

Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado



[Indice](#)

Una Contribución al Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales

Portada:

Casma, Perú, después del terremoto del 31 de mayo de 1970

Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos

Con el Apoyo de la Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

**Washington, D.C.
1993**

**Derechos Reservados
1993 por la Organización de los Estados Americanos
Washington, D.C.**

Este informe fue producido por el Proyecto de Peligros Naturales del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente con apoyo de la Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). La USAID no necesariamente comparte todos los puntos de vista expresados, pero acoge esta publicación como una manera de alentar mayor discusión sobre temas de peligros naturales en la planificación para el desarrollo.

Indice

[Prefacio](#)

[Reconocimientos](#)

[Como usar este manual](#)

[Resumen ejecutivo](#)

[Introducción](#)

Parte I: La planificación integrada para el desarrollo y los peligros naturales

[Capítulo 1. Incorporación del manejo de peligros naturales al proceso de planificación para el desarrollo](#)

[A. ¿Qué son peligros naturales?](#)

- [1. ¿Cuan naturales son los peligros naturales?](#)
- [2. Medio ambiente, peligros naturales y desarrollo sostenible.](#)
- [3. El impacto de los peligros naturales puede ser reducido.](#)

[B. Susceptibilidad a la reducción de vulnerabilidad](#)

- [1. La naturaleza del peligro](#)
- [2. La naturaleza del área en estudio](#)
- [3. Los participantes en el drama](#)

[C. Manejo de peligro y planificación para el desarrollo](#)

- [1. Actividades de manejo del peligro](#)
- [2. Incorporación de medidas de mitigación en las etapas de un estudio de planificación para el desarrollo integrado](#)
- [3. Ventajas de la planificación para el desarrollo integrado en el manejo de los peligros](#)

[D. Manejo de los peligros en sectores económicos seleccionados](#)

- [1. Energía en Costa Rica](#)
- [2. Turismo en Jamaica](#)
- [3. Agricultura en el ecuador](#)

4. Estrategias derivadas de estudios de caso

E. Implementando las recomendaciones: Estrategias para las agencias de asistencia para el desarrollo

1. Agencias de cooperación técnica
2. Convenciendo a las agencias financieras

Referencias

Capitulo 2. Reducción del riesgo de peligros naturales en la formulación y evaluación de proyectos

A. Los peligros naturales en perspectiva

1. Los desastres históricos y las perdidas en agricultura
2. Efectos de los desastres en la economía en su conjunto
3. Peligros naturales y temas de desarrollo

B. Conceptos básicos: Peligros naturales y proyectos de inversión

1. Probabilidad
2. Riesgo
3. Aversión al riesgo
4. Valuación de riesgo
5. Manejo de riesgo
6. Proyecto de inversión

C. El uso de información de peligros naturales en la preparación de proyectos de inversión

1. Misión preliminar
2. Fase I - Diagnostico del desarrollo
3. Fase II - Formulación de proyecto y definición del plan de acción
4. Implementaron del proyecto

D. Incorporación de los peligros naturales en la planificación y en la toma de decisiones en el sector público

1. Actitudes hacia riesgos de peligros naturales
2. Establecimiento de criterios de evaluación y prioridades

E. Principios de análisis económico

1. Determinando los costos
2. Determinando los beneficios

[3. Descuento de los flujos netos del proyecto](#)

[4. Evaluación de proyecto](#)

[F. Incorporación de los desastres naturales al análisis económico de los proyectos de inversión](#)

[1. Criterios de decisión con información limitada](#)

[2. Criterios de decisión con información probabilística](#)

[G. Comentarios finales](#)

[Referencias](#)

[Capítulo 3. Evaluación de recursos y el rol de los ecosistemas en la mitigación de los peligros naturales](#)

[A. Evaluaciones de uso de la tierra en América Latina](#)

[B. Limitaciones de evaluaciones del uso de la tierra](#)

[1. Limitado énfasis a componentes culturales](#)

[2. Falta de procedimientos universales para incorporar información sobre el riesgo de peligros naturales](#)

[C. Evaluaciones del uso de la tierra en base a una visión de sistemas](#)

[1. Una visión de sistemas](#)

[2. Atributos de sistemas](#)

[D. Valorización de peligros naturales en evaluaciones de uso de tierras](#)

[1. Misión preliminar](#)

[2. Actividades de la fase I](#)

[3. Actividades de la fase II](#)

[4. Recomendaciones generales](#)

[E. Servicios naturales en apoyo de la mitigación de peligros](#)

[1. Linderos de ecosistemas, cuencas hidrográficas y cuencas fluviales](#)

[2. Ecosistemas y peligros asociados](#)

[Referencias](#)

Parte II: Herramientas y técnicas para la evaluación de los peligros naturales

Capítulo 4. Percepción remota en la evaluación de peligros naturales

A. Una visión general de atributos importantes de la percepción remota

1. Escala
2. Resolución
3. Contraste de imágenes
4. Marco del tiempo
5. Imágenes y mapas de percepción remota
6. Formatos de productos

B. Percepción Remota Aérea

1. Fotografía aérea
2. Radar
3. Barredores electrónicos térmicos en infrarrojo
4. Ventajas y limitaciones de fotografías. radar y barredores electrónicos térmicos IR

C. Percepción remota con satélites

1. Landsat
2. Système probatoire pour l'observation de la terre (SPOT)
3. Sistemas de radar por satélite
4. AVHRR
5. Cámara métrica
6. Cámara de formato grande
7. Sojuzkarta

D. Aplicación de tecnologías de percepción remota a evaluaciones de peligros naturales

1. Inundaciones
2. Huracanes
3. Terremotos
4. Erupciones volcánicas y peligros asociados
5. Deslizamientos de tierra
6. Desertificación

Referencias

Capítulo 5. Sistemas de información geográfica en el manejo de peligros naturales

A. Conceptos básicos del SIG

1. ¿Que es un SIG?

[2. Operaciones y funciones del SIG](#)

[3. Elementos de un SIG](#)

[B. Uso de sistemas de información geográfica en las evaluaciones de peligros naturales y planificación para el desarrollo integrado](#)

[1. Aplicaciones del SIG a nivel nacional](#)

[2. Aplicaciones del SIG a nivel subnacional](#)

[3. Aplicaciones del SIG a nivel local](#)

[4. Uso de una base de datos geo-referenciada](#)

[C. Lineamientos para preparar un SIG](#)

[1. Efectuar una evaluación de necesidades, definir aplicaciones propuestas y los objetivos](#)

[2. Ejecutar un análisis económico para la adquisición de un SIG](#)

[3. Seleccionar entre alternativas de sistemas y equipos](#)

[4. Establecer una base de datos](#)

[Conclusiones](#)

[Referencias](#)

[Capítulo 6. Cartografía de peligros múltiples](#)

[A. Beneficios de la cartografía de peligros múltiples](#)

[B. Preparación de mapas de peligros múltiples](#)

[1. Información traducida](#)

[2. Fuentes y recopilación de información](#)

[3. Cronograma](#)

[C. Formato del mapa](#)

[1. Mapa base](#)

[2. Escala y cobertura](#)

[3. Peligros a ser incluidos](#)

[4. Tipos de símbolos](#)

[D. Otras formas de información sobre peligros múltiples](#)

[1. Corte transversal de los efectos](#)

[2. Fotografías de daños](#)

[3. Atlas de peligros](#)

[4. Plan para reducción de peligros](#)

[5. Análisis de capacidad del terreno](#)

[6. Un solo evento con peligros múltiples](#)

- [7. Serie de mapas en franjas de terreno](#)
- [8. Foto mapas](#)
- [9. Sistemas de información geográfica](#)
- [10. Información procesada por computadora](#)

[E. Limitaciones](#)

- [1. Credibilidad](#)
- [2. Probabilidad, ubicación y severidad](#)
- [3. Exactitud versus precisión](#)
- [4. Escala](#)
- [5. Abuso](#)
- [6. Síntesis versus detalle](#)
- [7. Uso de salvedades](#)

[Conclusiones](#)

[Referencias](#)

[Capítulo 7. Cartografía de instalaciones críticas](#)

[A. Características de instalaciones críticas y su rendimiento](#)

- [1. Definiciones](#)
- [2. Características de las instalaciones críticas](#)
- [3. Escenario de daños](#)

[B. Preparación y uso de mapas de instalaciones críticas](#)

- [1. Beneficios del graficado de instalaciones críticas](#)
- [2. Preparación de mapas de instalaciones críticas](#)
- [3. Compilación de información sobre instalaciones críticas](#)
- [4. Fuentes de información sobre instalaciones críticas](#)
- [5. Evaluación de la vulnerabilidad de instalaciones críticas](#)

[C. La combinación de mapas de instalaciones críticas y de peligros múltiples](#)

- [1. Usos de mapas combinados de instalaciones críticas y de peligros múltiples](#)

[Referencias](#)

Parte III. Evaluación de peligros naturales específicos

[Capítulo 8. Definición de llanura de inundación y evaluación del peligro de](#)

inundaciones

A. Llanuras de inundación y su relación con el desarrollo regional integrado

1. Inundaciones, llanuras de inundación y áreas inundables
2. Evaluación del peligro de inundaciones
3. Características de la superficie del terreno relacionadas con inundaciones

B. Visión general de la tecnología de percepción remota con satélites, relacionada a inundaciones y al proceso de la planificación para el desarrollo

1. Determinación del riesgo aceptable
2. Métodos de percepción remota de satélite aplicados al peligro de inundación
3. Integración de la información de percepción remota de inundaciones al estudio de la planificación para el desarrollo

C. Técnicas de cartografía del peligro de inundaciones y aplicación de datos de satélite

1. Técnicas tradicionales de cartografía de llanuras de inundación
2. Técnicas de percepción remota para cartografía de llanuras de inundación
3. Método foto-óptico para la demarcación inicial de llanuras de inundación y evaluación del peligro de inundaciones

D. Aplicación de datos de percepción remota a áreas inundables: dos estudios de caso

1. Estudio de caso 1: Llanura costera de Honduras
2. Estudio de caso 2: Llanura de inundación del río Pilcomayo

Conclusiones

Referencias

Capítulo 9. Evaluación del peligro de desertificación

A. Términos y conceptos usados en el análisis del peligro de desertificación

B. Factores principales que influyen sobre el peligro de desertificación

1. Precipitación y la ocurrencia de sequías
2. La evapotranspiración potencial (PET)
3. Vientos
4. Textura de suelos
5. Forma del terreno

[6. Usos de la tierra](#)

[7. Manejo de la tierra](#)

[C. Evaluación del peligro de desertificación en los estudios de planificación regional](#)

[1. Etapas de la planificación](#)

[2. Definición del potencial de desertificación](#)

[3. Análisis integrado del peligro de desertificación](#)

[Referencias](#)

[Apéndice](#)

Capítulo 10. Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra

[A. Visión general de la cartografía del peligro de deslizamientos de tierra y el proceso de planificación para el desarrollo](#)

[1. Determinación de riesgo aceptable](#)

[2. Cartografía del peligro de deslizamientos de tierra](#)

[3. La integración de mapas de zonificación de peligros de deslizamiento de tierra al proceso de planificación para el desarrollo](#)

[B. Deslizamientos de tierra, evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, y áreas a ser consideradas](#)

[1. Deslizamientos de tierra y susceptibilidad a los deslizamientos](#)

[2. Evaluación del peligro de deslizamiento de tierra](#)

[3. Factores asociados con la actividad de deslizamientos de tierra](#)

[C. Cartografía de factores físicos y preparación de un mapa del peligro de deslizamientos de tierra](#)

[1. Cartografía de factores físicos asociados con deslizamientos de tierra](#)

[2. La interpretación del peligro de deslizamientos de tierra: el mapa del peligro de deslizamientos](#)

[3. Análisis de factores: La técnica para preparar un mapa de peligros](#)

[4. Compensación por la insuficiencia de datos: el mapa isopleta](#)

[5. Cartografía generada por computadora](#)

[Conclusión](#)

[Referencias](#)

Apéndice

Capítulo 11. Peligros geológicos

A. Visión general de los peligros geológicos y el proceso de la planificación para el desarrollo

1. Planificación para el desarrollo

B. Terremotos

1. Efectos de los terremotos y el peligro que representan

2. Predicción, evaluación y mitigación del peligro de terremotos

3. Tipos y fuentes de información sobre terremotos

4. El peligro de terremotos y el proceso de la planificación para el desarrollo a. misión preliminar

C. Erupciones volcánicas

1. Peligros volcánicos

2. Clasificación, evaluación, cartografía y mitigación de peligros volcánicos

3. Peligros volcánicos y el proceso de planificación para el desarrollo

D. Tsunamis

1. Peligros de tsunamis, su evaluación y mitigación

2. Tsunamis y el proceso de planificación para el desarrollo

Conclusiones

Referencias

Capítulo 12. Peligros de huracanes

A. Huracanes: el fenómeno

1. Desarrollo del huracán

2. Distribución temporal de la ocurrencia de huracanes en el caribe

3. Características peligrosas de los huracanes

B. Ocurrencias históricas e impacto en las Américas: Huracán Gilbert

1. Jamaica

2. México

C. Evaluaciones de peligro y mitigación de desastres

[1. Determinación del peligro que representan los huracanes](#)

[2. Mitigación contra el riesgo de huracanes](#)

[D. Enfrentando a los huracanes en pequeños pueblos y aldeas](#)

[1. Inventario de líneas de servicios vitales e instalaciones críticas](#)

[2. Aprendizaje de la operación de líneas de servicios vitales e instalaciones y su potencial de daño por huracanes](#)

[3. Verificación de la vulnerabilidad de líneas de servicios vitales e instalaciones mediante la inspección de campo e investigación](#)

[4. Establecimiento de una relación positiva de trabajo con instituciones y empresas que operan la infraestructura y los servicios de la comunidad](#)

[5. Desarrollo de la comprensión del riesgo en su totalidad por parte de la comunidad](#)

[6. formulación de una estrategia de mitigación](#)

[Referencias](#)

Apéndice A: Fuentes de información sobre peligros naturales

[A. Tipos y nivel de detalle de la información sobre peligros naturales](#)

[1. Mapas de recursos naturales](#)

[2. Mapas relacionados con peligros](#)

[3. Mapas de referencia para la evaluación de vulnerabilidad y riesgo](#)

[B. El uso de la información sobre peligros en el proceso de planificación para el desarrollo](#)

[1. Misión preliminar \(Diseño del Estudio\)](#)

[2. Fase I \(diagnóstico del desarrollo\)](#)

[3. Fase II \(Formulación del proyecto y preparación del plan sectorial\)](#)

[4. Implementación de las recomendaciones del estudio](#)



Prefacio

Después de la ocurrencia de El Niño de 1982-83, los Estados miembros de la Organización de los Estados Americanos (OEA) expresaron la necesidad de contar con cooperación técnica en el manejo de los peligros naturales. Como respuesta a ello, el Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente (DDRMA) inició el Proyecto de Peligros Naturales con apoyo de la Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero de la Agencia de los Estados Unidos. La OEA, para esa fecha, había estado ya proporcionando servicios de planificación para el desarrollo regional durante los últimos 20 años y, en 1984, publicó *Planificación del Desarrollo Regional Integrado: Directrices y Estudios de Casos Extraídos de la Experiencia de la OEA*. De conformidad con los principios establecidos en ese libro, el método de la OEA incorpora los aspectos de manejo de peligros naturales al proceso de planificación para el desarrollo.

Los servicios de cooperación técnica, entrenamiento, y transferencia de tecnología, enfocan la evaluación del peligro y la mitigación como elementos de los procesos de evaluación ambiental, evaluación de recursos naturales, y formulación de proyectos. La cooperación técnica se concentra en evaluaciones del peligro y la vulnerabilidad, la inclusión de medidas de mitigación del peligro en la formulación de proyectos de inversión, el uso de sistemas de información geográfica para cartografía y análisis, la planificación de la cuenca fluvial urbana para el manejo del peligro y recursos. El entrenamiento incluye talleres y cursos formales sobre una variedad de aspectos de la mitigación de desastres y la planificación para el desarrollo integrado. Personal de virtualmente todos los estados miembros ha sido entrenado en nuevas Técnicas de manejo de peligros. La transferencia tecnológica, a la fecha, se ha concentrado en el establecimiento de sistemas de información geográfica y de manejo de información durante emergencias, incluyendo el aporte de equipos y entrenamiento de personal. La efectividad de reducir el impacto de desastres incluyendo el manejo de los peligros naturales como un elemento de planificación para el desarrollo, ha sido confirmada por los países receptores y por otras organizaciones internacionales.

La necesidad de este libro quedó de manifiesto a partir del trabajo de campo y de discusiones con contrapartes en agencias de planificación y con representantes de otras agencias de asistencia para el desarrollo. Se han dado grandes pasos en las últimas dos décadas en preparativos y respuesta ante la emergencia, pero hasta ahora se ha dado insuficiente atención a reducir la vulnerabilidad del desarrollo existente y planeado. Después de siete años de trabajo de campo, es posible preparar esta síntesis de la experiencia de la OEA sobre un tema tan descuidado antes.

El material viene con un amplio conjunto de objetivos, que reflejan la amplitud de los temas involucrados en la mitigación del peligro. A nivel de políticas, se espera que las oficinas nacionales de planificación, agencias para el desarrollo, e instituciones internacionales de financiamiento, sean alertadas para incluir sistemáticamente el análisis de los peligros naturales en sus programas para el desarrollo económico. Específicamente, esperemos que la experiencia persuadirá:

- a las agencias de desarrollo en los Estados miembros a incorporar consideraciones de peligros naturales en el proceso de la planificación para el desarrollo integrado;

- a la cooperación técnica internacional y las agencias financieras a incorporar consideraciones de peligros en las etapas iniciales de la formulación de proyectos de inversión;
- a los gobiernos y las agencias financieras de dar mayor énfasis a la percepción del riesgo al evaluar proyectos de inversión, y a asumir una política de evitar en vez de neutralizar el riesgo;
- a los donantes de ayuda bilateral y multilateral a que reconsideren la distribución de los fondos para ayuda en casos de desastres, aumentando la proporción para actividades de prevención.

A nivel operacional esperamos que quienes están involucrados en programas de desarrollo, puedan ser provistos con algunos de los conocimientos necesarios para llevar a cabo evaluaciones de peligros naturales y para implementar medidas de mitigación.

Para llegar a quienes toman las decisiones y a quienes las llevan a la práctica, la OEA ha preparado documentos complementarios, cada uno para una diferente audiencia. El primero, *Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños*, está dirigido a personal a nivel de formulación de políticas en los estados miembros, bancos de desarrollo internacional, y agencias de ayuda para el desarrollo. El documento presente *Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*, es un compendio técnico dirigido a planificadores y otros funcionarios involucrados en el desarrollo. Su principal razón es dejar establecidas dos ideas: (1) que la mejor manera de reducir el creciente impacto de eventos de peligros naturales es en el contexto de la planificación para el desarrollo integrado; y (2) que existen medios disponibles para reducir las pérdidas económicas causadas por los desastres.

Este documento incluye una buena parte del material contenido en *Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños* y trata con mayor profundidad los peligros y técnicas de evaluación específicos. Se trata de una recopilación y análisis de experiencias no disponible de otras fuentes y complementa el libro sobre lineamientos y estudios de casos en la planificación para el desarrollo regional integrado (1984). Su contenido ha sido y continuará siendo utilizado como material para capacitación. La palabra "Manual" en el título debe de entenderse como que este libro es un primer acercamiento al tema. Sin duda muchos de los métodos y gran parte de la información aquí presentada será mejorada, dando lugar a nuevas ediciones y a la preparación de publicaciones similares para otras regiones y otras audiencias.

El texto está dividido en tres partes:

- La parte I es una introducción a la planificación para el desarrollo integrado y el manejo de los peligros naturales, mostrando como el impacto de los peligros naturales se puede reducir, incluyendo consideraciones de peligros en la planificación para el desarrollo y la formulación de proyectos.
- La parte II describe las opciones técnicas que se usan para la evaluación del peligro, incluyendo sistemas de información geográfica, sensoramiento remoto, y técnicas especiales de cartografía.
- La parte III consiste de una serie de capítulos sobre los peligros naturales más

significativos en América Latina y el Caribe, presentando nuevos enfoques para su evaluación y mitigación en el contexto de la planificación para el desarrollo integrado.

Esperamos que estos principios, lineamientos, y enfoques técnicos ayuden a los planificadores y a quienes toman decisiones, a entender mejor la relación entre mitigación de peligros naturales y el proceso de planificación para el desarrollo en América Latina y el Caribe. Estas publicaciones aparecen en un momento en el que la región está ante el reto que presenta el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, que fue establecido por la Asamblea General de las Naciones Unidas para la década de los años 90. Estos documentos demuestran que sólo se puede lograr la reducción del impacto de peligros naturales cambiando la forma cómo se lleva a cabo el desarrollo. Han sido preparados para contribuir aunque sea modestamente a ese cambio.

Kirk P. Rodgers

Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente

Organización de Estados Americanos

Washington, D.C.

Diciembre de 1993





Reconocimientos

La ejecución de una tarea tan grande y compleja como es la preparación de este libro necesitó de la colaboración de una serie de instituciones y gran cantidad de individuos. A todos ellos les extendemos nuestro merecido agradecimiento.

