical, producen rigurosos contrastes pluviométricos, que generan periódicamente toda clase de inestabilidad de laderas y desbordamientos de cauces de corrientes naturales.

El área continental del País (1'141.748 Km²) está constituida en términos generales por dos tipos de regiones morfológicas diferentes: las montañas andinas y las extensas planicies. Estas dan lugar a múltiples procesos geológicos de variada naturaleza y magnitud. La región montañosa compuesta por tres cordilleras, Oriental, Central y Occidental, forma una topografía irregular susceptible a fenómenos como los deslizamientos, avalanchas de roca y suelo, hundimientos de terreno, etc.; las extensas planicies de los Llanos Orientales, el Caribe, el Pacífico y los valles interandinos facilitan grandes inundaciones y divagaciones incontrollables del cauce de muchos ríos que producen fuerte erosión y sedimentación laterales.

Ejemplos evidentes de estas amenazas geológicas son los terremotos de Cúcuta en 1875, Tumaco en 1979, Popayán en 1983, Antiguo Caldas en 1979, Murindó en 1992, Arauca en 1993, las erupciones volcánicas del Puracé en 1595, Doña Juana en 1845 y Ruiz en 1985, Galeras en 1936 y 1993; los deslizamientos del Guavio en 1983, Quebradablanca en 1974, La Beteca y Villatina en 1987, la avalancha en Utica en 1988, entre otros, que han dejado numerosas víctimas y grandes pérdidas materiales (Figura 1).

EL ESTUDIO DE LAS AMENAZAS NATURALES-GEOLÓGICAS.

Con el estudio de las amenazas geológicas se pretende básicamente:

- Identificar y estudiar los procesos que impliquen amenaza para la supervivencia del hombre y de la infraestructura económica y social.
- Hacer posible que los estudios de prevención de los efectos de las amenazas geológicas sean utilizadas como un criterio técnico básico para la planeación y el ordenamiento territorial

- Conocer de forma integral los diferentes elementos del entorno natural, especialmente del medio ambiente físico que interviene y utiliza el hombre para establecer y desarrollar su cultura.
- Consolidar una cultura ambientalista positiva.

Pretender el manejo de tales niveles del conocimiento es imperativo porque el crecimiento y densificación desordenados de la población en grandes centros urbanos, el desarrollo de tecnologías vulnerables y el deterioro del medio ambiente, hacen que cuando ocurren fenómenos naturales tales como sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, deslizamientos, etc., se presenten graves daños sobre las personas, sus bienes y su infraestructura, causando enormes pérdidas, que pueden llegar a afectar en forma muy severa el desarrollo económico y social de regiones, y en ocasiones tardar muchos años en recuperarse (Cardona 1992a).

Una de las estrategias del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de Colombia - SNPAD, consiste en hacer de la prevención un concepto básico para la planeación del desarrollo territorial (Vallejo 1990). Así, cualquier gestión que se relacione con el medio físico debe ser proyectada teniendo suma claridad, entre otros, de los procesos geológicos naturales que ocurren en el entorno. INGEOMINAS participa de las actividades técnico científicas del Sistema, aporta su experiencia especialmente en ciencias naturales y físicas. Así, a tono con el proceso que ha generado el SNPAD, ha organizado su estructura, ha logrado la adquisición de instrumentación para la vigilancia sísmica y volcánica, ha avanzado en la evaluación de las amenazas geológicas y de esta forma contribuye al ordenamiento territorial con la prevención y mitigación de riesgos.

EXPERIENCIA INSTITUCIONAL

Aun cuando la descripción de los procesos geológicos superficiales se hace desde varios decenios atrás, a través de informes de reconocimiento y notas de visitas técnicas, atendiendo casos puntuales de Geología Urbana o inestabilidad de zonas o de obras, el concepto de Amenaza Geológica es nuevo en el ámbito de las Ciencias de la Tierra. La metodología para la identificación y estudio de tales amenazas se encuentra en proceso de depuración, especialmente en lo que se refiere a la presentación adecuada, para uso de los planificadores, políticos y comunidad en general.

El tipo de información y la manera en que se entrega a las autoridades, por parte de los técnicos encargados de elaborarla, es un punto clave en el éxito o fracaso de las acciones que se emprenden para la mitigación de los efectos de las amenazas

naturales, tan comunes en gran parte de las áreas urbanas del país (Caballero & Mejia, 1993).