El apoyo para el Proyecto de Peligros Naturales, que ha producido este Manual, ha sido proporcionado por la Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Oliver R. Davidson, Barry N. Heyman, Paul F. Krumpke, y Alan G. Swan contribuyeron sugerencias valiosas y su aliento durante la preparación de este libro.

El Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), en Lima, Perú, y la U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration proporcionaron valiosa información. El Geological Survey de los Estados Unidos no sólo proporcionó abundante información sino que también fue muy generoso al donar tiempo de su personal para su preparación.

El capítulo 1 fue preparado por Stephen O. Bender, quien diseñó y dirigió la preparación del Manual y asumió funciones como editor general. Las contribuciones a este capítulo fueron hechas por Arthur M. Heyman, John Horberry, Milagros Nanita-Kennett y Jan C. Vermeiren. El capítulo 2 fue preparado por Ana Lea Florey y Randall A. Kramer, con contribuciones de Boris E. Utria. Richard E. Saunier preparó el capítulo 3 y el capítulo 9, con contribuciones de Carlos López Ocaña, Random Dubois y John L. Thames. El capítulo 4 fue preparado por Stephen J. Gawarecki, con contribuciones de Rose Mary García-Spatz, y fue revisado por Morris Deutsch and Donald R. Wiesnet. El capítulo 5 fue preparado por Enrique E. Bello y Ernest Hardy. William J. Kockelman preparó los capítulos 6 y 7 que fueron revisados por David Perkins, Robert Alexander y Jeanne Perkins. Mr. Kockelman también preparó material para los capítulos 1 y 3. Morris Deuthsch y Donald Wiesnet prepararon el capítulo 8. El capítulo 10 fue preparado por Jerome DeGraff, con contribuciones de Earl E. Brabb y Alien P. King. El capítulo 11 fue preparado por Arthur Heyman con contribuciones de William R. McCann, Stewart P. Nishenko y Randall A. White, y fue revisado por Alberto A. Giesecke. El capítulo 12 fue preparado por Rose Mary García-Spatz and Jan Vermeiren.

Los comentarios críticos, ideas y redacción fueron contribuidos por Enrique Bello, Arthur Heyman y Claudio R. Volonté, quienes estuvieron involucrados con el Manual durante el proceso de su preparación, y por Lynn Filderman, Catherine Healy, Rose Mary García-Spatz y Betty Robinson. Enrique Bello también dirigió la producción del manuscrito con la ayuda de Claudio Volonté, Viviana Aliaga, Vivían Bacarreza, Jean Cho, Mariana Ferrad, Lili Getsztain, Jet Ledgard, Jeffrey Mendelsohn, Laura Meszaros, Mark Mercready y Robert Sterner. Sebastián Barletta, Elizabeth Bauer, Gilma Díaz, Ivonne Higuero y Karl Nass contribuyeron a la preparación del manuscrito final en español.

Expresamos nuestro agradecimiento al personal de CERESIS, en particular a Alberto Giesecke y Carina Balta, por la versión en español incluyendo la traducción, redacción y edición. Al Dr. Marcial Rubio Correa por la revisión final de la redacción. Al personal del Centro Peruano-Japones de Investigaciones

Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) por su colaboración en la preparación de la versión preliminar y, a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) por el apoyo financiero que proporcionaron a CERESIS.

A muchas otras personas a quienes no hemos mencionado, que contribuyeron con sus conocimientos y comentarios, les expresamos nuestra deuda de gratitud que ojalá, en parte, haya sido pagada con la presentación de este libro.





Como usar este manual

Este Manual ha sido preparado como un documento de referencia para quienes trabajan en este campo, para guiar a los equipos de planificación para el desarrollo integrado en América Latina y el Caribe en el uso de la información sobre peligros naturales, durante las diferentes etapas del proceso de planificación. La información aquí presentada está específicamente orientada a estudios de planificación regional, en áreas de algunos cientos o de cientos de miles de kilómetros cuadrados, y complementa otra información para la planificación que típicamente es obtenida y analizada durante el curso del estudio. Los métodos han sido seleccionados por su utilidad en el proceso de planificación regional.

En algunos casos la información y los métodos deben ser usados "tal cual" durante el estudio; en otros casos, el Manual ofrece una guía sobre la adquisición de información o la selección de métodos, sugiriendo preguntas que deben hacer y las decisiones que debe tomar el equipo de planificación.

El Manual está dividido en tres partes, cada una cubre una área temática específica y es complementaria a las demás. Cada parte, con sus capítulos correspondientes, intenta proporcionar al equipo de planificación suficiente conocimiento en el área temática en cuestión, como para que pueda proceder con el trabajo que tiene a la mano. Hay un extenso conjunto de referencias, entrelazadas en los diversos capítulos. Dado que se espera que este libro sirva como referencia, cada capítulo es completo en sí mismo (aunque este procedimiento ha requerido ciertas redundancias), con su propio índice detallado, un breve resumen, un párrafo respecto a su objetivo, y referencias completas.

Si existe un desbalance respecto al contenido de estas partes, es un reflejo del estado incipiente de la evaluación de los peligros naturales en el proceso de la planificación para el desarrollo integrado. En áreas temáticas donde las técnicas de evaluación, la información y/o los métodos para el estudio de la planificación están generalmente disponibles, el Manual así lo hace saber al lector, sin necesariamente presentar esa técnica como información o método. En otros casos, la contribución del Manual es presentar al equipo de planificación elementos no disponibles hasta ahora, o proponer y explicar el uso de elementos específicamente creados para propósitos de la planificación regional integrada.

Todos los lectores deberían comenzar con la Parte 1. Lo central del Capítulo 1 es la sección titulada "Manejo del Peligro y Planificación para el Desarrollo" que describe el proceso de planificación para el desarrollo integrado tal como lo practica la OEA e indica las actividades del manejo del peligro, asociadas con cada etapa del proceso. Un segundo rasgo es la descripción de como llevar a cabo evaluaciones de peligros naturales en determinados sectores económicos. Este capítulo termina con una serie de estrategias para las agencias de asistencia para el desarrollo, interesadas en implementar las recomendaciones. El Capítulo 2 es vital para todos los que están involucrados en formular proyectos de inversión: explica como incluir consideraciones de riesgo de peligros naturales como un aspecto integral de la preparación del proyecto, tomando como punto de partida que la manera más efectiva para persuadir a quienes toman decisiones a incluir medidas de mitigación del peligro en un proyecto de desarrollo, es demostrar el costo-beneficio de la propuesta. Este capítulo presenta, de manera resumida, los principios de análisis económico y luego ofrece lineamientos para realizar diversos tipos de análisis

económico, de acuerdo con diferentes niveles de información disponible. Mientras que el resto del libro tiene que ver con el tema de cómo las actividades humanas pueden mitigar o exacerbar el impacto de los peligros naturales, el Capítulo 3 muestra que uno de los servicios que brindan los ecosistemas es la mitigación natural de los peligros, hasta que tal servicio es deteriorado por la degradación ambiental.

Los capítulos de la Parte II pueden ser leídos cuando la necesidad se presente. Los planificadores, particularmente los que trabajan en grandes áreas de estudio, deben ser conscientes de la gran variedad de dispositivos de sensoramiento remoto, tanto en satélites como en aeronaves. El Capítulo 4 da una orientación general sobre las aplicaciones, limitaciones, y costos de las técnicas principales de sensoramiento remoto e informa donde se pueden encontrar detalles adicionales. *(ix)* Cualquier planificador moderno o persona involucrada en el desarrollo debe ser consciente del gran poder que tienen los sistemas de información geográfica (SIG) para almacenar y analizar datos. El Capítulo 5 explica las aplicaciones del SIG para el manejo de peligros naturales y para la planificación para el desarrollo en general. También proporciona una breve orientación acerca de como decidir si una determinada agencia debe invertir en tal sistema y como seleccionar un sistema y ponerlo en funcionamiento. Los Capítulos 6 y 7 sobre cartografía de peligros múltiples y de facilidades críticas son más especializados, pero cualquier planificador involucrado en mitigación de peligros naturales debe conocer estas técnicas.

La Parte III ofrece lineamientos detallados de como realizar evaluaciones de peligros de inundación, desertificación, deslizamientos de tierra, peligros geológicos (terremotos, erupciones volcánicas y tsunamis), y huracanes. Anteriormente se pensaba que realizar tales evaluaciones sería demasiado costoso y se necesitaría mucho tiempo para que pudieran integrarse a estudios de planificación para el desarrollo, pero estos cinco capítulos ofrecen nuevos enfoques que son compatibles con la planificación para el desarrollo. Pueden ser leídos en cualquier orden. Un especialista podría estar interesado sólo en un tipo particular de peligro, pero los planificadores y responsables de los equipos deberían familiarizarse con todas las técnicas. En el interés de fomentar actividades interdisciplinarias, es útil que todos los miembros de un equipo de planificación tengan por lo menos una idea general del trabajo y de la información que requieren todos los demás miembros del equipo. En este sentido, para todos los presuntos miembros de un equipo de planificación, será muy útil revisar rápidamente estos capítulos, aunque no sean de su interés especial. El apéndice A ofrece un compendio conciso de fuentes de información, aplicable a todos estos capítulos.





Resumen ejecutivo

Las Naciones Unidas declararon los años noventa como el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales. La década de los 90 será también un período en el que muchas de las naciones en desarrollo que enfrentan desastres deberán considerar los aspectos relativos al desarrollo: el costo de rehabilitación y reconstrucción, que es la secuela de los desastres, consume el capital disponible reduciendo significativamente los recursos para nuevas inversiones.

Las pérdidas han sido apabullantes. Desde 1960, los terremotos, huracanes, inundaciones, sequías, desertificación y deslizamientos de tierra, en la región latinoamericana y del Caribe, han causado la muerte de 180.000 personas, han afectado la vida de 100 millones más y han causado más de 54 mil millones de dólares en daños a la propiedad. El monto de la destrucción aumenta década tras década y los efectos adversos sobre el empleo, la balanza comercial, y la deuda externa perduran por varios años luego de un desastre. Las actividades orientadas a fomentar mayor desarrollo frecuentemente exacerbaban el impacto de los peligros naturales. Lo peor de todo es que los países más pobres y los sectores más pobres de sus respectivas poblaciones, son los que sufren los impactos más severos. La rehabilitación y la ayuda internacional compensa a los países afectados en sólo una pequeña parte de las pérdidas que sufren.

La buena noticia es que los peligros naturales son los más manejables entre todos los problemas ambientales globales: los riesgos son más fácilmente identificables, existen medidas de mitigación efectivas y los beneficios de la reducción de vulnerabilidad pueden ser mucho mayores que los costos. Aún más, la experiencia demuestra que el impacto de los peligros naturales se puede reducir: los cada vez mejores sistemas de alerta y de evacuación han disminuido dramáticamente el número total de víctimas por causa de huracanes. Las medidas estructurales y no estructurales de mitigación han demostrado que, combinadas, disminuyen los efectos de los terremotos, deslizamientos, inundaciones y sequías.

Sin embargo, los países de la región solo muy lentamente toman acciones para la reducción de la vulnerabilidad o para solicitar su financiamiento; por su parte, las agencias de financiamiento para el desarrollo y los donantes se muestran renuentes a financiarlas. La mayoría de las agencias de cooperación para el desarrollo proporcionan muy pocos servicios en esta área. No obstante la relación beneficio-costos favorable de las medidas preventivas, más del 90% del financiamiento internacional para el manejo de los peligros naturales en la región, se invierte en preparativos para el desastre, socorro, rehabilitación y reconstrucción, dejando menos del 10% para la prevención antes del desastre.

Existen razones para que subsista esta situación aparentemente anómala pero, más importante aún, se puede tomar acciones para cambiar la situación. Este libro, una síntesis de la experiencia sobre peligros naturales del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la Organización de Estados Americanos (OEA/DDRMA), argumenta que la manera más efectiva de reducir el impacto a largo plazo de los peligros naturales, es incorporar la evaluación de peligros naturales y las actividades de mitigación en el proceso de la planificación para el desarrollo integrado, así como en la formulación e implementación de proyectos de inversión.

Los lineamientos para incorporar consideraciones de peligros naturales a la planificación para el desarrollo y formulación de proyectos pueden ser resumidos como sigue:

ESTRATEGIAS PARA LA MITIGACION DEL PELIGRO EN LA PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO

El manejo de peligros naturales es frecuentemente realizado de manera independiente de la planificación para el desarrollo integrado. Es importante combinar ambos procesos. De los muchos componentes del manejo de peligro, las siguientes técnicas son las más compatibles con el proceso de planificación:

- **Evaluación del peligro natural:** una evaluación de la ubicación, severidad, y probable ocurrencia de un evento peligroso en un determinado período de tiempo.
- **Evaluación de la vulnerabilidad:** un estimado del grado de pérdidas o daños que podrían resultar de un evento peligroso de severidad dada, incluyendo daños a estructuras, lesiones personales, e interrupción de las actividades económicas y funciones normales de poblaciones.
- **Evaluación del riesgo:** un estimado de la probabilidad de pérdidas esperadas por causa de un evento peligroso dado.

La planificación para el desarrollo integrado es un proceso multidisciplinario y multisectorial que incluye el establecimiento de políticas de desarrollo y estrategias, la identificación de ideas para proyectos de inversión, la preparación de proyectos, la aprobación final del proyecto, el financiamiento y su implementación. La versión OEA/DDRMA de este ciclo del proyecto consiste de cuatro etapas: Misión Preliminar, Fase I (diagnóstico de desarrollo), Fase II (formulación del proyecto y preparación de un plan de acción), e Implementación del proyecto. La planificación para el desarrollo y las actividades de manejo del peligro en cada una de estas etapas se resumen en el diagrama en la página siguiente.

Entre las ventajas de incorporar el manejo de peligros en la planificación para el desarrollo están las siguientes:

- Es más probable que las medidas de reducción de vulnerabilidad sean implementadas como parte de los proyectos de desarrollo que como propuestas aisladas de mitigación.
- El costo de la reducción de vulnerabilidad es menor cuando, en vez de ser incorporada posteriormente, la medida forma parte de la formulación original del proyecto.
- La comunidad de planificadores puede ayudar a establecer la agenda de investigación científica y de ingeniería para que ésta dé mayor énfasis a la generación de datos útiles para uso inmediato en la mitigación del peligro.
- La incorporación de la reducción de vulnerabilidad a proyectos de desarrollo beneficia en mayor medida a los sectores más pobres de la población.

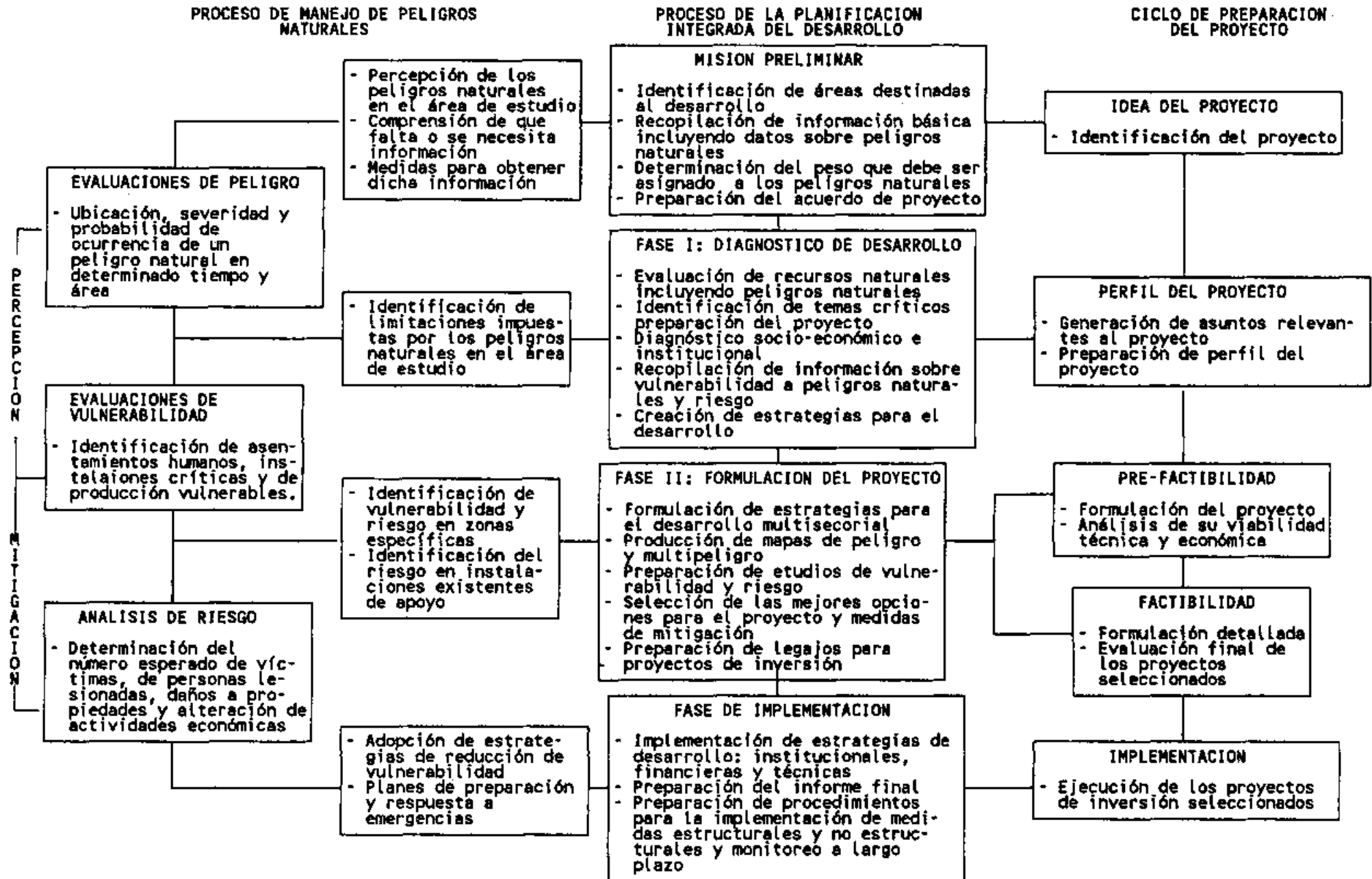
ESTRATEGIAS DE MITIGACION DE PELIGRO EN LA FORMULACION DE PROYECTOS

Los ejemplos de medidas estructurales que pueden mitigar los efectos de los peligros naturales incluyen los códigos de construcción y especificaciones de materiales, reacondicionamiento de estructuras existentes para que sean menos vulnerables al peligro, y dispositivos de protección tales como diques. Las medidas no estructurales se concentran en identificar áreas propensas a peligros y limitar su uso. Los ejemplos incluyen la zonificación para uso de terrenos, incentivos tributarios, programas de seguros, y la reubicación de poblaciones a lugares fuera del alcance de un evento peligroso. Se pueden sustentar argumentos contundentes para enfatizar la mitigación no estructural en los países en desarrollo, ya que las medidas de mitigación estructural frecuentemente tienen un costo directo alto que debe ser añadido a los costos del proyecto. Las medidas no estructurales pueden tener

algún costo de capital y/o costo operativo pero, generalmente, son menores que los costos estructurales.

Surgen varias preguntas al considerar el tema de peligros versus proyectos de inversión:

¿Debería ser considerado el peligro en la evaluación del proyecto de inversión? Los gobiernos pueden argumentar que tendrían que ser indiferentes si se tratara de escoger entre proyectos del sector público de alto riesgo y los de bajo riesgo que tengan el mismo valor actual neto esperado porque los riesgos, al ser compartidos por la sociedad en su conjunto, son despreciables para cada individuo. Pero esto ignora la obligación de los gobiernos de considerar el costo de oportunidad de cada inversión. Las agencias financieras internacionales pueden ser indiferentes al peligro porque el país está obligado a pagar el préstamo sea o no destruida la estructura por un terremoto. Pero una actitud como ésta, desatiende el compromiso de las agencias para inculcar la responsabilidad fiscal. Más allá de la argumentación económica, sin embargo, es de simple sentido común incluir el riesgo de los peligros naturales en la evaluación de un proyecto, de la misma forma en que se incluye el riesgo de una pérdida de mercado.



¿Cómo deberían ser evaluados los objetivos del proyecto cuando compiten entre sí? Esta pregunta debe de ser tomada en cuenta aun antes de buscar ideas para el proyecto. Un método para incorporar las metas y prioridades de la sociedad en la selección de proyectos es el análisis multicriterio. Este requiere convocar a un grupo representativo de grupos de intereses especiales de la sociedad, a fin de identificar objetivos sociales y económicos importantes, y decidir sobre los pesos a darse a cada cual. Los proyectos pueden entonces ser evaluados en términos de su capacidad para satisfacer las metas indicadas. La reducción de la vulnerabilidad a los peligros naturales puede ser establecida como una de las metas.

¿Cómo pueden ser resueltas, cuando entran en conflicto, las demandas que tienen diferentes grupos de intereses especiales, para el uso de un mismo bien natural o servicio como, por ejemplo, la mitigación natural? Este es el problema clásico que frecuentemente se conoce con el nombre inadecuado de "impacto ambiental". Una característica de la buena planificación es la identificación de la competencia potencial para el uso de bienes y servicios naturales y la búsqueda de soluciones que sean razonablemente satisfactorias para todas las partes dentro de estos conflictos.