Durante el decenio de los 80, Colombia fue especialmente afectado por desastres de origen geológico; esto indujo al Estado a tomar medidas de carácter permanente para responder más adecuadamente a su función de proteger la vida y los bienes de los Colombianos. En 1986 se creó la Oficina para la Prevención y Atención de Desastres; en 1988 la ley 46 creó el SNPAD, reglamentada en el Decreto 919 de 1989. En este último se asignaron responsabilidades al Instituto en vigilancia volcánica y en ser la entidad rectora de evaluación de riesgos geológicos. Adicionalmente las leyes 9° de 1989 y 2° de 1991 de Reforma Urbana obligan a las autoridades municipales involucrar el tema de las amenazas naturales para que el ordenamiento territorial garantice el Desarrollo sostenible de los pueblos (Cardona, 1992a).

Para responder adecuadamente a esta realidad INGEOMINAS creó las subdirecciones de Geofísica e Ingeniería Geoambiental en los años recientes. Existe variedad en los alcances de los estudios efectuados por el Instituto; condicionada básicamente por el nivel de escala utilizado: nacional, regional, local y de diseños. Se puede hablar en primer término de la "Identificación de Amenazas Geológicas", en estos trabajos se siguen generalmente las siguientes etapas: recopilación de información, fotointerpretación, análisis de otros sensores remotos, comprobación de campo, conclusiones y recomendaciones. La escala de trabajo y por lo tanto la intensidad de las labores de campo y el tipo de análisis puede variar desde: nivel municipal en escalas de 1:5.000 a 1:2.000 en cabeceras municipales y 1:10.000 a 1:25.000 en zonas rurales; nivel de ciudades en escalas 1:10.000 a 1:25.000; nivel de cuencas en escalas de 1:25.000 a 50.000, y a nivel departamental o regional en escalas de 1:300.000 a 1:500.000.

A nivel regional se han trabajado los "Mapas de Evaluación de Amenazas" en los cuales a nivel metodológico se puede destacar que en algunos casos sobre una base topográfica, se efectúa la superposición de eventos históricos desastrosos, produciendo una demarcación básica de zonas con antecedentes de inestabilidad. En otros casos sobre una base geológica se han superpuesto estos fenómenos y eventos sísmicos, buscando una correlación entre litología e inestabilidad. En la actualidad se trabaja en un procedimiento que busca demarcar zonas homogéneas de susceptibilidad, con base en una interpretación de las propiedades y el comportamiento de los diferentes materiales geológicos. Se tienen adelantados, por ejemplo, los inventarios regionales de amenazas geológicas para los Departamentos de Santander, Norte de Santander y Antioquia.

Por otra parte, se han realizado estudios de zonificaciones para la aptitud del uso del suelo Urbano, en varias cabeceras de pequeños municipios, identificando sus amenazas geológicas (figura 2). Cabe destacar los trabajos realizados en municipios del Tolima (20), Quindio (10), Antioquia (40), Cundinamarca (17) y Cesar (7).

En cuencas hidrográficas la zonificación geológica y geotécnica se convierte en un elemento útil de planificación del medio rural, de la optimización en la utilización de los recursos naturales y de la preservación del agua. En este tipo de trabajos Ingeominas ha entregado contribuciones en las cuencas de los ríos Combeima, Lejos (Figura 3), Chicamocha, Guatapurí, por nombrar los estudios más completos.

Se han trabajado los "Mapas de Zonificación Geotécnica" con los cuales se logra identificar sectores de subsuelo con comportamiento geomecánico homogéneo. Estos proyectos se ejecutan preferiblemente luego de que en la zona a estudiar se haya cumplido la etapa de identificación de amenazas. Las actividades para desarrollar estos estudios comprenden: recopilación y análisis de la información; comprobación geológica y geomorfológica de campo; caracterización geotécnica incluyendo muestreo directo, exploración geofísica y pruebas in situ; caracterización de laboratorio; análisis de estabilidad en zonas representativas; conclusiones y recomendaciones. Las escalas van desde nivel local (1:2.000), hasta análisis de ciudades y cuencas (1:25.000 a 1:100.000).

El primer proyecto realizado fue la zonificación geotécnica del Distrito Especial de Bogotá, donde se evaluó una área de 550 Km². Sin embargo el alcance de este trabajo será revaluado el presente año. Cabe destacar los nuevos estudios de zonificación geotécnica en ciudades intermedias como Ibagué, Armenia, Pasto y en la actualidad Cartagena.