¿Cuáles son las medidas objetivo para evaluar el riesgo de peligros naturales como elemento de evaluación integral del proyecto de inversión? Existen dos tipos de métodos: aquellos basados en la disponibilidad de información limitada y aquellos basados en información probabilística. La aplicación de las técnicas en cada categoría varía según el tipo de peligro natural y las condiciones bajo las cuales el proyecto propuesto está siendo evaluado.

ESTRATEGIAS PARA PELIGROS ESPECIFICOS

¿Cómo pueden los planificadores incorporar los peligros naturales en un estudio integrado para el desarrollo de una determinada área? Primero, deben determinar cual peligro, si es que los hay, constituye una amenaza seria. Luego deben de preparar una evaluación de todos los peligros amenazantes. Hasta ahora, los planificadores han confiado principalmente en la información existente pues han considerado que llevar a cabo evaluaciones del peligro es demasiado costoso y requiere mucho tiempo para que puedan incluirse cómodamente en el estudio de la planificación para el desarrollo. Usando técnicas desarrolladas por la OEA, es ahora posible realizar evaluaciones e introducir medidas de mitigación del peligro en el contexto de un estudio para el desarrollo.

Huracanes

Los huracanes ocurren en zonas bien definidas de la cuenca del Caribe y la costa occidental de América Central. Si un área de estudio está dentro de una de estas zonas, el planificador puede proceder a determinar los riesgos y buscar medidas de mitigación. Dado que los efectos marítimos de una tormenta (la elevación en el nivel del mar debido a la baja presión barométrica de la tormenta), son en realidad el peligro que causa más daño, las áreas bajas cerca del mar son las que se encuentran en mayor peligro. El monitoreo de la tormenta y las mejores medidas de alerta y evacuación son los mecanismos más efectivos para salvar vidas. Algunas medidas estructurales de bajo costo para la mitigación pueden reducir los daños (por ejemplo asegurando que los techos estén bien anclados, cubriendo grandes paneles de vidrio, y retirando salientes que fácilmente podrían ser llevadas por el viento). Las pequeñas poblaciones y asentamientos tienen que depender en gran parte de sus propios recursos para defenderse contra los huracanes. Esto requiere que los líderes de la comunidad estén preparados y que se establezca un programa nacional para entrenar y mantener comunicación con el personal local.

Desertificación

Este peligro, inducido en parte por actividad humana, está definido como la creación o la ampliación de condiciones desérticas más allá de los linderos de los desiertos. La desertificación ocurre en áreas definidas, estrechas y áridas o semi-áridas; el texto clasifica el status de la desertificación de acuerdo con sub-divisiones políticas de América del Sur y México. Las acciones de desarrollo que podrían causar o exacerbar la desertificación en estas áreas deben ser evitadas. Si un estudio de desarrollo abarca un área afectada, se puede realizar rápidamente una evaluación del peligro, en mayor detalle, usando cuatro parámetros disponibles: la precipitación, la textura del suelo, la inclinación y la relación entre precipitación y la evapotranspiración. La técnica define 16 unidades graficables. Una vez que el problema ha sido identificado, se pueden aplicar medidas apropiadas de mitigación y rehabilitación para ganado, agricultura en terrenos secos, erosión del suelo y salinización.

Peligros geológicos

Existe suficiente información científica para determinar si los terremotos, erupciones volcánicas o tsunamis constituyen un peligro significativo en virtualmente cualquier área de América Latina y el Caribe. La información no era fácilmente accesible hasta ahora pero este documento la presenta en forma adecuada para su uso en la planificación. Las áreas que tienen una alta probabilidad de ocurrencia de un gran terremoto en los próximos 20 años, se encuentran en una lista por subdivisión política. Todos los volcanes que han erupcionado en América Latina y el Caribe en los últimos 10.000 años están categorizados entre aquellos que tienen intervalos de inactividad, largos o cortos, entre erupciones; cualquier área de estudio dentro de los 30 km alrededor de un volcán que tenga periodicidad corta, debe ser considerada como bajo amenaza de una erupción. Los grandes tsunamis afectan sólo la costa occidental de América Latina y, tan raramente, que las medidas de mitigación solamente pueden ser justificadas para las grandes concentraciones urbanas más vulnerables. Una lista de todas las ciudades amenazadas muestra la altura máxima probable de un tsunami.

Inundaciones

La información existente raramente es suficiente para evaluar el potencial de inundación en una área de estudio pero, haciendo uso de la interpretación de sensoramiento remoto, se puede realizar una evaluación del peligro de inundación que satisface las limitaciones de tiempo y presupuestales de un estudio de planificación para el desarrollo. Tal evaluación es útil para diseñar nuevos proyectos e identificar medidas de mitigación para el desarrollo existente, amenazado por inundaciones.

Deslizamientos de tierra

Al igual que en el caso de inundaciones, la información existente raramente es suficiente para evaluar el potencial de deslizamiento en un área de estudio, pero las nuevas técnicas permiten un análisis rápido del potencial posible. Anteriores deslizamientos pueden ser ubicados sobre fotografías aéreas o imágenes de satélite, y se puede compilar un mapa de zonificación de deslizamientos, mostrando la relación entre deslizamientos de tierra y factores causales - roca firme, inclinación, y condiciones de humedad.

ESTRATEGIAS PARA DETERMINADOS SECTORES ECONOMICOS

Los sectores económicos tales como energía, turismo, agricultura y transporte, pueden beneficiarse de un análisis para determinar su vulnerabilidad a los peligros naturales. Las conclusiones sintetizadas de estudios sectoriales de vulnerabilidad hasta la fecha incluyen lo siguiente:

- Las medidas de reducción de vulnerabilidad pueden ser costo-efectivas sea como proyectos aislados, o más comúnmente, como componentes de programas de desarrollo sectorial integrados.

Resumen ejecutivo

- Los estudios sectoriales revelan vínculos previamente no conocidos entre desastres y desarrollo.

MEDIOS Y TECNICAS PARA EVALUACIONES DE DESASTRES NATURALES

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un SIG, sistema para dar referencia geográfica a la información sobre una unidad de espacio, puede facilitar el almacenamiento, acceso y análisis de datos tanto en forma de mapas como de tabulaciones. Puede ser un sistema manual, pero la mayor parte de los SIG pueden ser computarizados, tal como lo demanda el enorme número de datos de unidades de información que se requieren para el manejo de peligros naturales, particularmente en el contexto de la planificación para el desarrollo. Un SIG puede ser de un costo sorprendentemente bajo, puede multiplicar la productividad de un técnico y su uso puede dar resultados de mucho mejor calidad que aquellos que se obtienen manualmente, sea cuales fueren los costos.

Sensoramiento remoto en evaluaciones de peligros naturales

El sensoramiento remoto se refiere al proceso de registrar la información de sensores montados en aeronaves o en satélites. Estas técnicas pueden ser usadas para revelar la ubicación de eventos naturales ocurridos en el pasado, o para identificar las condiciones bajo las cuales probablemente podrían ocurrir, de tal manera que las áreas potenciales de exposición puedan ser identificadas y se puedan introducir medidas aplicables de mitigación al proceso de planificación. Las técnicas de sensoramiento remoto, aéreo o por satélite, adecuadas para las evaluaciones, variarán con el tipo de peligro natural y la etapa del estudio de desarrollo bajo consideración.

Técnicas especiales de cartografía

Los mapas de peligros múltiples combinan las evaluaciones de dos o más peligros naturales sobre un solo mapa. Tal producto es excelente para analizar la vulnerabilidad y el riesgo ya que los efectos combinados de los fenómenos naturales sobre una área, pueden ser determinados y se pueden identificar las técnicas de mitigación adecuadas para todos ellos. Las instalaciones críticas - transporte y comunicaciones, servicios, grandes auditorios, hospitales, estaciones de policía y de bomberos, etc.- también pueden ser graficadas como una parte del proceso de planificación para la emergencia. Combinando la cartografía de instalaciones críticas con la de múltiples peligros se obtiene información guía para la identificación de proyectos y medidas de mitigación.

ESTRATEGIAS PARA LAS AGENCIAS DE ASISTENCIA PARA EL DESARROLLO

Las actividades que las agencias de cooperación técnica pueden asumir para promover la evaluación de los peligros naturales y la mitigación incluyen:

- Fortalecimiento de la capacidad de la institución de planificación para incorporar consideraciones de peligros naturales al proceso de planificación.
- Apoyo de proyectos pilotos de evaluación de peligros naturales.
- El estímulo del interés del gobierno y las agencias de asistencia para el desarrollo, en la evaluación de peligros naturales y mitigación durante las actividades de socorro y de rehabilitación en la secuela de un desastre.
- Incorporación de las evaluaciones de peligros naturales en la planificación sectorial.
- Inclusión de los costos y beneficios de sufrir versus evitar los impactos de los peligros naturales en la preparación y evaluación de proyectos de inversión.
- Preparación de estudios de caso de experiencias notables que muestran cómo las actividades de financiamiento pueden responder mejor ante los peligros naturales.

Una estrategia para promover el interés de las agencias financieras y donantes en la evaluación del peligro y en la mitigación consiste de tres elementos:

- **Cambiar el contexto dentro del cual las agencias financieras y donantes perciben cómo los gobiernos y las agencias de cooperación técnica están manejando los temas de peligros naturales.** Los países receptores pueden mostrar su capacidad para manejar los peligros naturales dando más atención a los peligros y sectores prioritarios; escogiendo sistemas sencillos y prácticos para la recolección y análisis de la información; y demostrando una decisión de implementar los resultados de los estudios. Las agencias de cooperación técnica pueden hacer que los resultados de los estudios despierten el interés de agencias financieras y donantes buscando soluciones prácticas y costo-efectivas a problemas recurrentes y pueden identificar mecanismos de cooperación con las agencias financieras tales como agrupar recursos técnicos, intercambiar experiencias, y entrenamiento del personal en conjunto sobre temas de peligros naturales.
- **Establecer incentivos para análisis.** Las agencias de financiamiento para el desarrollo estarán más dispuestas a incorporar consideraciones de peligros naturales en la preparación y evaluación de proyectos si sólo se requiere un cambio mínimo en los procedimientos existentes. La manera como promocionar esto incluye proveer información reutilizable, integrando las preocupaciones sobre el peligro en los mecanismos existentes de revisión, promoviendo medidas probadas de mitigación en relación con tipos específicos de proyectos, incorporando costos y beneficios apropiados de la mitigación de peligros a la valuación económica, y sensibilizando al personal involucrado.
- **Asignando responsabilidad por las pérdidas.** Los directores de los bancos y su personal deberían estar más conscientes de que los proyectos que planean, o que van a financiar, pueden sufrir pérdidas por causa de desastres naturales. Las pérdidas de los desastres naturales deben ser evaluadas en el contexto del área de los programas de quien facilita los fondos, el diseño del proyecto y la capacidad de devolución. Debe promoverse la inclusión de técnicas para tratar temas de manejo de peligros naturales en las normas profesionales del personal del banco.





Introducción

Los peligros naturales, como los recursos naturales, son parte de lo que ofrecen nuestros sistemas naturales; ellos pueden ser considerados como recursos negativos. En todo sentido, los peligros naturales constituyen un elemento de los "problemas ambientales" que actualmente capturan tanta atención pública: alteran los ecosistemas naturales e incrementan el impacto de su degradación, reflejan el daño hecho por los humanos a su medio ambiente y pueden afectar a gran número de personas.

Mientras que en casi todos los libros sobre peligros naturales hay reseña de muertes y destrucción, prácticamente ninguno contiene una reseña similar de los daños evitados. Pero los efectos de los desastres causados por los peligros naturales pueden ser significativamente reducidos mediante acciones tomadas previamente para reducir la vulnerabilidad a dichos peligros. Los países industrializados han progresado en la reducción de los impactos de los huracanes, inundaciones, terremotos, erupciones volcánicas y deslizamientos de tierra. Por ejemplo, el Huracán Gilbert, el más poderoso huracán jamás observado en el hemisferio occidental, fue responsable de 316 muertes mientras huracanes menos violentos mataron miles de personas a principios del siglo. La combinación de restricciones de zonificación, mejores estructuras y sistemas modernos de predicción, monitoreo, alerta y evacuación, han hecho la diferencia. Los países latinoamericanos y del Caribe han reducido la pérdida de vidas causada por algunos peligros, principalmente mediante preparativos para el desastre y la respuesta; ahora tienen la oportunidad de reducir pérdidas económicas a un grado mucho mayor que lo que han hecho hasta la fecha en el contexto del desarrollo recurriendo a la mitigación.

Los desastres causados por los peligros naturales demandan enormes cantidades de capital para reponer lo que es destruido y dañado. La comunidad para el desarrollo debería encarar este aspecto porque proporciona, entre todos los temas ambientales, la más manejable de las situaciones: los riesgos son fácilmente identificados, las medidas de mitigación están disponibles, y los beneficios que resultan de las acciones para la reducción de la vulnerabilidad son altos en relación con los costos.

EL COSTO

Los desastres naturales se convierten en titulares internacionales con deprimente regularidad. Cada año, uno o más huracanes golpean la región del Caribe. Algunos particularmente destructivos, como Gilbert en 1988 y Hugo en 1989, pueden causar billones de dólares en daños. Las inundaciones también ocurren anualmente, pero no existen estimados confiables a disposición sobre su significación en vidas humanas y daños materiales. Los terremotos y las erupciones volcánicas suceden sin posibilidades de predicción, con efectos desastrosos: el lahar precipitado por la erupción del volcán El Ruiz en 1985 mató a 21.800 personas, y los terremotos en México (1985) y El Salvador (1986), juntos, mataron a más de 10.000 personas. Los deslizamientos de tierra son limitados en área, pero ocurren tan frecuentemente que son responsables de cientos de millones de dólares de pérdidas cada año. Y si bien no son tan espectaculares, las sequías pueden ser más dañinas a la producción agrícola que los huracanes. Después de la sequía de 1971, por ejemplo, la producción de bananas en Santa Lucía no se recuperó plenamente hasta 1976. La ayuda para desastres, sin embargo, es escasa en la región para este tipo de peligro invasor de lenta

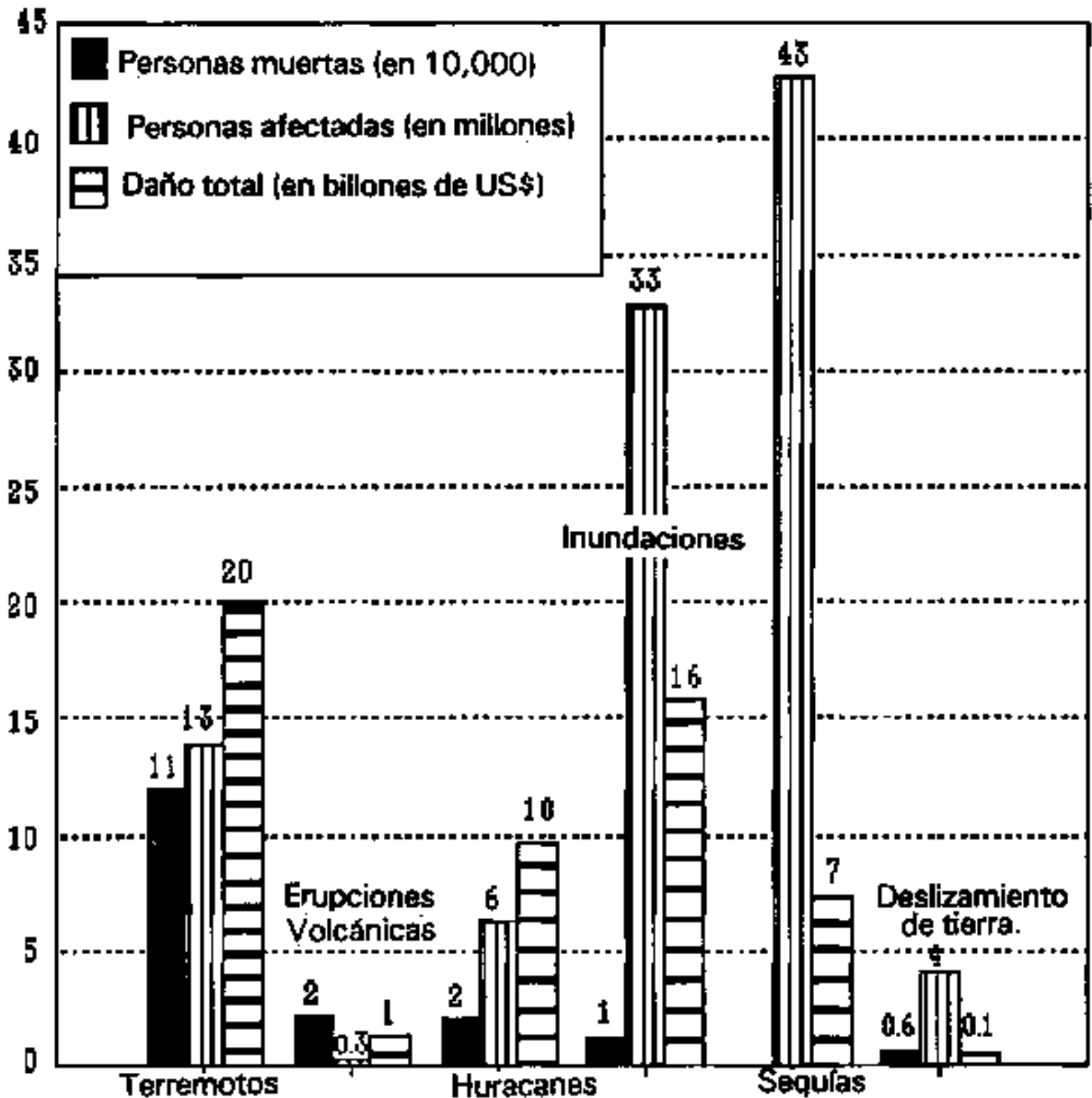
aparición.

En los últimos 30 años, los costos anuales de los desastres naturales en América Latina y el Caribe han sido, en promedio, de 6.000 vidas, 3 millones de personas afectadas y 1.800 millones de dólares en daños físicos y pérdidas económicas. Aún más, están aumentando los impactos: durante los años 60 aproximadamente 10 millones de personas fueron muertas, lesionadas, desplazadas o afectadas de alguna u otra manera; el número para los años 70 fue seis veces mayor y para los 80 tres veces mayor,

Un estimado conservador del impacto de los desastres en la región, desde 1960 hasta 1989, es dado en la Figura 1. Se puede ver que las sequías y las inundaciones afectaron a un mayor número de personas; los terremotos son responsables de la mayoría de las muertes; y los terremotos, inundaciones y huracanes causan el mayor daño financiero. Los huracanes son el peligro natural más devastador en la región del Caribe, mientras que en el caso de México y Centro América son los terremotos. Las inundaciones, las sequías, las erupciones volcánicas y los terremotos son todos muy destructivos en América del Sur. La Figura 2 resume los efectos de algunos de los peores desastres del período.

Además del impacto social y económico directo, los desastres naturales pueden afectar el empleo, la balanza comercial y la deuda externa durante muchos años después de su ocurrencia. Por ejemplo, después que el Huracán Fifi golpeó a Honduras en 1974, el empleo en la agricultura disminuyó un 70% (Banco Mundial, 1979). Los fondos designados para el desarrollo son orientados a esfuerzos costosos de socorro. Estos efectos económicos indirectos pero profundos, y la merma que producen en los limitados fondos disponibles para nuevas inversiones, aumentan la tragedia de un desastre en un país en desarrollo. Aún más, la ayuda internacional de socorro y rehabilitación ha sido insuficiente para compensar a los países por sus pérdidas; durante el período 1983-88, la asistencia para la reconstrucción llegó a sólo un 13% del valor estimado de las pérdidas.

Figura 1: IMPACTO DE DESASTRES NATURALES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE: 1960-1989



Fuente: Office of Foreign Disaster Assistance/United States Agency for International Development. Disaster History. Significant Data on Major Disasters Worldwide, 1900-Present. July, 1989 (Washington, D.C.: OFDA/USAID, 1989).

Sin embargo los peligros naturales parecen generar muy poca atención en lo que respecta a su prevención.

PELIGROS NATURALES Y DESARROLLO

Las pérdidas son una preocupación no sólo para los países donde ocurren, sino también para las agencias

internacionales de préstamo y para el sector privado que está interesado en proteger sus préstamos e inversiones. Las inversiones, frecuentemente, se encuentran en riesgo tanto por los peligros naturales como por los efectos laterales de los proyectos de desarrollo, que exacerbaban estos peligros. Por ejemplo, una excesiva erosión y sedimentación reduce la vida útil de las grandes presas multipropósito. Muchas presas más pequeñas en la región, también han experimentado este tipo de daño: la erosión acelerada causada por un huracán ha llenado la mitad de la capacidad de almacenamiento de un reservorio en la República Dominicana casi de un día para otro. Como resultado de estas preocupaciones, una importante entidad financiera, el Banco Interamericano para el Desarrollo, está estudiando el proceso de evaluación de proyectos de presas, introduciendo métodos más realistas para estimar la expectativa de vida y las relaciones costo-beneficio, si el problema de erosión y sedimentación no puede ser resuelto satisfactoriamente para ningún proyecto.