Otro tipo de estudios son los "Estudios de Riesgos", que requieren la participación de grupos interdisciplinarios, para evaluar los diferentes elementos relacionados. La metodología de estos trabajos está poco desarrollada a nivel mundial; entre los pasos que se deben dar en estos análisis están: recopilación y análisis de la información, labores convencionales de comprobación geológica y geomorfológica de campo, análisis de mecánica de suelos y rocas, modelación de fenómenos, cálculo de factores de seguridad con métodos probabilísticos, cálculo de probabilidad de ocurrencia de los eventos, cálculo de amenazas, evaluación de la vulnerabilidad y estimación del riesgo. Generalmente se han trabajado en escalas 1:10.000 y 1:25.000. La principal experiencia institucional se ha tenido con el Estudio de Amenazas y Obras Alternativas de Protección para Utica, Departamento de Cundinamarca. En el presente año trabajará un grupo en el cálculo del riesgo volcánico por el Galeras.

Los mapas de amenaza volcánica se iniciaron en INGEOMINAS con el Volcán Nevado del Ruiz. La primera versión se denominó "Mapa de riesgo volcánico...". En general estos incluyen estudios históricos de clase y magnitud de eventos eruptivos, área de influencia, características morfológicas de sectores aledaños, análisis de volúmenes de casquetes de hielo y magnitudes probables de deshielo, entre otros aspectos. La escala de estos mapas usualmente es de 1:100.000.

Sin embargo, la metodología para la elaboración de estos mapas ha ido evolucionando, tanto en el uso de conceptos específicos como el de zonificación probabilística de la severidad, utilizado en la segunda versión del mapa de amenaza volcánica potencial del Ruiz (Parra, et al 1988); el de "cono de energía", para colapsos de columna eruptiva con altura de columna determinada sobre el cráter, método desarrollado por el profesor G. Walker del Observatorio Vulcanológico de Hawaii y aplicado en Colombia por primera vez en la segunda versión del mapa de amenaza volcánica potencial del Galeras, ver figura 4 (Pulgarin et al 1989); hasta el manejo de una terminología adecuada para el entendimiento de autoridades y público en general, como fue uno de los objetivos del mapa de amenaza volcánica potencial del Nevado del Tolima (Cepeda & Murcia 1989).

En la actualidad se tienen mapas de amenaza volcánica potencial de:

- Volcán Cerro Bravo
- Volcán Nevado del Ruiz
- Volcán Nevado de Santa Isabel
- Volcán Nevado del Tolima
- Volcán Nevado del Huila
- Volcán Puracé
- Volcán Galeras
- Volcán Cumbal

Igualmente INGEOMINAS adelanta estudios especiales sobre la sismicidad a la cual esta sometida todo el territorio, en especial las zonas montañosas, en donde se ha instalado más del 90% de la población Colombiana. Al estudiar las fuentes generadoras de terremotos INGEOMINAS ha suministrado información básica para la zonificación regional del territorio. Adicionalmente ha iniciado el estudio integral de la amenaza sísmica y las condiciones locales del terreno sobre el cual se han instalado las más importantes ciudades para definir de manera específica las condiciones de diseño sismorresistente.

Con el proyecto de Neotectónica del Suroccidente Colombiano, Ingeominas hizo parte del Grupo de Estudio del Riesgo Sísmico del Suroccidente, GERSCO, constituido además por el gobierno Suizo, la Corporación Autónoma Regional del

Valle del Cauca y la Universidad del Valle. Esta investigación cubrió un área aproximada de 80.000 Km², dentro de los sistemas de fallas de Romeral, Cauca Patia y borde Oriental de la Cordillera Central, y se lograron establecer algunas relaciones entre la sismicidad de altas magnitudes que quedan por fuera de los registros históricos e instrumentales y las rupturas del terreno con morfologías características de movimiento.

También se ha compilado la información existente sobre las fallas geológicas activas en Colombia, y representado en un Mapa Neotectónico preliminar a escala 1:1'500.000. Con este mapa se aporta un elemento de análisis fundamental para el conocimiento sismotectónico del territorio nacional y para la actualización de la zonificación de la amenaza sísmica del País.