Los esfuerzos para el desarrollo ocurridos en el pasado han producido progreso en muchas partes del mundo, pero también han traído consigo el uso indebido o no sostenible del caudal de recursos naturales.

Figura 2: AMERICA LATINA Y EL CARIBE: EVENTOS SELECCIONADOS DE PEUGROS NATURALES (1983-1989)^a

País	Año	Tipo de evento	Número de víctimas (miles)	Población afectada ^b (millones)	Pérdidas económicas (US\$)	Asistencia ^c internacional (millones US\$)
Antigua & Barbuda	83	Sequía	0	75,0	-	0,44
Argentina	83	Inundación	0	5.580,0	1.000,0	1,74
Bolivia	83	Inundación	250	50,0	48,4	1,85
	83	Sequía	0	1.583,0	417,2	71,41
	84	Sequía	0	1.500,0	500,0	0,53
Brasil	83	Inundación	143	3.330,0	12,0	0,18
	83	Sequía	0	20.000,0	-	9,48
	84	Inundación	27	250,0	1.000,0	0,10
	85	Inundación	100	600,0	200,0	-
	88	Inundación	289	58,6	1.000,0	0,65
Chile	85	Terremotos	180	980,0	1.500,0	9,98
Colombia	83	Terremoto	250	35,0	410,9	3,76
	85	Volcán	21.800	7,7	1.000,0	22,65
	88	Huracán Joan	26	100,0	50,0	-
Ecuador	83	Inundación	307	700,0	232,1	12,68
	87	Terremoto	300	150,0	-	11,30
El Salvador	86	Terremoto	1.100	500,0	1.030,0	308,68
Antillas Menores ^d	89	Huracán Hugo	21	50,0	-	11,67

Haiti	88	Huracán Gilbert	54	870,0	91,3	3,32
Jamaica	86	Inundaciones	54	40,0	76,0	3,41
	88	Huracán Gilbert	49	810,0	1.000,0	102,41
México	85	Terremoto	8.776	100,0	4.000,0	21,70
Nicaragua	88	Huracán Joan	120	300,0	400,0	-
Paraguay	83	Inundaciones	0	100,0	82,0	0,56
Perú	83	Inundaciones	364	700,0	988,8	83,81
	83	Sequía	0	620,0	151,8	18,05
Venezuela	87	Deslizamiento	96	15,0	0,8	0,03

^a La información para todas las columnas excepto la asistencia internacional fue obtenida de la United States Agency for International Development/Office of Foreign Disaster Assistance, Disaster History. Significant Data on Major Disasters Worldwide, 1900-present, August 1990 (Washington, D.C.: USAID/OFDA, 1990). Las estimaciones de daños pueden ser preliminares y por lo tanto otras fuentes pueden ofrecer distintas cifras.

^b Excluyendo muertes.

^c La información fue obtenida de United States Agency of International Development/Office of Foreign Disaster Assistance, OFDA Annual Report FY 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, and 1989 (Washington, D.C.: USAID/OFDA, 1983-1989). La cifra para la asistencia de desastres no incluye contribuciones de préstamos internacionales o donaciones para la reconstrucción.

^d La información obtenida de un informe preliminar de la Agency for International Development/Office of Foreign Disaster Assistance (USAID/OFDA), "After-Action Report of the Hurricane Hugo OFDA Disaster Relief Team" (Washington, DC: OFDA, 1990).

- Información no disponible.

En realidad, en años recientes, las conferencias especializadas de las Naciones Unidas sobre el ambiente humano, la desertificación, el manejo de aguas, la deforestación, y los asentamientos humanos, destacan la degradación ambiental causada por el desarrollo y la correspondiente reducción en la capacidad de un ecosistema para mitigar los peligros naturales.

Sin embargo, las agencias de desarrollo frecuentemente continúan operando como si sus actividades y los desastres naturales fueran asuntos separados. Como señala Gunnar Hagman (1984) en *Prevention Better than Cure*:

Cuando ha ocurrido un desastre, las agencias para el desarrollo lo han considerado como un estorbo y han tratado de evitar involucrarse; o aún peor, el riesgo de peligros existentes o nuevos peligros potenciales ha sido simplemente ignorado en la planificación y la implementación de algunas actividades para el desarrollo. Ahora se está observando que un desarrollo intensivo puede ser la causa de muchos nuevos desastres en los países pobres.

Hasta muy recientemente en verdad, muchas de las personas involucradas creían que los esfuerzos para el desarrollo proporcionarían por sí mismos, espontáneamente, soluciones a los problemas producidos por los peligros naturales. En 1972 la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, en Estocolmo, declaró:

Las deficiencias ambientales generadas por las condiciones de subdesarrollo y los desastres naturales, presentan graves problemas y pueden ser mejor remediadas por un desarrollo acelerado, mediante la transferencia de ayuda financiera y tecnológica como un suplemento al esfuerzo doméstico interno de los países en desarrollo.

En los últimos dieciocho años se ha proporcionado una enorme cantidad de ayuda financiera y de asistencia técnica sostenida pero, lejos de reducir los efectos de los desastres naturales, el desarrollo ha contribuido a la vulnerabilidad a desastres en áreas donde la presencia de los peligros no fue adecuadamente evaluada.

Mientras que el vínculo entre desastres naturales y desarrollo ha sido repetidamente demostrado, los gobiernos y las agencias financieras aún no integran sistemáticamente la consideración de los peligros naturales en la preparación de proyectos. Las pérdidas en el pasado y la vulnerabilidad de la infraestructura han llegado a tales niveles que, en algunas áreas, la asistencia para el desarrollo consiste casi íntegramente en socorro para desastres y rehabilitación. Cuando los fondos recibidos en préstamo son rutinariamente programados para reconstrucción, queda muy poco para inversión en nueva infraestructura o para la producción económica. Así pues, las necesidades recurrentes de ayuda para socorro y reconstrucción en casos de desastres, han causado un reordenamiento de programas económicos para el desarrollo en Bolivia, Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Perú, la cuenca del río Paraguay y varios de los países isla en el Caribe.

Hay una creciente percepción de que el manejo del peligro natural es un aspecto crucial para la teoría y práctica del desarrollo. Las Naciones Unidas han declarado a la década de los años 90 como "el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales" (DIRDN) y exhortan a los países en desarrollo a participar activamente en la reducción de la vulnerabilidad al desastre. La OEA ha declarado su apoyo al DIRDN y ha hecho del manejo de los peligros naturales una área prioritaria de asistencia técnica.

LA PREVENCIÓN VERSUS LA RECONSTRUCCIÓN

Un elemento clave que debe ser considerado en esta década es la distribución de recursos entre las actividades de prevención de desastres y las de post-desastre. La prevención, que incluye medidas estructurales (es decir hacer que las estructuras sean más resistentes al peligro) y medidas no estructurales (por ejemplo, restricciones en el uso del terreno), es una manera costo-efectiva de reducir pérdidas de vidas y propiedades. La ayuda post-desastre y las medidas de reconstrucción son importantes por razones humanitarias, y también pueden incluir consideraciones diseñadas para prevenir o mitigar futuros desastres. Este es el caso, con creciente frecuencia, de proyectos que están financiados por organizaciones financieras para el desarrollo. Sin embargo, las medidas post-desastre son desproporcionadamente más costosas por cada vida salvada y cada edificio reconstruido. Aún más, en países en desarrollo, las medidas preventivas pueden reducir la tragedia humana y la incalculable pérdida de empleos y producción, problemas asociados con los desastres naturales.

Es útil, en este sentido, distinguir entre el manejo del peligro y el manejo del desastre. Ambos incluyen un completo espectro de medidas pre-evento y post-evento; sólo difieren en su metodología. El manejo de desastres se identifica con eventos específicos que destruyen vidas y propiedades, a tal grado, que la

asistencia internacional suele ser necesaria. El manejo del peligro se refiere a los efectos potencialmente dañinos de todos los eventos naturales peligrosos, lleguen o no a ser desastre; abarca a los dos factores, buscando incorporar la consideración de los peligros naturales en todas las acciones de desarrollo, sea cual fuere la severidad del impacto. Así, pues, el manejo del peligro se concentra más en el análisis de los peligros, la evaluación del riesgo que presentan y la prevención y mitigación de su impacto. El manejo de desastres, por su parte, tiende a concentrarse más en los preparativos alertas, rescate, socorro, rehabilitación y reconstrucción.

No obstante las claras ventajas económicas y humanitarias de la prevención, son el socorro y las medidas de reconstrucción los que, típicamente, gozan de atracción política y de apoyo económico. Las naciones donantes ofrecen rápidamente equipos sofisticados y personal altamente entrenado para las misiones de búsqueda y rescate. Los políticos de una nación afectada ganan más apoyo consolando a las víctimas que solicitando impuestos para financiar las medidas menos dramáticas que pudieran haber evitado el desastre. Los esfuerzos a corto plazo para tratar necesidades inmediatas, generalmente toman precedencia sobre actividades a largo plazo para la recuperación del desastre y prevención, particularmente dada la cobertura que recibe la fase de socorro del desastre por los medios de comunicación. No es sorprendente, por lo tanto, encontrar que de todos los fondos invertidos en el manejo de peligros naturales en la región, más del 90 por ciento está destinado a salvar vidas durante el desastre y a reponer la inversión perdida; menos del 10 por ciento va a la prevención antes de que ocurra el desastre.

La situación es similar con respecto a la ciencia y la tecnología. Cada vez más, la inversión está dirigida hacia la predicción, monitoreo y tecnologías de alarmas en vez de hacia la información básica sobre la localización, severidad y probabilidad de eventos - la información que proporciona la base para las medidas de prevención. Un balance justo se puede encontrar obteniendo información científica adicional y aplicando la información existente para instituir medidas de mitigación que descansen principalmente en organización y el proceso económico y político.

EL MENSAJE DE ESTE LIBRO

De los siete años de experiencias que ha tenido la Organización de Estados Americanos a través de su Departamento de Desarrollo Regional y del Medio Ambiente (OEA/DDRMA), al ayudar a sus estados miembros con el manejo de peligros naturales han surgido varios principios pertinentes:

El impacto de los peligros naturales puede ser reducido. Existen información y métodos para minimizar los efectos de los eventos peligrosos más súbitos e impactantes y para evitar que causen un desastre. Mientras en algunos casos el evento mismo no puede ser evitado, las medidas de construcción y las decisiones sobre ubicación pueden salvar vidas y evitar daños. En otros casos, tales como inundaciones, la integración de medidas de mitigación del peligro a la planificación para el desarrollo y proyectos de inversión, puede hacer posible que se evite el evento en su totalidad.

La mitigación del peligro paga altos dividendos sociales y económicos en una región con historial de desastres naturales. Las medidas de mitigación deben ser vistas como una inversión básica, fundamental para todos los proyectos de desarrollo en áreas de alto riesgo, y no como un lujo para el cual podemos o no tener los recursos correspondientes. La vulnerabilidad de muchas áreas de América Latina y el Caribe respecto a huracanes, terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones o sequías, es ampliamente conocida. Los planificadores no deberían preguntarse si estos eventos han de ocurrir, sino qué sucederá cuando ocurran.

El manejo de desastres es más efectivo en el contexto de la planificación para el desarrollo integrado.

La planificación tradicional por sectores no puede maximizar los beneficios de las técnicas de mitigación y, antes bien, puede aumentar la exposición al riesgo de las personas y sus propiedades. Debido a que el proyecto tradicional de desarrollo frecuentemente representa una intervención aislada en los procesos naturales y socioeconómicos complejos y permanentes, un avance en un sector puede no estar acompañado por los cambios necesarios en otro. Cuando los eventos naturales subsiguientes ejercen presión, los frutos del proyecto pueden perderse ante un desastre causado por el deterioro del medio ambiente natural y humano, relacionado a su vez con el proyecto mismo.

La planificación para el desarrollo integrado, en cambio, significa un enfoque multisectorial. Toma en consideración el cambio en los sectores asociados que comparten un espacio físico definido y las relaciones cambiantes entre sectores como resultado de una intervención. Lo que subyace al método integrado es el supuesto que el cambio es orgánico y que una iniciativa en un sector afecta la región en su totalidad. En el trabajo de desarrollo, la OEA aplica esta filosofía preparando carteras de proyectos interrelacionados que reflejan un balance entre la inversión en infraestructura, actividades productivas, abastecimiento de servicios y manejo de recursos.

Las consideraciones de peligros naturales deben ser introducidas en la etapa más temprana posible en el proceso de desarrollo. Si un determinado lugar queda en zona de fallamiento geológico, sujeta a terremotos, ese hecho debe ser conocido antes que se considere a esa zona para proyectos de desarrollo urbano. Si una área considerada para un proyecto de irrigación está sujeta a inundaciones, eso también debe ser tomado en consideración en la formulación del proyecto. A medida que el riesgo a peligros naturales se identifica más temprano en el proceso de planificación, menos proyectos indeseables se llevarán a cabo simplemente por inercia. Las medidas de mitigación deben ser introducidas muy temprano y la mitigación no estructural, el mecanismo más costo-efectivo, requiere un reconocimiento temprano de la necesidad de restricciones en el uso del terreno. Un pronunciamiento sobre el impacto ambiental, o sobre la evaluación del peligro natural, realizado después que el proyecto ha sido formulado, tiene mucho menos valor que una evaluación llevada a cabo con tiempo suficiente como para influenciar la formulación original del proyecto.

Uno de los roles de las agencias de cooperación técnica, tales como la OEA, es la identificación y formulación preliminar de proyectos de inversión que posteriormente puedan ser financiados por las agencias financieras internacionales, para un estudio más avanzado y su implementación. Es importante que las agencias de cooperación técnica incorporen consideraciones de peligro en su parte del proceso de desarrollo, ya que resulta progresivamente más difícil hacerlo en etapas posteriores.

El uso del sentido común. Las personas conocen los tipos de peligros que ocurren en sus áreas locales. Puede ser que no sepan como cuantificar estos peligros ni las mejores maneras para mitigarlos, pero entienden que algo debe hacerse al respecto.

Este libro es una guía para el manejo de peligros naturales en el contexto de una planificación para el desarrollo integrado, basada en la experiencia acumulada por la OEA. No intenta cubrir todo el tema pues, más bien, está limitado a las experiencias del pasado reciente en la planificación para el desarrollo en este hemisferio. Los lectores deben de ser conscientes de que se enfocan estrategias y metodologías de manera muy amplia, en vez de ofrecer instrucciones específicas para todos los casos particulares. No obstante, el libro si trata sobre lo que ha resultado ser útil en los trabajos de campo realizados.

Referencias

Hagman, G. *Prevention Better than Cure* (Stockholm: Swedish Red Cross, 1984).

Office of Foreign Disaster/United States Agency for International Development. Disaster History. Significant Data on Major Disasters Worldwide, 1900-Present. July, 1989 (Washington, D.C.: OFDA/USAID, 1989).

World Bank. Memorandum on Recent Economic Development and Prospects of Honduras (Washington, D.C.; World Bank, 1979).





Capítulo 1. Incorporación del manejo de peligros naturales al proceso de planificación para el desarrollo

[A. ¿Qué son peligros naturales?](#)

[B. Susceptibilidad a la reducción de vulnerabilidad](#)

[C. Manejo de peligro y planificación para el desarrollo](#)

[D. Manejo de los peligros en sectores económicos seleccionados](#)

[E. Implementando las recomendaciones: Estrategias para las agencias de asistencia para el desarrollo](#)

[Referencias](#)

INCORPORACION DEL MANEJO DE LOS PELIGROS NATURALES EN EL PROCESO DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO

RESUMEN

Este capítulo define los peligros naturales y su relación con los recursos naturales (frente a los cuales los peligros naturales son recursos negativos), con el medio ambiente (porque los peligros naturales son un aspecto de los problemas ambientales), y con el desarrollo (pues los peligros naturales son una limitación frente al proceso de desarrollo y pueden, inclusive, ser agravados por éste). El capítulo muestra que existen procedimientos disponibles para reducir el impacto de los peligros naturales. Se discuten los factores que influyen sobre la susceptibilidad a la reducción de la vulnerabilidad, la naturaleza del peligro, la naturaleza del área en estudio y factores institucionales. Lo medular del capítulo está dedicado a explicar cómo incorporar el manejo de los peligros naturales dentro del proceso de la planificación para el desarrollo integrado, describiendo el procedimiento utilizado por la OEA -diseño del estudio, diagnóstico, propuestas de acción, ejecución- y las actividades de manejo del peligro asociadas con cada fase. Luego, el capítulo muestra cómo se puede reducir el impacto de los peligros naturales sobre ciertos sectores económicos relevantes y se toma como ejemplos la energía, el turismo y la agricultura. Finalmente, se discute el significado que puede tener un programa de manejo de los peligros naturales para las instituciones de desarrollo, tanto nacionales como internacionales.

El proceso de planificación en áreas en desarrollo, suele no incluir medidas para reducir los peligros naturales y, por consiguiente, los desastres naturales causan sufrimiento humano y pérdidas económicas que podrían ser evitadas parcialmente. Los planificadores deben evaluar los peligros naturales desde las primeras etapas de preparación de los proyectos de inversión, y deben desarrollar la forma de evitar o mitigar el daño causado por inundaciones, terremotos, erupciones volcánicas y otros eventos naturales catastróficos. Una planificación adecuada puede reducir significativamente los daños que producen estos eventos. Se supone que se puede reducir el impacto de los peligros naturales en América Latina y el Caribe, si se familiariza a los planificadores con un método que sirva para incorporar el manejo de los peligros naturales dentro de la planificación para el desarrollo de la región.

A. ¿Qué son peligros naturales?

[1. ¿Cuan naturales son los peligros naturales?](#)

[2. Medio ambiente, peligros naturales y desarrollo sostenible.](#)

[3. El impacto de los peligros naturales puede ser reducido.](#)

Una definición generalmente aceptada dice que los peligros naturales son "aquéllos elementos del medio ambiente físico, o del entorno físico, perjudiciales al hombre y causados por fuerzas ajenas a él" (Burton 1978). Más específicamente, en este documento el término peligro natural es utilizado en referencia a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) u originados por el fuego que, por razón del lugar en que ocurren, su severidad y frecuencia, pueden afectar de manera adversa a los seres humanos, a sus estructuras o actividades. En algunos países se utiliza el término amenaza natural en sustitución de la de peligro natural. El calificativo natural es utilizado para excluir de la definición peligros originados por los seres humanos tales como guerras, polución y contaminación química, o peligros no necesariamente relacionados con el entorno físico: tales los casos de enfermedades infecciosas. El cuadro 1-1 contiene una lista simplificada de peligros naturales y, los recuadros de las siguientes páginas, resumen brevemente la naturaleza de los peligros geológicos; de las inundaciones, tsunamis, huracanes, así como también de los peligros existentes en zonas áridas y semi-áridas.

1. ¿Cuan naturales son los peligros naturales?

A pesar de la calificación de "naturales", estos peligros tienen ciertos elementos de participación humana. Para estos efectos es preciso distinguir entre tres conceptos: evento físico, que es un fenómeno natural que, de hecho, no afecta a los seres humanos porque sus efectos no entran en contacto con ellos. Es un **fenómeno natural** que no resulta considerado como **peligro natural**. **Peligro natural** que es un fenómeno natural que ocurre en un área poblada o con infraestructura que puede ser dañada. **Desastre natural**, es un peligro natural que causa un número inaceptable de muertes o daños a propiedades. En áreas donde no existen intereses humanos a vulnerar, los fenómenos naturales no constituyen un peligro ni causan desastres.

Figura 1-1

FENOMENOS NATURALES POTENCIALMENTE PELIGROSOS

ATMOSFERICOS

- Tempestades de granizo
- Huracanes
- Rayos
- Tornados
- Tempestades tropicales.

SISMICOS

- Ruptura de fallas
- Sacudimiento del terreno
- Esparcimiento lateral
- Licuefacción
- Tsunamis
- Seiches

OTROS FENOMENOS GEOLOGICOS/HIDROLOGICOS

- Avalanchas por derrubio
- Suelos expansivos
- Deslizamientos de tierra
- Caída de rocas
- Deslizamientos submarinos
- Hundimiento

HIDROLOGICOS

- Inundaciones costeras
- Desertificación
- Salinización
- Sequía
- Erosión y sedimentación
- Inundaciones de ríos
- Tempestades marinas y marejadas

VOLCANICOS

- Tetra (ceniza, "lapilli")
- Gases
- Flujos de lava
- Flujos de lodo
- Proyectiles y explosiones laterales
- Flujos piroclásticos

INCENDIOS

- Chamarasca
- Bosques
- Pastos
- Sabana

Esta manera de definir y discriminar conceptos tiene por finalidad colocar el peso de la problemática de los daños en la concurrencia de actividades humanas y de fenómenos naturales, y es contraria a percibir los peligros naturales como un mal que resulta inevitable debido a la existencia de fuerzas naturales incontrolables.