Ultimamente se realizó la Microzonificación Sismogeotécnica de Popayán, proyecto coordinado y dirigido por el Ingeominas en el cual participaron la Comunidad Económica Europea, el BRGM de Francia, la Universidad de los Andes y la firma griega ADK/KS. Este fue un trabajo de carácter interdisciplinario, interinstitucional y multinacional, que desarrolló gran cantidad de actividades, entre las cuales se pueden citar: investigación y compendio de la sismicidad histórica; geología, tectónica y neotectónica; análisis probabilístico de la aceleración máxima probable en Popayán, análisis de las características geotécnicas del subsuelo urbano, refracción sísmica, ensayos geotécnicos de laboratorio etc., y la formulación de modelos para someterlos a estudio con acelerogramas de diseño establecidos. Con toda esta información se efectuó la microzonificación de la ciudad en cuatro zonas de respuesta particular. Adicionalmente se hizo un estudio de vulnerabilidad, que permitió establecer líneas de acción prioritarias, ante la eventualidad de sismos futuros, similares o peores que el de 1983. (INGEOMINAS, 1992)

Finalmente, el Instituto ha realizado investigaciones especiales sobre problemas de geología marina, particularmente sobre la línea de costa; también para aportar elementos de juicio que permitan el planeamiento del desarrollo de las comunidades que habitan las costas Colombianas. Con el estudio de la geomorfología y riesgos geológicos de la línea de costa de los departamentos de Nariño, Cauca, Valle y Choco, se investigaron los problemas geológicos asociados a la línea de costa Pacífica, tales como la pérdida de terrenos litorales y variaciones morfológicas de la línea de costa, a causa de los procesos erosivos marinos, de la actividad neotectónica, la intervención humana o por efectos de maremotos o fenómenos asociados. Se detallaron los principales factores geológicos presentes en la determinación de las variaciones históricas de la línea de costa, se elaboraron mapas geomorfológicos de la línea de costa (escala 1:25.000), sobre los cuales se registran los procesos para controlar su evolución y prever consecuencias.

VISION FUTURA DEL INGEOMINAS

Con la modernización del Estado que emprendió el actual gobierno, se organizó el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología en cuyo contexto se reestructuró el INGEOMINAS, lo cual ha posibilitado iniciar todo un proceso de reorganización que le ha permitido desarrollar una nueva subdirección de Ingeniería Geoambiental cuya misión es:

- Desarrollar y aplicar tecnologías para el estudio de la tierra y del ambiente, con el objeto de establecer la interacción del hombre y de sus obras de infraestructura con el entorno natural.
- Realizar los estudios geológicos, geotécnicos y ambientales para prevenir desastres asociados con fenómenos naturales, contribuir a la protección del medio ambiente y a la adecuada estabilidad de las obras de infraestructura como elementos fundamentales para un desarrollo planificado.

Con este propósito se han definido programas a nivel nacional, que agrupan proyectos específicos en zonificación geotécnica regional y urbana y en la evaluación de amenazas y riesgos geológicos.

INGEOMINAS tiene como proyección general, consolidar su liderazgo en el conocimiento y aprovechamiento de la tierra, para cumplir un importante papel dentro del Plan de Desarrollo Nacional, en los siguientes aspectos relacionados con las amenazas geológicas y el ordenamiento territorial:

- En ciencias de la Tierra y del ambiente, generando conocimiento sobre los fenómenos que puedan afectar las obras civiles; sobre los procesos relacionados con la estructura y dinámica del interior de la tierra, para entender la ocurrencia de los terremotos y erupciones volcánicas; y sobre la geoquímica de los procesos naturales y ambientales para identificar la alteración del medio ambiente producido por los cambios naturales o antrópicos en el suelo agua y aire.
- En la cartografía geológica y temática, produciendo los mapas que contienen información básica para investigadores, ingenieros y planeadores. De esta información depende gran parte de las decisiones del gobierno, la industria y la comunidad en aspectos tales como: la seguridad nacional, protección ambiental, autosuficiencia energética y diseño de obras de infraestructura como presas y almacenamientos o botaderos.
- En la explotación del subsuelo, acopiando información y generando conocimiento que permita reglamentar la explotación, uso y manejo de los recursos, evitando la

sobreexplotación, la contaminación y el deterioro del medio ambiente físico.

-En la caracterización de rocas y suelos, INGEOMINAS se propone liderar un programa que permita estudiar sistemáticamente las propiedades mecánicas y dinámicas de los materiales térreos que permitan realizar o verificar los estudios de zonificación geotécnica y sismotectónica, con el fin de definir su grado de estabilidad y contribuir de manera permanente al adecuado planeamiento del crecimiento urbano y a la construcción de túneles, carreteras y grandes obras.

-En la difusión del conocimiento y la información INGEOMINAS se propone mantener un alto nivel científico y de producción de publicaciones de boletines y mapas; de promoción y participación de foros y congresos y desarrollo de bases de datos especializadas de datos técnicos. Adicionalmente, estimula y participa en la divulgación de los resultados de los estudios realizados, mediante cartillas que manejan un lenguaje apropiado para el entendimiento del público en general y especialmente teniendo como grupo objetivo la población infantil, sobre la cual se logran los mejores efectos, para la formación de una cultura ambientalista óptima.

APORTES AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Los planes de ordenamiento territorial deben basarse, entre otros aspectos, en la aplicación de las Ciencias de la Tierra; con estas se efectúan análisis y se hacen recomendaciones técnicas que aportan criterios para los planificadores; por consiguiente, las zonificaciones que se obtienen con tales aplicaciones, tienen una utilidad real y práctica inmediata al trabajo que se desarrolla en el campo de la planificación.

Como se mencionó antes, uno de los antecedentes fundamentales de la ocupación del territorio, es que ha sido en forma espontánea, por razones económicas y de ventajas de proximidad a los recursos explotables, a los medios de vida y los de comunicación; las comunidades han buscado la proximidad a las mejores tierras, a las fuentes de agua, y las fundaciones de ciudades se ha realizado más con criterio de conveniencia económica y comercial que científico, y de convivencia con el medio natural (O.N.D, 1990).

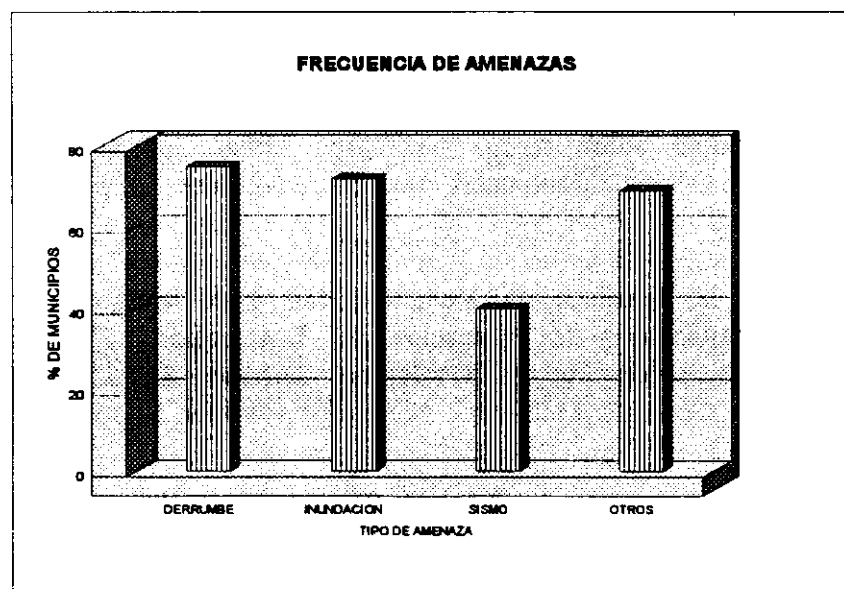
Puesto que el desarrollo ordenado y responsable de una ciudad o comunidad en general requiere el conocimiento de la aptitud de los espacios utilizables (Martínez, et al 1990) se hace imperativo la elaboración de mapas que resuelvan este interrogante en el momento de tomar las decisiones sobre la construcción de la infraestructura que soporta la economía y productividad de la poblaciones.

Dado que el desafío actual del desarrollo sostenible es lograr cambiar la gestión ambiental de remedial a preventiva (Cardona 1992), ha sido igualmente un desafío para INGEOMINAS concebir una metodología integral que le permita producir el conocimiento que el país necesita en los niveles técnico, políticos y de decisión, y el que la población en general requiere para consolidar una cultura que utilice el conocimiento científico sobre el medio ambiente físico, como elemento de planeación, prevención y regulación del uso y ocupación del medio y los recursos.