Los seres humanos pueden hacer muy poco o casi nada para cambiar la incidencia o intensidad de la mayoría de los fenómenos naturales pero, en cambio, pueden tomar seguridades para que los eventos naturales no se conviertan en desastres debido a sus propias acciones y omisiones. Es importante entender que **la intervención humana puede aumentar la frecuencia y severidad de los peligros naturales**. Por ejemplo, si se extrae tierra de la parte inferior de un derrumbe para dar cabida a un nuevo asentamiento humano, el terreno puede moverse nuevamente y enterrarlo. **La intervención humana puede también generar peligros naturales donde no existían antes:** los volcanes erupcionan periódicamente, pero sólo pasan a ser clasificados como peligros cuando los ricos suelos formados sobre sus productos de eyección son utilizados para cultivo, o para el establecimiento de asentamientos humanos. Finalmente, **la intervención humana reduce el efecto de mitigación que tienen los ecosistemas naturales:** la destrucción de los arrecifes de coral que elimina la primera línea de defensa de las costas contra los efectos de las corrientes y tempestades marinas, es un ejemplo claro de una intervención que disminuye la capacidad del ecosistema para protegerse a sí mismo. Un caso extremo de intervención humana destructora del ecosistema es la desertificación que, por propia definición, es un peligro "natural" inducido por el ser humano.

La clave para desarrollar medidas efectivas de reducción de vulnerabilidad consiste en lo siguiente: **si las actividades humanas pueden causar o agravar los efectos destructivos de los fenómenos naturales, también pueden reducirlos o eliminarlos.**

2. Medio ambiente, peligros naturales y desarrollo sostenible.

El trabajo de la OEA/DDRMA está orientado a ayudar a los países en la planificación del desarrollo del espacio y en la preparación de proyectos de inversión compatibles a nivel de prefactibilidad. Genéricamente hablando, estas tareas pueden ser denominadas "planificación ambiental" y consisten en lo siguiente: (1) diagnóstico de las necesidades de un área determinada, (2) identificación de los recursos disponibles, y (3) uso de la información antedicha para la formulación de una estrategia integrada de desarrollo compuesta por varios proyectos sectoriales de inversión. Este proceso usa métodos de análisis de sistemas y de manejo de conflictos, para llegar a una distribución equitativa de costos y beneficios. Al hacerlo, vincula la calidad de la vida humana a la calidad ambiental. Así, pues, el esquema conceptual del trabajo de planificación será el medio ambiente, entendido como la estructura y funcionamiento de los ecosistemas que sostienen la vida humana. En el contexto del desarrollo económico, el medio ambiente es la mezcla de bienes, servicios y las limitaciones que ofrecen los ecosistemas circundantes. Un ecosistema es un conjunto coherente de relaciones de cosas vivientes y sus entornos, que están entrelazados. Por ejemplo, un bosque es un ecosistema que ofrece bienes entre los que puede encontrarse los árboles que producen madera, frutas y pueden ser utilizados como combustible. El bosque también proporciona servicios bajo forma de almacenamiento de agua y control de inundaciones, habitat para la fauna, almacenamiento de nutrientes y recreación. No obstante, como cualquier otro recurso natural también tiene sus limitaciones y requiere un período fijo de tiempo para reproducirse y es vulnerable a incendios y plagas. Esas vulnerabilidades, o peligros naturales, limitan el potencial para el desarrollo del ecosistema forestal.

Terremotos

Los terremotos son causados por una súbita liberación de energía acumulada lentamente por deformaciones a lo largo de una falla en la corteza terrestre. Los terremotos y los volcanes ocurren más comúnmente en la zona de colisión entre placas tectónicas. Los terremotos representan una amenaza; particularmente severa debido a los intervalos irregulares de tiempo entre eventos, imposibilidad de predicciones adecuadas, y los peligros asociados con ellos:

- El sacudimiento del suelo es un peligro que afecta directamente cualquier estructura ubicada cerca del epicentro del terremoto. Las fallas estructurales «obran muchas vidas humanas en áreas densamente pobladas.
- El fallamiento, o sea aperturas en material de superficie, ocurre como una separación de la roca firme a lo largo de zonas de debilidad.
- Los deslizamientos de tierra ocurren debido al sacudimiento del terreno en áreas que tienen topografía relativamente escarpada y poca estabilidad de taludes.
- La licuefacción de material no consolidado, con poco desnivel, puede ser iniciada por el sacudimiento del suelo. Los flujos y el esparcimiento lateral (fenómenos de licuefacción) son algunos de los peligros geológicos más destructivos.
- La subsidencia o depresión de superficie, resulta del asentamiento de sedimentos flojos o no consolidados. La subsidencia ocurre en suelos saturados de agua, rellenos, aluviales, y compuestos de otros materiales que están sujetos a asentamiento.
- Los tsunamis u ondas sísmicas marítimas, generalmente generadas por actividad sísmica submarina, causan inundación de áreas costeras y pueden afectar áreas a miles de kilómetros de donde ha ocurrido el terremoto.

Volcanes

Los volcanes son perforaciones en la corteza de la tierra a través de las cuales la roca fundida y los gases escapan a la superficie. Los peligros volcánicos provienen de dos clases de erupciones;

- Erupciones explosivas que se originan por la disolución rápida y expansión de gases de la roca fundida a medida que ésta se aproxima a la superficie de la tierra. Las explosiones son un riesgo al dispersar bloques de rocas, fragmentos y lava a diferentes distancias del volcán.
- Las erupciones difusivas en las cuales el flujo de material más que las explosiones es el principal peligro. Los flujos varían en naturaleza (lodo, cenizas, lava) así como en cantidad y pueden originarse en múltiples fuentes. Los flujos están gobernados por la gravedad, por la topografía circundante y por la viscosidad del material.

Los peligros asociados con las erupciones volcánicas incluyen flujos de lava, lluvia de cenizas y proyectiles, flujos de lodo y gases tóxicos. La actividad volcánica también puede dar lugar a otros eventos naturales peligrosos incluyendo tsunamis locales, deformación del terreno, inundaciones cuando hay la ruptura de lagos o cuando se represan riachuelos o ríos, y deslizamientos provocados por los temblores.

Deslizamientos de tierra

El término deslizamiento de tierra incluye deslizamientos, caídas y flujos de materiales no consolidados. Los deslizamientos de tierra pueden iniciarse por terremotos, erupciones volcánicas, suelos saturados por lluvias intensas, o por el acercamiento de la capa freática a la superficie y por erosión causada por ríos. El sacudimiento sísmico de suelos saturados crea condiciones particularmente peligrosas. Aunque los deslizamientos son localizados, pueden ser muy dañinos debido a la frecuencia con que ocurren. Las clases de deslizamientos incluyen:

- Caída de rocas, que son caracterizadas por rocas con cascada libre en acantilados. Estas suelen acumularse a pie del acantilado en forma de taludes, lo que es un riesgo adicional.
- Deslizamiento y avalanchas, un desplazamiento del recubrimiento en superficie debido a falla de corte a lo largo de un accidente estructural. Si el desplazamiento ocurre en material de superficie sin deformación total, se le conoce como un desprendimiento.
- Los flujos y esparcimientos laterales, que ocurren en material reciente no consolidado, asociados con una capa freática poco profunda. Aunque identificados con una topografía moderada, estos fenómenos de licuefacción pueden desplazarse a grandes distancias desde su lugar de origen.

El impacto de estos eventos depende de la naturaleza específica del deslizamiento. Las caídas de roca son peligros evidentes para la vida y la propiedad, en general, sólo representan un peligro muy local debido a su limitada área de influencia. Por el contrario, los deslizamientos de tierra, avalanchas, (lujos y esparcimiento lateral, frecuentemente con gran extensión espacial), pueden traer como consecuencia una pérdida masiva de vidas y de propiedades. Los flujos de lodo asociados con las erupciones volcánicas, pueden trasladarse a gran velocidad desde el lugar de origen y son uno de los peligros volcánicos más destructivos.

Los estudios sobre las limitaciones del medio ambiente, se ocupan de ecosistemas urbanos, rurales o de terrenos silvestres, deben incluir: (1) la naturaleza y severidad de la degradación de los recursos, (2) las causas subyacentes a la degradación, que incluyen el impacto tanto de los fenómenos naturales como del uso humano, y (3) el rango de intervenciones económicas, sociales, institucionales, políticas y financieras que resulten factibles y estén diseñadas para retardar o aliviar la degradación. En este sentido, los peligros naturales también deben ser considerados como un aspecto integral del proceso de planificación para el desarrollo.

La literatura reciente sobre el desarrollo, a veces hace una distinción entre "proyectos ambientales" y "proyectos para el desarrollo". Los "proyectos ambientales" contienen objetivos tales como saneamiento, reforestación y control de inundaciones, en tanto que los "proyectos para el desarrollo" suelen dar mayor énfasis al suministro de agua potable, a la silvicultura y la irrigación. Sin embargo, el método "proyecto-por-proyecto" no es una manera efectiva de promover el bienestar socioeconómico. Los proyectos para el desarrollo deben incorporar un manejo ambiental sólido si han de ser sostenibles. Por definición, esto quiere decir que deben ser diseñados para mejorar la calidad de vida y, al mismo tiempo, para proteger o restaurar la calidad del medio ambiente. Al mismo tiempo, deben asegurar que los recursos no serán degradados y que la amenaza correspondiente a los peligros naturales no será incrementada. En resumen, un buen manejo de los peligros naturales es un buen manejo del proyecto para el desarrollo.

En áreas de alto riesgo, el desarrollo sostenible es posible en el mismo grado en que el potencial destructivo de los peligros naturales es tomado en cuenta dentro de las decisiones de planificación para el desarrollo, tanto las que corresponden al ámbito público, como al privado. Esto es particularmente importante en situaciones post-desastre, porque en ellas se aplican tremendas presiones a las agencias locales, nacionales e internacionales para reconstruir las instalaciones destruidas en el mismo sitio en el que estaban previamente. Es en tales momentos en los que resulta más evidente la necesidad de información sobre los peligros naturales y la evaluación del riesgo, así como su incorporación al proceso de planificación.

Para tratar sobre el manejo de peligros, se deben incorporar acciones específicas en las diversas etapas del estudio de planificación para el desarrollo integrado. Primero, una evaluación de la existencia y efecto de eventos naturales sobre los bienes y servicios proporcionados por los recursos naturales en el área del plan; segundo, los estimados del impacto potencial de eventos naturales sobre las actividades de desarrollo, y tercero, la inclusión de medidas para reducir la vulnerabilidad de las actividades propuestas para el desarrollo. En este marco, las redes de "líneas vitales" deben ser identificadas: los componentes o segmentos críticos de las instalaciones para la producción, la infraestructura y los sistemas de apoyo para los asentamientos humanos deben ser lo menos vulnerables posible y tienen que ser reconocidos como elementos prioritarios para la rehabilitación después de un desastre.

3. El impacto de los peligros naturales puede ser reducido.

Las experiencias dentro y fuera de la América Latina y el Caribe muestran que la mitigación de desastres mejora. La instalación de sistemas de alerta en varios países del Caribe ha reducido la pérdida de vidas humanas por causa de huracanes. La prohibición de asentamientos humanos permanentes en llanuras de inundación, reforzada mediante coberturas selectivas de seguros, ha reducido significativamente los daños causados por las inundaciones en muchas áreas vulnerables.

Un estudio realizado en el Estado de Nueva York (USA) sobre mitigación de los deslizamientos de tierra, muestra que los mejores procedimientos utilizados entre 1969 y 1975, redujeron en más de un 90% el costo de reparación de los daños causados a carreteras por causa de deslizamientos (Hays, 1981). La experiencia de la ciudad de Los Angeles, California, indica que con pendientes adecuadas y dispositivos para análisis del suelo, se pueden reducir las pérdidas por deslizamientos en un 97 por ciento (Petak and Atkisson, 1982).

Un estudio realizado en el Valle de San Fernando, California, después del terremoto de 1971, mostró que de entre 568 colegios antiguos, que no satisfacían los requerimientos del Field Act (una ley que establece normas de diseño), 50 sufrieron tantos daños que tuvieron que ser demolidos. En cambio, 500 colegios construidos según las normas sísmo resistentes, no sufrieron daños estructurales (Bolt, 1988). El terremoto de Loma Prieta en 1989 fue el desastre natural más costoso en la historia de los

Estados Unidos, pero los reglamentos de zonificación local y los códigos de construcción evitaron que las pérdidas fueran aún peores. En el área de la bahía de San Francisco las estructuras post-1960 se remecieron pero quedaron intactas, mientras que los edificios más antiguos sí sufrieron daños. Las estructuras no reforzadas de albañilería fueron las más afectadas. Las construcciones sobre terreno sólido mostraron menor probabilidad de sufrir daños que las construidas sobre relleno o sobre taludes sueltos en las montañas (King, 1989).

Inundaciones

Se pueden distinguir dos tipos de inundaciones: (1) inundaciones terrestres o inundaciones de ríos, a causa de una excesiva descarga debido a fuertes lluvias, (2) e inundaciones costeras causadas por aumento en el nivel del mar, frecuentemente exacerbado por descarga de tormentas en la parte alta de las cuencas respectivas. Los tsunamis son un tipo especial de inundación marítima.

a. Inundaciones costeras

Las inundaciones marinas originadas por tormentas, son un aumento anormal del nivel del mar, asociado con los huracanes y otras tormentas marítimas. Las inundaciones son generadas por fuertes vientos hacia la costa o por celdas intensas de baja presión y tempestades oceánicas. El nivel del agua es controlado por el viento, la presión atmosférica, la marea astronómica existente, los tumbos y el oleaje, la topografía y batimetría costera local y la proximidad de la tormenta a la costa. Con mayor frecuencia la destrucción debido a las inundaciones marinas es atribuible:

- al impacto de las olas y al choque físico con objetos asociados al paso de las olas.
- a las fuerzas hidrostáticas/dinámicas y los efectos del agua al levantar y acarrear objetos.

El daño más significativo resulta frecuentemente del impacto directo de las olas sobre estructuras físicas. Los impactos indirectos incluyen inundaciones y socavamiento de estructuras importantes tales como carreteras y ferrocarriles.

La inundación de estuarios y otras áreas costeras de bajo nivel es exacerbada por la influencia de la acción de las mareas, de la tormenta, y también por frecuentes cambios de canales.

b. Inundaciones de ríos

Las inundaciones terrestres ocurren cuando se excede la capacidad de los lechos de los ríos para conducir el agua y esta rebalsa las riberas. Las inundaciones son fenómenos naturales que pueden ocurrir a intervalos irregulares en cualquier riachuelo o río. El asentamiento en llanuras de inundación es la causa principal de los daños producidos por las inundaciones.

Tsunamis

Los tsunamis son ondas marinas de período largo generadas por eventos tales como los terremotos, actividad volcánica o deslizamientos de tierra submarinos. La cresta de estas ondas puede ser superior a alturas de 25 metros al llegar a aguas poco profundas. Las características singulares de los tsunamis (longitudes de onda generalmente mayores de 100 km, velocidades en el océano profundo hasta de 700 km por hora, y alturas de ola muy pequeñas en agua profunda) hacen que su detección y monitoreo sea muy difícil. Las características de las inundaciones costeras causadas por tsunamis son las mismas que aquellas correspondientes a las inundaciones marinas.

Huracanes

Los huracanes son depresiones tropicales que se convierten en tormentas severas, las cuales se caracterizan por vientos que se desplazan hacia su interior en forma de una espiral. Son generados por el agua oceánica caliente en latitudes bajas y son particularmente peligrosos debido a su potencial destructivo, su extensa zona de influencia, generación espontánea y desplazamiento errático. Los fenómenos asociados con los huracanes son:

- Vientos que exceden los 64 nudos (74 millas/hr o 118 km/hr), que es la definición de una fuerza huracanada. Los daños resultan del impacto directo del viento sobre estructuras físicas o del acarreo de objetos por el viento.
- Lluvias muy fuertes que generalmente preceden y continúan después de los huracanes durante muchos días. La cantidad de lluvia depende de la cantidad de humedad en el aire, la velocidad del movimiento del huracán, y su magnitud. En tierra, (as fuertes lluvias pueden saturar los terrenos y causar inundaciones debido a una excesiva descarga (inundaciones terrestres); pueden causar deslizamientos de tierra por el mayor peso del agua y por lubricación del material de superficie; también pueden dañar las cosechas al debilitar la firmeza de las raíces.

- Una inundación marina (explicada más arriba) especialmente cuando se combina con marea alta, fácilmente puede inundar áreas bajas no protegidas.

Peligros en zonas áridas y semiáridas

a. Desertificación

La desertificación, o degradación de recursos en tierras áridas que crea las condiciones para un desierto, emerge de una serie de acciones interrelacionadas e interdependientes, generalmente causadas por la sequía combinada con la presión ejercida por poblaciones humanas y animales. Las sequías son períodos prolongados sin lluvia en los ciclos climáticos naturales. Los ciclos de períodos secos y húmedos presentan problemas serios para los pastores y campesinos que se arriesgan con estos ciclos. Durante períodos húmedos, el tamaño de los rebaños aumenta y los cultivos se proyectan hacia áreas más secas. Mes tarde, la sequía destruye las actividades humanas que han sido extendidas más allá de los límites de capacidad de sostenimiento de la región.

El sobrepastoreo es una práctica frecuente en tierras secas y es la actividad singular que más contribuye a la desertificación. El cultivo en tierra seca se refiere a la agricultura que depende de la lluvia en regiones semiáridas, donde el agua es el factor principal que limita la producción de cosechas. Los granos y los cereales son los cultivos más generalizados. El cultivo en seco es una práctica peligrosa que sólo puede tener éxito si se adoptan medidas especiales de conservación tales como el mascullamiento del rastrojo, barbecho en el verano, cosecha por hileras, y labranza limpia. La desertificación de tierras secas en América Latina, generalmente puede ser atribuida a la combinación de mal manejo para explotar la tierra y las fluctuaciones naturales climáticas.

b. Erosión y sedimentación

La erosión del suelo y la sedimentación resultante constituyen peligros naturales importantes que producen pérdidas sociales y económicas de grandes consecuencias. La erosión ocurre bajo toda condición climática, pero se considera como un peligro de zona árida porque, junto con la salinización, es una importante causa directa de la desertificación. La erosión por el agua o el viento ocurre sobre cualquier terreno en pendiente, sea cual fuere su uso. Los usos de la tierra que aumentan el riesgo de erosión del suelo incluyen el sobrepastoreo, la quema o explotación de bosques, ciertas prácticas agrícolas, caminos y senderos, y el desarrollo urbano. La erosión del suelo tiene tres efectos principales: pérdida de apoyo y nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas; daños río abajo por los sedimentos generados por la erosión; y la disminución de la capacidad de almacenamiento de agua debido a pérdida de terreno y sedimentación de ríos y reservorios, lo cual conduce a una regulación natural disminuida del flujo de las aguas.

La sedimentación en ríos y reservorios es frecuentemente la raíz de muchos problemas en el manejo de agua. El movimiento de sedimentos y su subsiguiente deposición en reservorios y cuencas de ríos, reduce la vida útil de los reservorios para el almacenamiento de agua, agrava los daños de las aguas de inundación, impide la navegación, degrada la calidad del agua, daña los cultivos y la infraestructura, y causa excesivo desgaste de turbinas y bombas.

c. Salinización

El agua salina es común en regiones secas; los suelos derivados de depósitos marinos químicamente desgastados (tales como pizarra) son frecuentemente salinos. Generalmente, sin embargo, los suelos salinos han recibido sales transportadas por el agua desde otras localidades. La salinización más frecuente ocurre en terrenos irrigados como resultado de un pobre control del agua, y la fuente primaria de las sales que impactan a los suelos es agua subterránea o de superficie. Las sales se acumulan por la inundación de tierras bajas, la evaporación de depresiones que no tienen salida y el aumento del nivel de la capa freática. La salinización conduce a la disminución de fertilidad de los suelos e, inclusive, a la pérdida total de la tierra para propósitos agrícolas. En ciertas instancias, las tierras de cultivo abandonadas por problemas de salinidad pueden estar sujetas a erosión por acción del agua o del viento y se convierten en zonas desérticas.

Generalmente, el agua es utilizada en exceso cuando su costo es bajo. En regiones secas, el agua subterránea que contiene sales es frecuentemente la principal fuente de agua. No dar un precio justo al agua que se obtiene de proyectos de irrigación, puede crear una gran demanda por tales proyectos y conducir al mal uso del agua disponible, dando lugar a saturación de agua y salinización.

Las técnicas de mitigación también permiten extender el período de alerta antes de una erupción volcánica, haciendo posible la evacuación segura de la población en riesgo. Los dispositivos sensibles de monitoreo pueden ahora detectar un aumento en la

actividad volcánica meses antes de la erupción. Ahora existen a disposición sistemas más sofisticados de evaluación, monitoreo y alerta para enfrentar a los peligros de erupciones volcánicas, huracanes, tsunamis y terremotos.

Evaluaciones sectoriales conducidas por la OEA (entre ellas la de energía en Costa Rica y la de agricultura en el Ecuador), muestran el ahorro de capital y la producción continua que pueden ser logrados con modestas inversiones en la mitigación de las amenazas de los peligros naturales, a través de la reducción de la vulnerabilidad y de un mejor planeamiento sectorial. Sin embargo, queda mucho por hacer. La experiencia global en el manejo de peligros en América Latina y el Caribe, es poco significativa por varias razones, entre ellas, falta de percepción del problema, falta de incentivos políticos, y un sentimiento de fatalismo en relación con los desastres "naturales". Pero actualmente se tiene mayor acceso a las técnicas, se analiza y da a conocer experiencias. Los países en desarrollo han demostrado su interés, y las agencias financieras están discutiendo su apoyo. Si estas tendencias favorables fueran alentadas, podríamos tener al alcance una reducción significativa de los efectos devastadores de los peligros naturales sobre el desarrollo de América Latina y el Caribe.