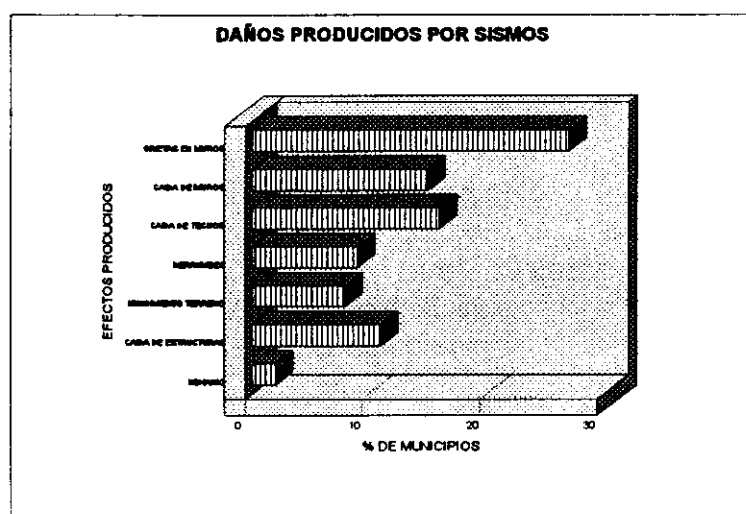
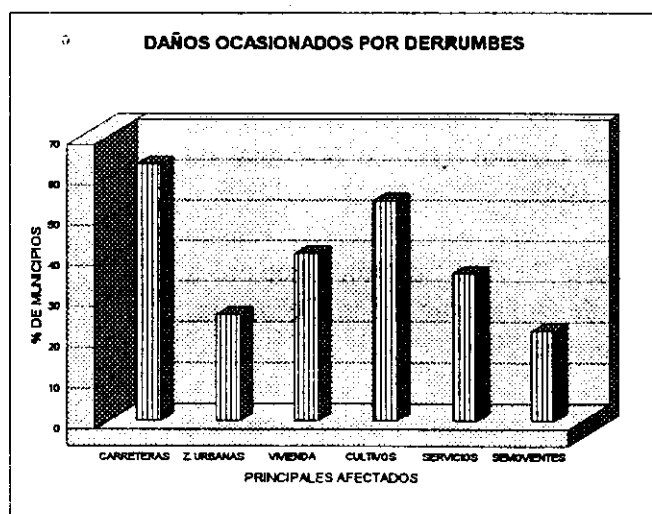
Bibliografía

- Caballero H. & Mejia, I. Evolución de los Estudios sobre Geología Urbana: Desarrollo de una Metodología. Sexto Congreso Colombiano de Geología. Medellín, 1993.
- Cardona, O.D. Gestion Ambiental para la Prevención de Desastres. 2° Simposio Latinoamericano sobre riesgo Geológico Urbano & 2° Conferencia Colombiana de Geología Ambiental. Memorias volumen 1, pp. 65-76. Pereira, Julio de 1992.
- Cardona, O.D. Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo: Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo. 2° Simposio Latinoamericano sobre riesgo Geológico Urbano & 2° Conferencia Colombiana de Geología Ambiental. Memorias volumen 1, pp. 77-92. Pereira, Julio de 1992.
- INGEOMINAS, CEE, BRGM, ADK/KS. Microzonificación Sismogeotécnica de Popayán. Publicación Especial del Ingeominas, N° 2. 224 p. Bogotá, 1992. ISSN-0121-2516.
- INGEOMINAS, Informe Anual 1992 : Area de Ingenieria y Riesgo Geológicos. Bogotá.
- Forero-Dueñas, C. Informe del Ingeominas a la Comision Asesora en Investigación y Cartografía de Amenazas, del Comité Técnico Nacional de Prevención y Atención de Desastres. Bogotá, 1993.
- Martínez, J.M., Piñeros, J. & Rubiano, D. Propuesta de Zonificación Geotécnica para Bogotá. Sextas Jornadas Geotécnicas de la Ingenieria de Colombia. Anales tomo 1. pp. 225 - 243, Bogotá, Octubre de 1990.
- O.N.D. Prevención de Desastres y Gestión Municipal: Compendio de documentos de trabajo. Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Segunda versión, 98 p. Noviembre de 1990.
- Vallejo Mejia, C. El Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Evaluación del Proyecto Col 85/004 del PNUD. Compendio de documentos de trabajo. O.N.D. Bogotá, 1990.

ENCUESTA NACIONAL SOBRE AMENAZAS NATURALES - 1990 COLOMBIA



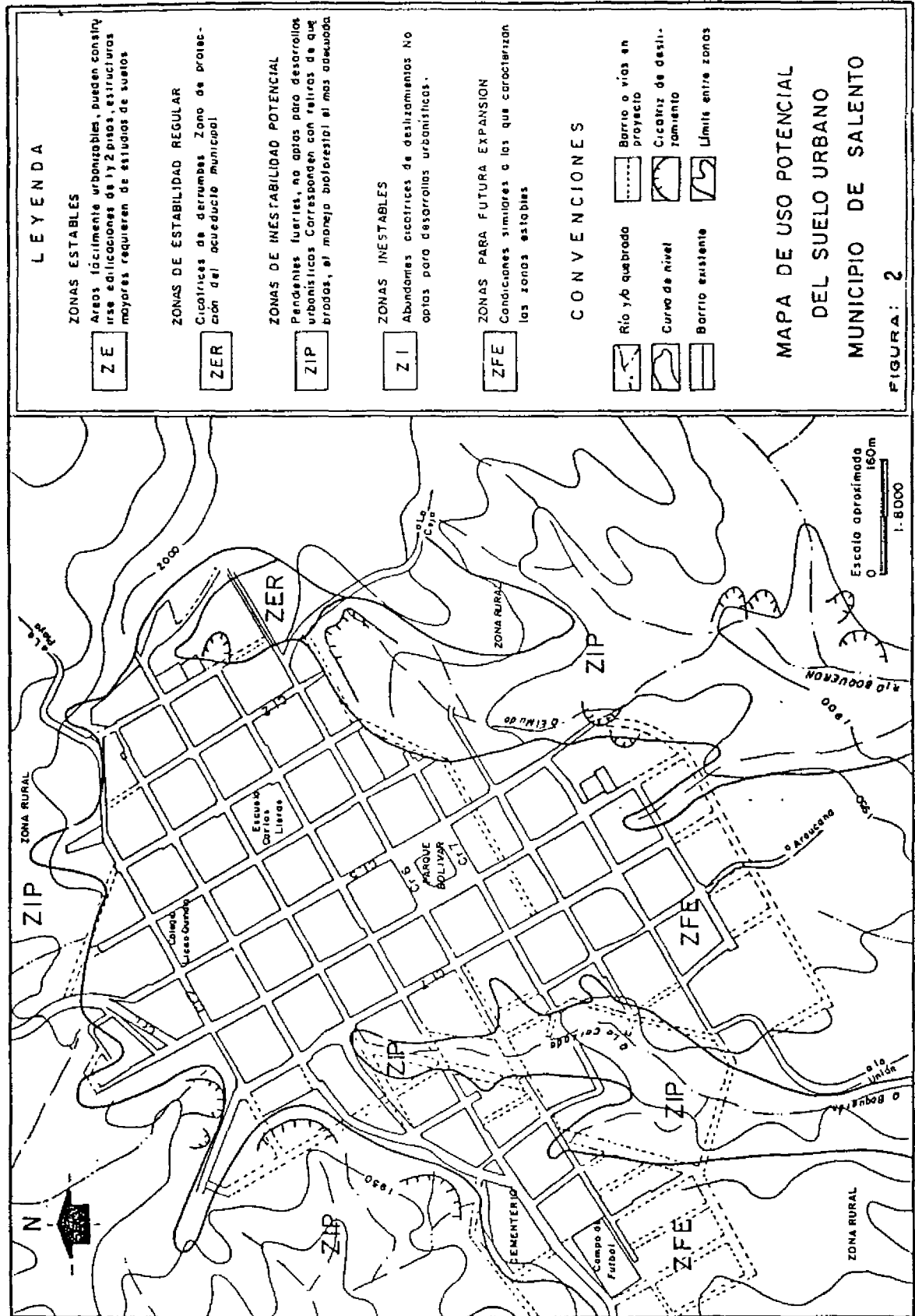
OTROS
VENDAIALES
INCENDIOS FORESTALES
SEQUIAS
BORRASCAS
HELADAS
HURACANES
TORMENTAS ELECTRICAS
AVALANCHAS DE LODO
CONTAMINACION



NUMERO DE HABITANTES : 27.831.000
NUMERO DE MUNICIPIOS: 1045
NUMERO DE MUNICIPIOS QUE RESPONDIERON : 788
NIVEL DE RESPUESTA : 75 %

LAS ESTADISTICAS REALIZADAS SE ANALIZARON CON BASE EN
EL NUMERO DE MUNICIPIOS QUE RESPONDIERON LA ENCUESTA

FIGURA 1



LEYENDA

ZONAS ESTABLES

Áreas fácilmente urbanizables, pueden construirse edificaciones de 1 y 2 pisos, estructuras mayores requieren de estudios de suelos

ZE

ZONAS DE ESTABILIDAD REGULAR

Ciclotrices de derrumbes Zono de protección del acueducto Municipal

ZER

ZONAS DE INESTABILIDAD POTENCIAL

Pendientes fuertes, no aptas para desarrollos urbanísticos Corresponden con relieves de quebradas, al manejo bioforestal el mas adecuada

ZIP

ZONAS INESTABLES

Abundantes ciclotrices de deslizamientos No aptas para desarrollos urbanísticos.