B. Susceptibilidad a la reducción de vulnerabilidad

[1. La naturaleza del peligro](#)

[2. La naturaleza del área en estudio](#)

[3. Los participantes en el drama](#)

1. La naturaleza del peligro

a. Comienzo súbito versus comienzo lento

La velocidad con la que comienza un peligro es una variable importante ya que condiciona el tiempo para la alerta. Uno de los extremos son los terremotos, deslizamientos de tierra e inundaciones repentinas que, virtualmente, no dan tiempo para la alerta. Menos extremos son los tsunamis, que dan tiempo para la alerta con anticipación de minutos u horas, y los huracanes e inundaciones cuya posible ocurrencia es conocida con muchas horas y, a veces, días de anticipación. Los volcanes pueden erupcionar súbita y sorpresivamente, pero generalmente dan indicios de una posible erupción semanas y hasta meses antes. (El volcán El Ruiz, en Colombia, dio señales de actividad desde más de un año antes de su erupción destructiva en 1985). Otros peligros tales como la sequía, desertificación y el hundimiento, actúan lentamente durante un período de meses o años. Los peligros como erosión/sedimentación tienen diferentes tiempos de anticipación: el daño puede ocurrir súbitamente, como resultado de una tempestad, o puede desarrollarse en el curso de varios años.

b. Eventos controlables versus eventos inmutables

Las dimensiones reales de muchos tipos de peligros puede ser alterada, si se toman medidas apropiadas, pero hay casos en los que ninguna tecnología conocida puede alterar efectivamente la ocurrencia misma. Por ejemplo, canalizar el lecho de un río puede reducir el área de inundación, pero nada moderará el sacudimiento del terreno cuando se produce un terremoto.

c. Frecuencia versus severidad

Cuando una inundación se produce cada año, o cada pocos años, el peligro viene a ser parte del entorno y los proyectos son ubicados y diseñados teniendo en cuenta esa característica. A la inversa, en una área donde un tsunami puede ocurrir en cualquier momento dentro de los próximos 50 o 100 años, es difícil estimular el interés en tomar medidas para reducir la vulnerabilidad, aún cuando los daños puedan llegar a ser catastróficos. Con un horizonte temporal tan lejano, medidas que requieran inversión intensiva en capital pueden no ser económicamente viables. Los eventos raros, o con probabilidad de alcanzar poca magnitud, son los más difíciles de mitigar, y la reducción de la vulnerabilidad puede demandar medidas de aversión al riesgo que están más allá de lo que podría ser justificable en virtud de un análisis económico.

d. Medidas de mitigación para resistir el impacto versus medidas de mitigación para evitar el impacto

La construcción sismoresistente y los edificios a prueba de inundaciones, son dos ejemplos de medidas que mejoran la capacidad de las instalaciones para resistir el impacto de un peligro natural. Instrumentos tales como reglamentos de zonificación, seguros e incentivos tributarios, que propician la evasión de áreas en peligro, conducen a evitar los impactos.

2. La naturaleza del área en estudio

La alta densidad de población y la costosa infraestructura de las ciudades, las exponen comparativamente más al impacto de los eventos naturales. Allí, las medidas de mitigación son más necesarias aún y, al mismo tiempo, económicamente hablando se justifican mejor que en las áreas menos desarrolladas. Probablemente, en las áreas urbanas se podrá establecer los mecanismos institucionales que son necesarios para el manejo del peligro.

En pueblos y aldeas pequeñas, las medidas no estructurales de mitigación pueden ser la única alternativa al alcance. Tales asentamientos humanos dependen del gobierno sólo hasta cierto punto para enfrentarse a una alerta de peligro inminente o para recibir asistencia frente al peligro. Así pues, organizar a la comunidad local para enfrentarse a los peligros, es un aspecto especial del manejo de éstos.

Las características físicas del terreno, las normas para su uso, la susceptibilidad a peligros particulares, el nivel de ingresos y las características culturales de la población, también condicionan las opciones que tiene un área para manejar los peligros naturales.

3. Los participantes en el drama

Entre los "actores" involucrados en el manejo de peligros están las agencias de planificación, los ministerios, los centros para los preparativos y respuesta a la emergencia, la comunidad científica y de ingeniería, las comunidades locales, las agencias de asistencia técnica, las agencias de financiamiento para el desarrollo y los organismos no gubernamentales, además de una cantidad igualmente diversa de actores del sector privado. Cada cual tiene sus propios intereses y conceptos. Estos diversos puntos de vista, a veces en conflicto entre sí, pueden agravar los efectos de las limitaciones del planeamiento y ejecución de un programa de manejo de peligros. Sin embargo, los funcionarios involucrados pueden ver facilitado su trabajo si se conoce previamente las dificultades que cada uno de los actores puede presentar.

Frecuentemente, las *agencias de planificación* no están familiarizadas con la información sobre peligros naturales, ni saben cómo usarla en la planificación para el desarrollo.

También los *ministerios* tienen poca familiaridad con la información sobre peligros naturales o con las técnicas para adaptar esa información para su uso en la planificación. Los proyectos para el desarrollo de caminos, energía, telecomunicaciones, sistemas de irrigación, etc., frecuentemente carecen de consideraciones de mitigación del peligro. Aún más, los ministerios suelen tener poca experiencia en colaborar para identificar las interrelaciones entre proyectos o para definir los requerimientos de información común, de tal manera que la información requerida por varios usuarios pueda ser recolectada de manera cooperativa.

La *comunidad de preparativos para emergencias* ha tendido a ver su rol exclusivamente como el de preparación para la reacción ante emergencias y, por lo tanto, no ha prestado suficiente atención a la vinculación de los preparativos con la mitigación a largo plazo. Tampoco los centros de emergencia han brindado suficiente atención a la vulnerabilidad de su propia infraestructura. Cuando los servicios vitales son destruidos, las víctimas de los desastres no tienen donde ir. Las políticas de preparación para emergencias están comenzando a cambiar. Por ejemplo, organizaciones internacionales para ayuda en casos de emergencia, tales como la Liga Internacional de la Cruz Roja y la sociedades de la Media Luna Roja, han anunciado que van a dedicar mayores esfuerzos a la prevención en los países en desarrollo.

La *comunidad científica y de ingeniería* frecuentemente establece su agenda para la investigación y el monitoreo en base a sus intereses científicos, sin tomar en debida consideración las necesidades de reducción de la vulnerabilidad o los preparativos para la emergencia. Por ejemplo, un volcán puede ser elegido para su monitoreo por su valor de investigación científica más que por su proximidad a un centro de población. Frecuentemente se publica valiosa información sobre peligros en revistas científicas, pero en un lenguaje difícil de comprender. La comunidad científica debe asegurarse de que los datos sean presentados en forma adecuada, para su uso por quienes están involucrados en el manejo de los peligros.

Las *comunidades locales* están muy conscientes del impacto de los peligros naturales, pero, usualmente, tienen poca oportunidad de participar en la preparación de los grandes proyectos de infraestructura y de producción que las afectan y, menos aún, de establecer agendas para la evaluación de peligros naturales y la reducción de vulnerabilidad.

Las *agencias de cooperación técnica* normalmente no incluyen ni la evaluación de peligros naturales ni las actividades de reducción de vulnerabilidad como parte normal de su proceso de preparación del proyecto. Los "pronunciamientos sobre el impacto de peligros", así como los pronunciamientos sobre el impacto ambiental que son emitidos después de que el proyecto

ha sido formulado, son inadecuados. Las consideraciones del peligro deben ser introducidas muy al comienzo del proceso, de tal modo que los proyectos sean preparados con tales limitaciones en mente.

Las *agencias financieras para el desarrollo* participan activamente en medidas de reconstrucción post-desastre. Sin embargo, no insisten en evaluaciones del peligro, mitigación y medidas para reducción de vulnerabilidad en sus préstamos ordinarios para el desarrollo (no relacionadas a desastres) y son renuentes a incorporar tales consideraciones en la evaluación de los proyectos.

Otras consideraciones institucionales: El conocimiento y la experiencia en técnicas de manejo de peligros son atributos raros en la mayoría de las agencias de América Latina y el Caribe. Así, pues, una agencia de cooperación técnica que proponga incorporar estas ideas en la planificación y formulación del proyecto, invariablemente tendrá que imponerse al escepticismo del personal local. Tomar en cuenta estos aspectos incrementa el costo de formulación de un proyecto pero ese mayor gasto puede pagar grandes dividendos.

Debe darse mayor consideración al sector privado, tanto como lo señala Andrew Natsios (1990) en "Disaster Mitigation and Economic Incentives". Natsios, como Charles Schultze, argumenta que quienes hacen la política pueden modificar el comportamiento social de manera más efectiva si cambian los incentivos de mercado, es decir, recurriendo al uso público del interés privado antes que a los reglamentos. Por ejemplo, las compañías de seguros contra daños podrían ofrecer un gran diferencial en sus tarifas para las construcciones resistentes a sismos y huracanes. Sugiere que los gobiernos especifiquen el resultado deseado para las políticas, pero dejen a los actores económicos buscar la manera de cómo lograr tal resultado.

Dar a una sola entidad la responsabilidad total del manejo del peligro a nivel nacional, conduce a que las otras agencias la consideren como un adversario. En vez de esto, cada agencia que formula proyectos como parte de sus actividades normales, debería considerar los peligros en el proceso de formulación del proyecto. Las agencias de planificación deberían estimular el manejo de peligros y la introducción de estrategias no estructurales de mitigación muy al inicio del proceso de planificación y contar con personal entrenado para estas funciones.

De igual manera, la responsabilidad de mitigar el impacto de los peligros naturales a nivel del proyecto, no debe recaer en un sólo individuo o componente, sino que debe ser una responsabilidad general del proyecto, que requiere la cooperación de todos los componentes.

Frecuentemente, las actividades de reconstrucción post-desastre carecen de apoyo para la evaluación de peligros, cuyo propósito sería asegurar que el impacto del próximo evento sea menos destructivo. El problema ocurre tanto en quien proporciona el dinero como en quien lo recibe: el país afectado raramente incluye este rubro en su solicitud pero, cuando lo hace, sucede frecuentemente que las agencias financieras lo rechacen. Los proyectos de reconstrucción, especialmente cuando son muy grandes, suelen ser manejados por agencias de ejecución recientemente creadas. Esto conduce a la fuga del limitado personal técnico que tienen las agencias existentes y complica la coordinación entre desarrollo a largo plazo y rehabilitación a corto plazo.

C. Manejo de peligro y planificación para el desarrollo

[1. Actividades de manejo del peligro](#)

[2. Incorporación de medidas de mitigación en las etapas de un estudio de planificación para el desarrollo integrado](#)

[3. Ventajas de la planificación para el desarrollo integrado en el manejo de los peligros](#)

Para los efectos de esta discusión, la planificación para el desarrollo es el proceso mediante el cual los gobiernos producen planes constituidos por políticas, proyectos y acciones de apoyo, a fin de guiar el desarrollo económico, social y del espacio durante un período de tiempo. El manejo de los peligros consiste en una serie de actividades diseñadas para reducir la pérdida de vidas y la destrucción de propiedades. El manejo de los peligros naturales frecuentemente ha sido realizado independientemente de la planificación para el desarrollo. Un rasgo distintivo de la asistencia técnica de la OEA es la integración de los dos procesos.

1. Actividades de manejo del peligro

El proceso de manejo de peligros naturales puede ser dividido en medidas pre-evento, acciones durante e inmediatamente después del evento, y medidas post-desastre. En un orden cronológico aproximado, son las siguientes:

1. Medidas pre-evento:

a. Mitigación de peligros naturales:

- Recolección de datos y análisis
- Reducción de vulnerabilidad

b. Preparativos para desastres naturales

- Predicción
- Preparativos para emergencia (incluyendo monitoreo, alertas, evacuación)
- Educación y entrenamiento

2. Medidas durante e inmediatamente después de los desastres naturales:

a. Rescate

b. socorro

3. Medidas post-desastre

a. Rehabilitación

b. Reconstrucción

a. Mitigación de desastres

La predicción precisa y oportuna de un evento peligroso puede salvar vidas humanas pero sirve de poco para reducir las pérdidas económicas o la alteración social; eso sólo se puede lograr con medidas que deben ser tomadas con mucha antelación. Incluido en el concepto de mitigación de desastres, está el supuesto básico de que el impacto de un desastre puede ser evitado, o reducido, cuando su ocurrencia haya sido prevista durante la planificación para el desarrollo. La mitigación de desastres generalmente supone reducir la vulnerabilidad de los elementos en riesgo, modificar la exposición del lugar al peligro, o cambiar su función. Las medidas de mitigación pueden tener un carácter estructural, tales como la inclusión de medidas específicas de seguridad o la reducción de vulnerabilidad en el diseño así como la construcción de nuevas instalaciones, el reforzamiento de instalaciones existentes o la construcción de dispositivos de protección. Típicamente, las medidas no estructurales de mitigación se concentran en limitar el uso de terrenos, la utilización de incentivos tributarios y de soberanía, y en programas de aseguración del riesgo.

Muchos países están haciendo esfuerzos para introducir medidas de mitigación en áreas expuestas a peligros. Por ejemplo, el área costera del Ecuador y el área septentrional o norte del Perú son frecuentemente afectadas por severas inundaciones causadas por "El Niño", o fenómeno ENSO (El Niño Southern Oscillation), que aparece periódicamente cada 3 a 16 años. Entre noviembre de 1982 y junio de 1983, las fuertes lluvias crearon la más dramática serie de inundaciones observada este siglo, afectando unos 12.000 km² en esta región, con pérdidas totales estimadas en US\$ 1.200 millones. Posteriormente, en el Perú se trasladaron seis de los pueblos más afectados a lugares más elevados (una medida de mitigación no estructural) y se introdujeron técnicas especiales de reconstrucción con adobe para reforzar las nuevas construcciones contra terremotos e inundaciones (una medida estructural de mitigación).

La mitigación de los desastres también incluye la recolección de datos, y el análisis necesario, para identificar y evaluar medidas apropiadas e incluirlas en la planificación para el desarrollo. La recolección de datos incluye en esencia tres tipos de actividades:

Evaluaciones de peligros naturales

Los estudios que evalúan los peligros proporcionan información sobre la probable ubicación y severidad de fenómenos naturales peligrosos, así como sobre la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área dados. Estos estudios descansan fuertemente sobre la información científica disponible, incluyendo mapas geológicos, geomórficos y de suelos; datos de clima e hidrológicos, así como sobre mapas topográficos, fotografías aéreas e imágenes de satélite. La información histórica, tanto escrita como de reseñas orales de residentes antiguos, es también útil para caracterizar los eventos peligrosos potenciales. Idealmente, una evaluación de peligros naturales promueve la percepción de este problema en una región en desarrollo, evalúa

la amenaza de peligros naturales, identifica la información adicional requerida para una evaluación definitiva y recomienda las maneras más apropiadas para obtenerla.

Evaluaciones de vulnerabilidad

Los estudios de vulnerabilidad estiman el grado de pérdida y daños que podrían resultar de la ocurrencia de un fenómeno natural de severidad dada. Los elementos analizados incluyen la población humana, la infraestructura de bienes de capital y recursos tales como asentamientos, líneas vitales, instalaciones para la producción, locales para concentraciones públicas y patrimonio cultural; también incluyen a las actividades económicas y al funcionamiento normal de los asentamientos humanos. La vulnerabilidad puede ser estimada para determinadas áreas geográficas: por ejemplo, áreas con el mayor potencial para su desarrollo o áreas ya desarrolladas en zonas peligrosas. Las técnicas empleadas incluyen la cartografía de líneas vitales o de instalaciones críticas y un análisis sectorial de vulnerabilidad para sectores tales como energía, transporte, agricultura, turismo y vivienda. En América Latina y el Caribe la vulnerabilidad a peligros naturales es pocas veces considerada en la evaluación de una inversión, aún cuando la vulnerabilidad a otros riesgos, tales como los fluctuantes precios de mercado y de costos de materia prima, sí se toma en consideración como práctica normal.

ELEMENTOS VULNERABLES QUE DEBEN SER CONSIDERADOS EN EL PROCESO DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO

Asentamientos humanos:

La población humana, vivienda y servicios asociados.

Instalaciones críticas:

(1) servicios esenciales tales como telecomunicaciones, agua, energía y sanidad; (2) servicios médicos de emergencia, estaciones de policía y contra incendio, y organizaciones de desastre; y (3) empresas tócales, nacionales e internacionales de transporte.

Instalaciones de producción económica:

Las principales fuentes de empleo de la población tales como la industria. La banca y empresas comerciales, mercados públicos, plantas de agroprocesamiento y áreas de producción agrícola, ganadera, forestal, minera y pesquera.

Lugares de concentración pública

Edificios tales como colegios, iglesias, auditorios, teatros, mercados públicos y oficinas.

Patrimonio cultural:

Edificios de importancia cultural, de uso comunitario y edificios con valor arquitectónico.

Evaluaciones de riesgo

La información proveniente del análisis de los peligros de un área, y de su vulnerabilidad a ellos, es integrada en un análisis de riesgo, que es un estimado de las probables pérdidas previsibles para un determinado evento peligroso. Los análisis formales de riesgo consumen mucho tiempo y son costosos, pero hay métodos cortos, que dan resultados adecuados para la evaluación de un proyecto. Una vez que se han evaluado los riesgos, los planificadores tienen una base para incorporar medidas de mitigación en el diseño de proyectos de inversión y para comparar los costos y beneficios del proyecto versus el no realizarlo.

b. Predicción de peligros naturales

Una alerta, aún de corta antelación, sobre la ocurrencia probable y los efectos de un fenómeno natural, es de gran importancia para reducir la pérdida en vidas y propiedades. La predicción de un evento natural es resultado directo de la investigación científica acerca de sus causas y está orientada a establecer la probabilidad de la próxima ocurrencia en términos de cuándo, dónde y el rango de magnitud. Los sistemas de monitoreo cercano y remoto, cada vez más sofisticados, acumulan información de eventos potencialmente peligrosos para una predicción más confiable.

Algunos peligros, tales como los huracanes y las inundaciones, pueden ser pronosticados con gran precisión pero no ocurre así con la mayoría de los eventos geológicos. Los sistemas de alerta para algunos tipos de desastres se caracterizan por un tiempo anticipatorio muy corto. En el caso de los tsunamis, por ejemplo, el centro de Alerta del Pacífico que constantemente

monitorea los océanos, proporciona avisos previos que varían entre unos minutos y unas cuantas horas. En el mejor de los casos, estas alertas proporcionan suficiente tiempo para que se evacúe a la población, pero no para que se puedan tomar otras medidas preventivas.

Aunque persisten los esfuerzos a nivel mundial para anticiparse a los terremotos, su predicción todavía es una ciencia muy incipiente. Pocos avisos anticipados han tenido tanto éxito como aquel de febrero de 1975, cuando los pobladores de Haicheng, china, fueron evacuados seis horas antes de que ocurriera un terremoto de magnitud M 7. otras predicciones han sido desastrosas, como el caso del pronóstico errado de un terremoto inminente en el Perú en 1981. Muchas personas se trasladaron del callao y la predicción tuvo un impacto negativo en las inversiones y el turismo.

c. Preparativos para la emergencia

Los preparativos para la emergencia están orientados a minimizar la pérdida de vidas y de propiedades durante un evento natural. Incluyen acciones tomadas con anticipación al evento y actividades especiales tanto durante como inmediatamente después de él.

Se pueden identificar dos niveles de preparativos: información sobre la seguridad pública y planificación de la percepción del peligro. Esto tiene que ver con una serie de esfuerzos orientados a aumentar la cantidad de información diseminada entre el público así como a promover la cooperación entre el público y las autoridades en caso de una emergencia. En el curso de un evento, o durante su secuela, el comportamiento social y público sufre cambios importantes. Esto da lugar a nuevas responsabilidades organizacionales para el sector público. La información sobre peligros y los programas de educación pueden mejorar el grado de preparación del público y su conducta social.

La planificación de la percepción del peligro se concentra en mejorar la capacidad de una área, región o país en particular a responder a los desastres naturales. Los preparativos para el desastre promueven la instalación de sistemas para monitorear los peligros conocidos, sistemas de alerta, planes de emergencia y de evacuación, rutas de emergencia, y la formulación de programas educativos para funcionarios públicos y profesionales. Muchos países de Latinoamérica y el Caribe están desarrollando y adoptando planes de emergencia para identificar y movilizar de manera efectiva los recursos humanos y nacionales en el caso de un desastre.

d. Rescate y socorro en el desastre

Después de un desastre natural, los residentes locales son los que llevan a cabo las primeras actividades de socorro. sin embargo, sus esfuerzos generalmente deben ser complementados con los de las autoridades nacionales o regionales. Los aspectos claves del socorro post-desastre son la rehabilitación de servicios vitales y de instalaciones críticas, el entrenamiento, simulacros de desastres, y la identificación y asignación de recursos locales y externos.

Las actividades de socorro son afectadas por decisiones globales de planificación, pero no son parte de las líneas principales del proceso de planificación nacional y regional. Aunque el socorro y los preparativos para el desastre reciben la mayor parte de los recursos internacionales, nacionales y locales, las medidas de mitigación costo-efectivas no son adecuadamente consideradas. Esta falta de previsión exacerba los efectos de los desastres naturales en términos de pérdida de vidas y de propiedades. Mientras tanto, los desastres naturales continúan ocurriendo en todo el mundo y el número de personas afectadas aumenta más rápidamente que la tasa de crecimiento de la población.

e. Rehabilitación y reconstrucción post-desastre

De manera concurrente, o inmediatamente después de las actividades de socorro, la rehabilitación post-desastre significa restaurar las funciones normales de los servicios públicos, del comercio y los negocios, reparar viviendas y otras estructuras, y reiniciar las actividades productivas. Sin embargo, a menudo, en esta fase, se ignora la mitigación: la rehabilitación procede sin ninguna medida para reducir la posibilidad de igual impacto en caso que el desastre ocurra nuevamente. En los países en desarrollo, la red de carreteras es inundada o bloqueada por deslizamientos de tierra año tras año y, usualmente reconstruida en idéntico lugar y con las mismas especificaciones de diseño que tenía el tramo destruido.

Al considerar los costos de reconstrucción, se deben volver a evaluar las políticas de desarrollo existentes y los proyectos sectoriales. En muchos casos, todo ello ha dejado de ser apropiado o ya no coincide con el mejor uso de los recursos naturales. Por esta razón, durante el proceso de manejo de peligros naturales, se debe examinar todo cambio en los recursos, metas, objetivos y productos de los planes de desarrollo, e incorporar estos factores en las subsiguientes actividades de planificación.

f. Actividades de educación y entrenamiento

La educación y el entrenamiento, tanto formal como informal, preparan a las personas de todo nivel para participar en el manejo del peligro. Las universidades, centros de investigación y agencias internacionales de asistencia para el desarrollo juegan el principal rol formal en la preparación de individuos, en una gran variedad de niveles de habilidad tales como la evaluación de peligros naturales, la reducción de riesgos y la predicción de fenómenos naturales. Estas actividades también son realizadas por entidades operativas tales como los ministerios de agricultura, transporte, obras públicas y defensa.

El aprendizaje se logra mediante folletos, volantes y cintas en audio y video, preparadas por agencias nacionales e internacionales involucradas en programas de preparativos para desastres y mitigación, y a través de los medios nacionales de comunicación. Además, los cursos, talleres, conferencias y seminarios organizados por agencias especializadas de asistencia para desastres, difunden gran cantidad de información sobre estrategias para el manejo de los peligros naturales.

Finalmente, se ha comprobado que la observación directa después de un desastre es una de las maneras más efectivas para aprender. Las investigaciones post-desastre describen los aspectos cualitativos y cuantitativos de los peligros naturales y, frecuentemente, mejoran la información producida por modelos y conjeturas, indicando en qué áreas el desarrollo debe ser muy restringido o evitado. Algunos resultados directos del proceso de aprendizaje son (1) mejorar las políticas y las acciones de programa, los códigos de construcción, las normas, las capacidades de construcción y diseño; (2) el desarrollo de legislación para la adopción de estas políticas y el fortalecimiento o creación de nuevas organizaciones de desastre; (3) el mejoramiento de los aspectos importantes de logística para la prevención de desastres, tales como sistemas de comunicación y de alertas; y (4) el establecimiento de organizaciones comunitarias y de recursos para confrontar desastres futuros.

2. Incorporación de medidas de mitigación en las etapas de un estudio de planificación para el desarrollo integrado

La planificación para el desarrollo integrado es un método multidisciplinario y multisectorial. Los diversos aspectos de interés para los sectores económicos y sociales relevantes son combinados y analizados a la luz de las necesidades de la población y de las oportunidades de la base asociada de recursos naturales. Un elemento importante de este proceso es la generación de proyectos de inversión, definidos como inversión de capital para crear activos capaces de generar beneficios en el tiempo. Un proyecto puede ser independiente o parte de un conjunto de proyectos que constituya un esfuerzo de desarrollo integrado. El proceso de generar proyectos se llama el ciclo del proyecto. En este proceso se establecen políticas y estrategias para el desarrollo, se identifican ideas para proyectos, y se preparan perfiles de proyecto mediante un análisis de prefactibilidad y de factibilidad (y, para grandes proyectos, estudios de diseño) hasta llegar a la aprobación final del proyecto, su financiamiento, implementación y operación.

Figura 1-2: ELEMENTOS DETERMINANTES EN EL PROCESO DE ASISTENCIA DE LA OEA PARA LA PLANIFICACION DEL DESARROLLO REGIONAL INTEGRADO

Fuente: OEA. Planificación del Desarrollo Regional Integrado: Directrices y Casos Extraídos de la Experiencia de la OEA. (Washington, D.C.: OEA, 1984).

Figura 1-3

SINTESIS DEL PROCESO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO INTEGRADO DE LA OEA

COMPONENTES	DISEÑO DEL ESTUDIO	EJECUCION DEL ESTUDIO		IMPLEMENTACION DE LAS RECOMENDACIONES
		FASE I	FASE II	
		Diagnóstico para el Desarrollo	Formulación del Proyecto y Preparación del Plan de Acción	

<p>Actividades:</p>	<p>Recibo y análisis de la solicitud de cooperación Misión Preliminar - pre-diagnóstico - preparación del acuerdo de cooperación</p>	<p>Diagnóstico de la región - análisis sectorial - análisis espacial - análisis institucional - análisis del medio ambiente - síntesis: necesidades, problemas, potencial, limitantes Relación con planes nacionales, estrategias y prioridades Estrategias para el desarrollo - formulación y análisis de alternativas - identificación de las ideas del proyecto, preparación de perfiles de proyecto</p>	<p>Formulación y evaluación del proyecto (prefactibilidad o factibilidad) - sectores productivos (agrícola, forestal, agroindustrial, industrial, pesca, minería) - servicios de apoyo (comercialización, crédito, extensión) - desarrollo social (vivienda, educación, capacitación de personal, salud) - infraestructura (energía, transporte, comunicaciones) - servicios urbanos - manejo de los recursos naturales Preparación del plan de acción - formulación de paquetes de proyectos - determinación de políticas para áreas y sectores prioritarios - acciones habilitadoras e incentivos - cronograma de inversión - evaluación de fuentes de financiamiento - desarrollo y capacitación institucional - promoción</p>	<p>Asistencia para programas y proyectos específicos Asistencia para incorporar las inversiones propuestas en el presupuesto nacional Servicios de consultoría para acciones del sector privado Apoyo a los organismos ejecutores Apoyo a la coordinación inter-institucional</p>
<p>Productos:</p>	<p>Acuerdo firmado - definición de los productos de estudio - compromiso financiero de los participantes - plan de trabajo preliminar</p>	<p>Informe Intermedio (Fase I) - diagnóstico de la región - estrategia preliminar para el desarrollo - proyectos identificados</p>	<p>Informe Final - estrategia para el desarrollo - plan de acción - proyectos formulados - acciones de apoyo</p>	<p>Ejecución por parte del gobierno - estudios de diseño finales - ejecución del proyecto - Modificación en la Legislación y reglamentos Mejora en la capacidad operacional de Las instituciones</p>
<p>Período de tiempo:</p>	<p>3 a 6 meses</p>	<p>9 a 12 meses</p>	<p>12 a 18 meses</p>	<p>Variable</p>

Fuente: OEA. Manual sobre Manejo de Amenazas Naturales en La Planificación del Desarrollo Regional Integrado. (Washington, D.C.: 1991)

El proceso es más o menos universal pero cada agencia desarrolla su propia versión. El proceso de planificación para el desarrollo, producido por la OEA/DDRMA, consiste en cuatro etapas: Misión Preliminar, Fase I (diagnóstico para el desarrollo. Fase II (formulación del proyecto y preparación de un Plan de Acción), e Implementación. Debido a que el proceso

es cíclico, las actividades relacionadas con más de una etapa pueden darse al mismo tiempo. Los principales elementos del proceso se observan en la Figura 1 -2 y una síntesis de estas actividades y los productos de cada etapa se encuentran en la Figura 1 -3. Un conjunto amplio de lineamientos para ejecutar un estudio de acuerdo a este proceso es dado en *Planificación del Desarrollo Regional Integrado: Directrices y Estudios de Casos Extraídos de la Experiencia de la OEA*.

Esta presentación de los procedimientos de un estudio integrado, resalta en cada etapa la incorporación de consideraciones de manejo de peligros. Las relaciones de un proceso integrado de planificación para el desarrollo con el proceso de manejo de los peligros y el ciclo del proyecto, están resumidas en la Figura 1-4.

Generalmente los planificadores dependen de la comunidad científica y de ingeniería para obtener la información necesaria para la evaluación de peligros naturales. Si la información disponible es adecuada, el planificador puede decidir hacer una evaluación. Si no es adecuada, el planificador generalmente decide que el tiempo y el costo de generar la información sería excesivo y no se lleva a cabo la evaluación. Si bien la información disponible sobre huracanes y peligros geológicos frecuentemente es adecuada para una evaluación preliminar, la información sobre desertificación, inundaciones y peligros de deslizamientos de tierra, raramente lo es. La OEA ha desarrollado metodologías rápidas, de bajo costo, que hacen posibles estas evaluaciones en el contexto de un estudio para el desarrollo. Las diferencias en el tratamiento de los diversos peligros, en cada etapa del proceso, se resaltan en la siguiente discusión.

MARCO PARA LA INCORPORACION DE LA EVALUACION DE LOS PELIGROS NATURALES EN LAS ESTRATEGIAS PARA LA PREPARACION DEL PROYECTO DURANTE LA MISION PRELIMINAR

PREGUNTAS QUE LOS PLANIFICADORES DEBEN HACER:

- ¿Existe una historia de tos peligros naturales significativos en e) área de estudio?
- ¿Cuál es la probabilidad de que ocurran fenómenos de peligros naturales durante el período de tiempo del proyecto para e) desarrollo?
- Si los peligros son una amenaza, ¿qué se espera respecto a la severidad, frecuencia y demarcación de la zona afectada?

DECISIONES IMPORTANTES QUE DEBEN DE TOMARSE EN ESTA ETAPA

- Los peligros naturales son (o no son) una amenaza en el área en estudio y, por lo tanto, la consideración de los peligros deberá (o no deberá) ser incluida en el proceso de planificación para el desarrollo.
- Los peligros naturales identificados en el estudio deberán ser considerados en fa definición y diseño del marco de planificación, del contexto espacial, las metas del estudio, y el manejo de los procedimientos para el proyecto.
- El plan de trabajo deberá incluir los recursos financieros y de personal necesarios para obtener la información adecuada sobre peligros, en las diversas etapas del diseño del proyecto y su formulación.
- Si se encuentra que los peligros naturales que constituyen una amenaza significativa para el área en estudio, deberán incorporarse esfuerzos de mitigación en el diseño del estudio o deberán proponerse alternativas para el desarrollo.
- Si la información disponible es insuficiente para hacer una recomendación sobre estas decisiones durante la misión preliminar, la Fase i deberá incluir el esfuerzo necesario de compilación de datos, de tal modo que puedan formularse las recomendaciones apropiadas.

Figura 1-4: EL PROCESO DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO INTEGRADO, EL MANEJO DE PELIGROS NATURALES Y EL CICLO DEL PROYECTO

Fuente: OEA. Manual Sobre Manejo de Amenazas Naturales en la Planificación del Desarrollo Regional Integrado.(Washington, D.C.: 1991)

MARCO PARA INCORPORAR INFORMACION SOBRE VULNERABILIDAD A PELIGROS NATURALES EN LA PREPARACION DE PERFILES DE PROYECTO DURANTE LA FASE I

PREGUNTAS QUE LOS PLANIFICADORES DEBEN HACER;

- ¿Es vulnerable el área del proyecto a los peligros naturales? ¿A cuáles?
- ¿Actualmente constituyen los peligros naturales una limitación significativa para determinar una estrategia para el desarrollo y para Identificar proyectos?
- ¿Se requieren modificaciones en el estudio del proyecto en esta etapa? ¿Cuáles?

DECISIONES IMPORTANTES QUE DEBEN TOMARSE EN ESTA ETAPA

- ¿Pueden ser incluidas medidas de mitigación; no estructurales como parte de la estrategia para el desarrollo? ¿Cuáles?
- ¿Es probable que las medidas estructurales de mitigación tengan que ser consideradas?
- ¿Qué mecanismo se usará para incorporar la información de evaluación de vulnerabilidad en las actividades generales del estudio?
- ¿Las medidas de mitigación obstaculizarán la implementación del proyecto?
- ¿Cuál es el costo social de una decisión de esta naturaleza?
- ¿Cómo puede ser evitado tal resultado?
- ¿Cómo y por quién puede la información de la evaluación ser resumida para la formulación del proyecto y la preparación del plan de acción?
- ¿Se requiere más información sobre eventos peligrosos e instalaciones críticas en el área del proyecto, para la siguiente etapa de formulación del proyecto?
- ¿Cómo se recabará esta información?
- ¿Deberá de ser reevaluado el diseño del marco de planificación, el contexto espacial y la estructura gerencia! y deberán ser incorporadas las estrategias de mitigación en la formulación del proyecto y en los planes de acción?

a. Misión preliminar: Diseñando el estudio

El primer paso en el proceso de asistencia técnica para un estudio de planificación para el desarrollo integrado, es enviar una "misión preliminar" para realizar consultas con funcionarios del país interesado. La experiencia demuestra que este esfuerzo conjunto entre el personal de la OEA, los planificadores locales y quienes toman decisiones, usualmente es el momento crítico de todo el estudio. Se toman acuerdos para:

- Determinar si el área del estudio está afectada por uno o más peligros naturales. Por ejemplo, el Estudio Nacional del Medio Ambiente del Uruguay, realizado por la OEA con ayuda económica del Banco Interamericano para el Desarrollo, determinó durante la misión preliminar que los peligros naturales eran un problema ambiental importante y, por lo tanto, se programó en la Fase I una evaluación de todos los peligros significativos a ser ejecutada revisando la información existente.
- Identificar la información disponible para juzgar la amenaza proveniente de los peligros en el área de estudio: historia de eventos peligrosos; informes sobre desastres y daños; evaluaciones de peligros, vulnerabilidad y riesgo; mapas e informes sobre recursos naturales y peligros; mapas topográficos, fotografías aéreas e imágenes de satélite.
- Determinar si los datos disponibles son suficientes para evaluar la amenaza de los peligros. Si no lo son, determinar que conjunto de datos adicionales, evaluaciones de peligro, percepción remota, o equipo especializado se necesitarán para la siguiente etapa del estudio. Por ejemplo, en las misiones preliminares a Dominica, Santa Lucía, y St. Vincent y las Granadinas, los deslizamientos de tierra fueron señalados como un problema serio y la evaluación de los deslizamientos fue incluida en el plan de trabajo para la Fase 1.
- Determinar si los estudios requeridos serían más útiles para un sector o proyecto. Si fuera así, establecer

coordinación.

- Establecer coordinación con la institución nacional responsable de la planificación para desastres.
- Preparar un plan de trabajo integrado para la Fase I que especifique el trabajo sobre peligros que deberá hacerse, los conocimientos requeridos para los expertos, y los requerimientos de tiempo y costo.

b. Fase I: Diagnóstico del desarrollo

En la Fase I, el equipo analiza la región que va a estudiarse y llega a unos estimados detallados de los potenciales para el desarrollo, de los problemas de la región y de las áreas específicas seleccionadas. A partir de este análisis, se prepara una estrategia multisectorial para el desarrollo y una serie de perfiles de proyectos a ser revisados por los funcionarios de gobierno que toman las decisiones. La Fase I también incluye una evaluación detallada de los peligros naturales y de los elementos en riesgo en áreas altamente vulnerables, todo lo cual facilita una temprana introducción de medidas de mitigación no estructurales. Durante esta fase el equipo:

- Preparará un mapa de base.
- Determinará los bienes, servicios y peligros de los ecosistemas de la región. Identificará las relaciones de causa y efecto entre eventos naturales y entre éstos y la actividad humana. En la región montañosa Chixoy de Guatemala, por ejemplo, se encontró que los métodos inadecuados para la construcción de caminos eran la causa de deslizamientos de tierra y que los deslizamientos a su vez eran el principal problema para el mantenimiento de esos caminos. En Ecuador, el descubrimiento que la mayor parte de la infraestructura planeada para el proyecto de desarrollo de Agua de Manabí estaba ubicada en una de las zonas sísmicas más activas del país, motivó una reorientación significativa del proyecto.
- Evaluará las condiciones socio-económicas y la capacidad institucional. Determinará los vínculos importantes entre la región en estudio y regiones vecinas.
- Delineará áreas objetivo de alto potencial para el desarrollo, lo que será continuado por otros estudios más detallados sobre recursos naturales y socioeconómicos de dichas áreas.
- Al planificar el desarrollo de cuencas de ríos multinacionales o áreas fronterizas donde un desastre natural podría precipitar un conflicto internacional, realizará una evaluación general del peligro como parte de la evaluación de recursos. Ejemplos de tales estudios incluyen aquellos hechos para el desarrollo de la cuenca de los ríos San Miguel-Putumayo, conducido con el apoyo de la Comisión Conjunta Colombiana-Ecuatoriana del Proyecto de Cooperación Amazónico, y para los proyectos de Desarrollo Fronterizo de la República Dominicana y Haití.
- Realizará evaluaciones de peligros naturales que se han identificado como una amenaza significativa en la región de estudio. Para los huracanes y peligros geológicos la información existente probablemente sea suficiente; si la información sobre peligros geológicos no es adecuada, podría solicitarse a una agencia externa que realice un análisis. Para las inundaciones, desertificación y deslizamientos de tierra, el mismo equipo de planificación deberá poder completar la información existente y preparar los análisis. Los estudios de los departamentos de Atlántida e Islas de la Bahía de Honduras incluyen evaluaciones del peligro de inundación, como parte del plan de desarrollo del área costera, así como evaluaciones del peligro de deslizamientos de tierra para alguna de las áreas tierra adentro.
- Realizará estudios de vulnerabilidad para sectores económicos específicos. Preparará mapas de servicios vitales, estudios de zonificación del peligro, y mapas de peligros múltiples según sea necesario. Por ejemplo, el estudio de la vulnerabilidad del sector agrícola ecuatoriano a los peligros naturales y las formas de reducir la vulnerabilidad de las líneas vitales en San Kitts y Nevis, generaron en ambos casos ideas para un proyecto, las que pudieron ser estudiadas a un nivel de prefactibilidad en la Fase II. El estudio del Chaco paraguayo incluyó evaluaciones de inundaciones y desertificación y zonificación para peligros múltiples. La ejecución de estas actividades relacionadas con el peligro no modificaron el tiempo ni el costo del diagnóstico para el desarrollo.
- Identificará áreas proclives al peligro, cuyo uso intensivo debe ser evitado.
- Preparará una estrategia para el desarrollo, incluyendo medidas de mitigación no estructurales, según sea apropiado.
- Identificará ideas de proyecto y preparará perfiles de proyecto que tomen en consideración los problemas y las

oportunidades, y que sean compatibles con las limitaciones políticas, económicas e institucionales, con los recursos y en el marco del tiempo para el estudio.

- Identificará medidas estructurales de mitigación que deberán ser incorporadas en las instalaciones existentes y en los proyectos propuestos.

- Preparará un plan de trabajo integrado para la siguiente etapa, incluyendo consideración de peligros.

PROPOSICIONES IMPORTANTES PARA LA INCORPORACION DE INFORMACION SOBRE VULNERABILIDAD EN AREAS SELECCIONADAS DURANTE LA FORMULACION DEL PROYECTO EN LA FASE II

LAS PREGUNTAS QUE LOS PLANIFICADORES DEBERAN HACER

- ¿Hasta qué grado los peligros presentan un riesgo significativo a los proyectos para el desarrollo, existentes o propuestos?.

- ¿Es suficiente la información resultante de la Fase I para proceder con la formulación del proyecto de inversión?. ¿Si no es así, se llevarán a cabo actividades adicionales de evaluación dentro o fuera del estudio de planificación?

- ¿Cuáles áreas deberán ser incluidas en cualquier evaluación adicional?

DECISIONES IMPORTANTES QUE DEBEN TOMARSE EN ESTA ETAPA:

- ¿Quién será responsable de incorporar información adicional en las actividades de formulación del proyecto?

- ¿Hay ciertas medidas de mitigación no estructurales que deberían ser incluidas en la formulación de los proyectos de inversión, tales como reglamentación del uso del terreno, sistemas de alerta, y la creación de organizaciones orientadas al peligro?

- ¿Deberán ser consideradas las medidas estructurales de mitigación como parte del proyecto de inversión? ¿Cuánto costarán? ¿Son factibles económica, social y políticamente?

- ¿Quién llevará a cabo las medidas de mitigación identificadas en el proyecto? ¿Cómo y por quién se incorporará la información de riesgo en los documentos del estudio?