ZI

ZONAS PARA FUTURA EXPANSION

Condiciones similares a las que caracterizan las zonas estables

ZFE

CONVENCIONES

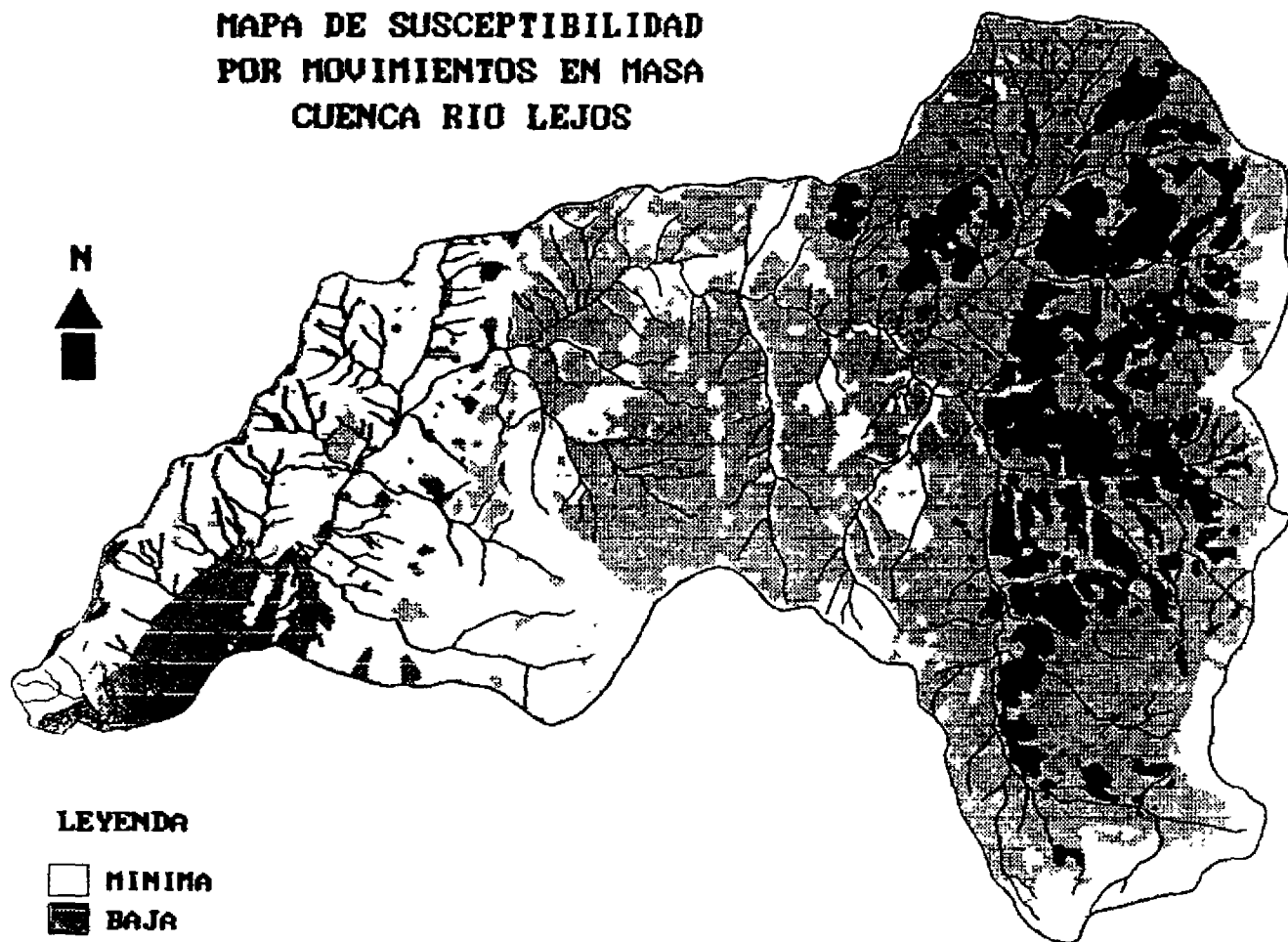
- Rio y/o quebrada
- Barrio o vías en proyecto
- Curva de nivel
- Ciclotriz de deslizamiento
- Barrio existente
- Límite entre zonas

MAPA DE USO POTENCIAL DEL SUELO URBANO MUNICIPIO DE SALENTO

FIGURA: 2

Escala aproximada
0 160m
1:8000

**MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD
POR MOVIMIENTOS EN MASA
CUENCA RIO LEJOS**



LEYENDA

- MINIMA
- BAJA
- MEDIA
- ALTA
- MUY ALTA

INGEOMINAS - CRQ

ESC: Análisis 1:25000

ESC: Impresión 1:100000