- ¿Qué actividades complementarias deberá realizar el equipo del estudio para maximizar el uso de la evaluación del peligro y de la información sobre mitigación, por los posibles financiadores y por las instituciones orientadas a los desastres?

c. Fase II: Formulación del proyecto y preparación del plan de acción

Al finalizar la Fase I se presentan al gobierno una estrategia para el desarrollo y una serie de perfiles de proyectos. La Fase II comienza después que el gobierno decide qué proyectos meritan más estudio. El equipo ahora realiza un análisis de prefactibilidad y de factibilidad de los proyectos seleccionados. Se hacen estimados refinados de los beneficios (flujo de ingresos, aumento de la producción, generación de empleo, etc.) y de los costos (construcción, operación y mantenimiento, consumo de recursos, efectos de polución, etc.). Se aplican criterios evaluativos, incluyendo el valor actual neto, tasa interna de retorno, razón costo-beneficio y posibilidad de cancelación, razón costo-beneficio, y posibilidad de cancelación. Finalmente, el equipo ensambla un conjunto de proyectos de inversión para áreas prioritarias y prepara un plan de acción. En la sección sobre Estrategias para la Mitigación del Peligro para Proyectos de Desarrollo se encuentran más detalles sobre esta fase pero, en términos generales, el equipo deberá:

- Examinar las actividades humanas que podrían contribuir a los peligros naturales (p.e., irrigación, roturado de tierra en época seca, actividad ganadera que podría causar o exacerbar la desertificación) y los factores sociales y culturales que podrían incidir en la vulnerabilidad del proyecto durante y después de su implementación.

- Determinar los niveles de tecnología, crédito, conocimientos, información, mercadeo, etc., que realísticamente se puede esperar estén al alcance de los usuarios del terreno, y asegurar que los proyectos formulados sean concordantes con dichos niveles.

- Preparar evaluaciones de vulnerabilidad y riesgo de lugares específicos así como medidas apropiadas para la reducción de la vulnerabilidad para todos los proyectos que se formulen. Por ejemplo, el programa multimillonario en dólares para el desarrollo del área metropolitana de Tegucigalpa, Honduras, resaltaba componentes de mitigación de deslizamientos de tierra. De otro lado, los proyectos de alerta y control de

inundaciones fueron elementos centrales en el Proyecto para el Manejo del Recurso Agua y Reconstrucción de Desastres por Inundaciones para Alagoas, Brasil.

- Mitigar los efectos indeseables de los proyectos, evitar el desarrollo en áreas susceptibles, recomendar ajustes para el uso presente del terreno y restricciones para su uso futuro.
- Examinar cuidadosamente la compatibilidad de todos los proyectos y propuestas.
- Definir los instrumentos específicos de política y manejo, requeridos para la implementación de la estrategia general y de los proyectos individuales, y diseñar programas adecuados de monitoreo.

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

PREGUNTAS QUE DEBERAN HACER LOS PLANIFICADORES

- ¿Cómo se usará la información sobre mitigación y riesgo en la aprobación del financiamiento del proyecto y en las actividades de implementación?

DECISIONES IMPORTANTES QUE DEBERAN TOMARSE EN ESTA ETAPA

- ¿Cómo y por quién se integrará la información sobre mitigación y riesgo al mandamiento del proyecto y la implementación de las actividades?

- ¿Qué instituciones son responsables de la actualización, control y disseminación de la información nueva y existente?

d. Implementación de las recomendaciones del estudio

La cuarta etapa del proceso de planificación para el desarrollo ayuda a implementar las propuestas al preparar los mecanismos institucionales, financieros y técnicos necesarios para la ejecución y operación exitosa. Los esfuerzos hechos para tomar en cuenta los peligros en las anteriores etapas, se perderán a menos que las medidas de mitigación sean puntualmente acatadas durante la ejecución del proyecto. La agencia de planificación o la agencia ejecutora deberá:

- Asegurar que los mecanismos adecuados para el manejo del peligro sean incluidos en todos los proyectos de inversión; tomar medidas para la fiscalización adecuada de la construcción para asegurar el cumplimiento a los reglamentos y fiscalización en tiempo real para asegurar el cumplimiento a largo plazo del diseño del proyecto.
- Asegurar que las organizaciones nacionales de manejo de desastres tengan acceso a la información generada por el estudio. Indicar las situaciones peligrosas para las cuales el estudio no propuso medidas de reducción de vulnerabilidad.
- Organizar la compilación continua de datos sobre peligros y la actualización de la información de las agencias de planificación y de preparativos para emergencias.
- Preparar legislación sobre códigos de zonificación y restricciones, normas de construcción y de taludes, y otros mecanismos legales que fueran necesarios. Incluir financiamiento adecuado para las medidas de mitigación de los peligros.
- Involucrar al sector privado en el programa de reducción de vulnerabilidad.
- Para los programas de reducción de vulnerabilidad a realizarse a nivel de comunidades, establecer programas nacionales de capacitación y percepción del peligro para los residentes en pueblos y aldeas, (ésta es una de las características de los programas de asistencia técnica de la OEA en Santa Lucía y Grenada).
- Generar amplio apoyo político a través de los medios de comunicación, programas de capacitación, y contactos con las organizaciones en comunidades. Usar los productos de los estudios (fotos, mapas, gráficos, etc.) para una comunicación masiva. Utilizar personal que ha participado en los estudios, en reuniones públicas que promuevan el concepto de la reducción de la vulnerabilidad.
- Acelerar la implementación de proyectos que incluyen consideraciones de mitigación de peligro; si ocurrieran recortes presupuestales, reducir el número de proyectos en vez de eliminar los componentes de mitigación del peligro.

3. Ventajas de la planificación para el desarrollo integrado en el manejo de los peligros

Aún cuando en América Latina y el Caribe la planificación para el desarrollo integrado y el manejo del peligro son generalmente tratados como procesos paralelos, que poco tienen que ver uno con el otro, está claro que deberían operar en coordinación más efectivas ya que sus metas son las mismas - la protección de la inversión y el mejoramiento del bienestar humano - y también las mismas unidades espaciales. Algunas de las ventajas de esta coordinación son las siguientes:

- Hay una mayor posibilidad que las medidas de reducción de vulnerabilidad sean implementadas si son parte de un conjunto de proyectos para el desarrollo. La posibilidad aumenta si son parte de proyectos específicos para el desarrollo y no proyectos aislados para la mitigación de desastres. Aún más, la inclusión de componentes de reducción de vulnerabilidad en un proyecto para el desarrollo puede mejorar el costo-beneficio del proyecto en su totalidad, si es que se incorpora consideraciones de riesgo en la evaluación. Un ejemplo dramático es el estudio del caso sobre la reducción de vulnerabilidad para el sector energía en Costa Rica.
- Las actividades conjuntas llevarán a una generación y uso de datos más eficiente. Por ejemplo, los sistemas de información geográfica creados para propósitos de manejo de peligros, pueden servir a los requisitos más generales de la planificación.
- La reducción de vulnerabilidad, cuando forma parte de la formulación original del proyecto, tiene menor costo que cuando se incorpora después como una modificación del proyecto, o como una "adición", en respuesta a un "análisis del impacto del peligros". Es aún más costoso cuando es tratado como un "proyecto de peligros" separado, independiente del proyecto original para el desarrollo, debido a la duplicación de personal, información y equipos.
- El intercambio de información entre las agencias de planificación y las de preparativos para la emergencia, fortalece el trabajo de las primeras y alerta a las segundas respecto a los elementos cuya vulnerabilidad no será reducida por las actividades de desarrollo propuestas. Por ejemplo, en el estudio de vulnerabilidad del sector turismo a peligros naturales en Jamaica, se propusieron soluciones para la mayoría de los problemas identificados, pero no se encontraron soluciones viables económicas para otros. Tanto la industria como la agencia nacional de preparativos de emergencia fueron así alertados.
- Con su amplia visión de los requerimientos de datos y la disponibilidad correspondiente, la comunidad de planificadores puede ayudar a establecer la agenda de investigación para la comunidad científica y de ingeniería. Por ejemplo, cuando un equipo de planificación determina que un volcán con una periodicidad de corto plazo y ubicado cerca de un centro poblacional no está siendo monitoreado, puede recomendar un cambio de prioridades a la agencia responsable.
- Al incorporar la reducción de vulnerabilidad en los proyectos de desarrollo, se inserta una elasticidad para aquel segmento de la población menos capaz de demandar la reducción de la vulnerabilidad como actividad independiente. Un ejemplo claro de esta situación fueron los componentes de mitigación de deslizamientos de tierra en el estudio del área metropolitana de Tegucigalpa: los principales beneficiarios fueron las miles de personas pobre que viven en las áreas más expuestas al peligro.

D. Manejo de los peligros en sectores económicos seleccionados

-
- [1. Energía en Costa Rica](#)
 - [2. Turismo en Jamaica](#)
 - [3. Agricultura en el Ecuador](#)
 - [4. Estrategias derivadas de estudios de caso](#)
-

Los administradores de las agencias sectoriales públicas y privadas sectoriales comparten una inquietud sobre la vulnerabilidad de sus sectores a eventos peligrosos: ¿Qué peligros amenazan a cuáles servicios? ¿Cuáles son los eslabones débiles? ¿Cuánto

daño podría producirse? ¿Cómo afectará el daño a la inversión sectorial, el ingreso, el empleo y las ganancias de divisas? ¿Cuál es el impacto de perder un servicio en la ciudad durante días? ¿Qué inversión en la mitigación solucionará este problema? ¿Cuál es el costo-beneficio de esa inversión?. En la experiencia de la OEA los sectores que más pueden beneficiarse de las evaluaciones de vulnerabilidad son energía, transporte, turismo y agricultura dado que esos sectores son típicos ejemplos de los problemas de impacto de desastre que sufren los países en desarrollo.

A continuación se presentan estudios de caso de evaluaciones para el sector energía, el sector turismo y el sector agrícola. La sección termina con algunas estrategias para llevar a cabo evaluaciones en determinados sectores económicos.

1. Energía en Costa Rica

En 1989 el Consejo Directivo Sectorial de la Energía en Costa Rica solicitó asistencia a la OEA para analizar la vulnerabilidad del sector energía a los peligros naturales. Para comenzar, el estudio definió la naturaleza de los posibles impactos. Esto incluyó:

- Pérdidas de infraestructura; pérdidas asociadas de inversión.
- Pérdidas de ingresos del sector por pérdida de venta de energía
- Efectos sobre la producción en bienes y servicios; pérdidas asociadas de ingresos por empleo.
- Pérdida de divisas extranjeras.
- Impacto negativo sobre la calidad de vida.

Era claro que el estudio tendría que cubrir no sólo a los subsectores de energía, sino también a los sectores económicos y de servicios que podrían afectar la disponibilidad de energía, o ser afectados por ella. Así pues, incluyó al sistema de energía eléctrica, al sistema de hidrocarburos, los ferrocarriles, las carreteras, las telecomunicaciones, el acueducto metropolitano y los principales sectores económicos de la producción. La información existente fue analizada en relación con terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra, huracanes, inundaciones, sequías y erosión.

Para evaluar la vulnerabilidad de cada instalación, el estudio utilizó dos métodos de manera simultánea: uno fue el examen de campo y, el otro, la preparación de un sistema de información geográfica (SIG) que puede sobreponer cada peligro en cada sistema de energía y de servicios.

Figura 1-5: COSTA RICA: VULNERABILIDAD DEL SECTOR ENERGIA A PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS

Fuente: Adaptado del Departamento de Desarrollo Regional/Organización de los Estados Americanos (OEA), y de la Dirección Sectorial de Energía/Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas de Costa Rica (MIRENEM). Amenazas Naturales y la Infraestructura Energética de Costa Rica (San José, Costa Rica: Informe no publicado, 1989).

Figura 1-6

NUMERO DE IMPACTOS IMPORTANTES CONFIRMADOS DE PELIGROS NATURALES SOBRE INSTALACIONES DE ENERGIA EN COSTA RICA

	Subsector de Energía Eléctrica				Subsector de Gas y Petróleo ^a		Sector de Transporte	
	Plantes Hidroeléctricas	Plantes Térmicas	Líneas de Transmisión	Subestaciones	Refinería	Oleoductos	Ferrocarriles	Carreteras
Terremotos	-	-	-	15	-	1	-	3
Deslizamientos ^b	-	-	15	8	-	4	6	15
Huracanes								
Inundaciones	-	1	4	4	-	-	4	-
Vientos	-	-	4	2	1	-	4	-
Desbordamiento de ríos	1	1	4	2	-	-	7	1
Erosión	-	-	-	-	-	-	2	-

^a Ningún impacto importante confirmado en puerto o subestaciones

^b Causado por terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, huracanes

Fuente: Adaptado del Departamento de Desarrollo Regional/Organización de los Estados Americanos (OEA) y Dirección Sectorial de Energía/Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas de Costa Rica (MIRENEM). Amenazas Naturales y la Infraestructura Energética de Costa Rica (San José, Costa Rica: informe no publicado, 1989).

La Figura 1-5 muestra uno de los sistemas SIG de superposición: los deslizamientos amenazan la línea de transmisión. Las matrices preparadas para mostrar los impactos fueron clasificadas como sigue:

- Sin impacto
- Peligro potencial, mayor o menor
- Peligro confirmado, mayor o menor

Un rápido examen de los peligros mostró la presencia de varios problemas serios. Los impactos mayores confirmados, causados por cada peligro en cada sector, se encuentran en la Figura 1-6. Los problemas más importantes se estudiaron en mayor detalle y se recomendaron acciones para su solución. A continuación, algunos ejemplos:

- El peor evento habría sido un fuerte terremoto o una erupción volcánica que causara daños en la presa del Arenal o que dañara las plantas hidroeléctricas del Arenal y Coribici dejándolas fuera de servicio y cortando la mitad del suministro de energía hidroeléctrica del país.

La probabilidad de tal evento es baja, pero la magnitud de la catástrofe es tan grande que merece ser tomada en consideración para la planificación. El informe recomendó planes de contingencia para generar energía en casos de emergencia y el establecimiento de nuevas plantas de energía que estuvieran fuera del sistema del Arenal.

- Dos subestaciones críticas y dos líneas de transmisión estaban amenazadas por terremotos, deslizamientos, erupciones volcánicas, inundaciones y tempestades severas de vientos. Estos peligros múltiples permitían que la probabilidad de su ocurrencia se considerara moderada, y la pérdida de cualquiera de esos cuatro componentes cortarían el suministro de energía del sistema del Arenal a la región central. El informe recomendó la construcción de una línea de transmisión alterna que eliminaría la necesidad de la instalación actual.
- Los deslizamientos dañan periódicamente un segmento del ferrocarril que lleva los derivados de petróleo pesado desde la refinería, sobre la Costa Atlántica, hasta una subestación crítica en San José. Si la subestación quedara inoperativa durante largo tiempo se produciría una catástrofe mayor para la región, pero hacer un nuevo trazo para el ferrocarril hubiera sido demasiado costoso; por lo tanto, el informe recomendó equipar un puerto en la costa occidental con lo necesario para recibir y despachar el abastecimiento alternativo que podría ser trasladado por camión a San José.

El Gobierno encontró válidas las recomendaciones y ahora está buscando financiamiento para los estudios de factibilidad de las más importantes. Vale la pena notar que tantos problemas, tan serios, pudieron ser identificados en un estudio de tres meses y, aún más importante, que muchos de ellos podían ser mitigados con inversiones relativamente modestas.

2. Turismo en Jamaica

La situación geográfica y climática del Caribe y la localización de proyectos de turismo cerca de las playas son una combinación para que el turismo en el Caribe sea especialmente vulnerable al impacto de los desastres naturales. En los países isla los huracanes son el peligro más grave, pero las inundaciones terrestres, los deslizamientos, los terremotos y los incendios también cobran víctimas.

Los daños directos causados por el Huracán Gilbert a la propiedad y equipamiento de la industria del turismo sumaron a unos \$85 millones de dólares. El daño indirecto fue mucho mayor. Tan sólo en moneda extranjera el costo de setiembre a diciembre de 1988 fue de \$90 millones de dólares -una pérdida particularmente penosa dado que las divisas extranjeras eran necesarias para financiar programas de recuperación. El cierre temporal de hoteles para su reparación significó un menor número de visitantes a la isla, causando otros efectos indirectos tales como la pérdida de ingresos para la línea aérea nacional y una reducción de empleos y en la adquisición de bienes y servicios locales.

La vulnerabilidad de la industria del turismo no está limitada a su propio capital, como fue demostrado por la experiencia en Jamaica. Los daños a los caminos, servicios públicos, aeropuertos, puertos y centros comerciales, también afectaron a la industria. Conciente de la necesidad de minimizar el daño por causa de eventos futuros, el Gobierno de Jamaica solicitó la

cooperación técnica de la OEA para preparar una evaluación de la vulnerabilidad del sector turismo a los peligros naturales y las recomendaciones de acciones de mitigación.

La evaluación demostró que gran parte del daño a la infraestructura del turismo, así como a otras construcciones, se debió a una falta de atención sobre los detalles de construcción y mantenimiento, especialmente en lo concerniente al techado. Las planchas de los techos estaban defectuosamente amarradas entre sí. También eran inadecuados los amarres de las estructuras del techo. Las cabezas de los clavos se habían oxidado. La resistencia de las vigas de madera estaba reducida por las termitas y la resistencia del metal por la corrosión. Gran parte de los vidrios fueron innecesariamente rotos debido a una mala instalación y un pobre criterio de diseño, pero también porque las ventanas no estaban protegidas contra objetos voladores. Los desagües o drenes estaban atorados con diferentes tipos de basura y causaban una descarga excesiva en superficie, dando lugar a erosión y a desgaste alrededor de los edificios. La escasez de agua local se produjo debido a la falta de generadores de emergencia, con lo que se hizo imposible el bombeo. Aunque las prácticas erradas de construcción y deficiencias en el mantenimiento estuvieron entre las principales causas del daño producido, son fáciles de corregir: se calculó que con la debida atención a estos detalles se hubiera aumentado el costo de la construcción original en menos del 1 %.

También fueron identificadas las medidas de mitigación a largo plazo. El estudio recomendó la protección de la vegetación en las playas, dunas de arena, manglares y arrecifes de coral, todo lo cual ayuda a proteger al terreno de las olas y de la acción del viento. Las nuevas ubicaciones para las construcciones deben de ser evaluadas por su susceptibilidad a los peligros. Será obligatorio mantener cierta distancia desde la orilla para las construcciones, y la calidad de la descarga de los desagües debe de ser mantenida para proteger las formaciones de corales vivos.

En resumen, el estudio preliminar llevado a cabo en un mes, identificó un número de posibles acciones que reducirían de manera sustancial el impacto futuro de huracanes y otros peligros naturales. El análisis preliminar indicó que muchas de estas acciones tendrían un alto rendimiento costo-beneficio. Posteriormente, Jamaica solicitó al BID el financiamiento para llevar a cabo los estudios de factibilidad de estas propuestas y para su implementación. El objetivo final de este proyecto es lograr que el sector turismo logre una "estrategia y programa práctico y efectivo para la reducción de pérdidas en respuesta a los riesgos presentados por los desastres naturales a la industria".

3. Agricultura en el Ecuador

En el Ecuador, como en la mayoría de los países Latinoamericanos y del Caribe, la agricultura es una de las fuentes más importantes de ingresos, empleo, inversiones y de moneda extranjera. Posiblemente, sin embargo, es el sector más vulnerable y el menos protegido en términos de infraestructura y apoyo institucional para enfrentar peligros naturales. Por ejemplo, cuando las inundaciones causadas por el fenómeno El Niño en 1982-83, se produjeron daños por US\$ 32 millones de los cuales, 40% ocurrió en el sector agrícola. Además de generar presiones inflacionarias sobre los precios domésticos, el desastre tuvo un impacto significativo sobre la balanza de pagos debido a la pérdida de productos de exportación y a la necesidad de importar productos básicos alimenticios para compensar las pérdidas de producción para uso doméstico (ECLAC, 1983).

En 1990, el Ministerio de Agricultura solicitó asistencia a la OEA para evaluar la vulnerabilidad del sector agrícola a los peligros naturales y para identificar estrategias de mitigación apropiadas con el fin de reducir la vulnerabilidad a niveles aceptables. Estas estrategias serían identificadas como ideas o perfiles de proyecto, algunas de ellas serían seleccionadas por funcionarios locales para mayor estudio y luego evaluadas para determinar su viabilidad económica y técnica.

El estudio, realizado a nivel nacional, comenzó identificando 14 de los cultivos más importantes, agrupados en tres categorías: cultivos de alimentos básicos, cultivos estratégicos y cultivos para la exportación. También fueron definidos y geográficamente localizados los elementos claves de apoyo a la infraestructura para la producción, el procesamiento, almacenamiento, transporte y distribución de productos agrícolas. Esta información fue sobrepuesta en el sistema de información geográfico (SIG; ver Capítulo 5) a la información sobre sequías, erosión, inundaciones, deslizamientos, erupciones volcánicas y peligros sísmicos.

Relacionando los datos socio-económicos a nivel de provincias con las áreas potencialmente afectadas, el estudio pudo determinar los impactos de los eventos naturales en términos de ingreso sectorial, empleo, inversiones, ingreso de moneda extranjera, y seguridad de alimentación nacional. En base a estos criterios se seleccionó como las más críticas, 49 situaciones diferentes. Se encontró, por ejemplo, que los peligros de erosión en la Provincia Carchi afectarían en el mediano o largo plazo a 11.750 Has de la zona donde se cultiva la papa, lo que representaba más del 43% de la producción nacional y un 40% y 80%, respectivamente, del empleo y de los ingresos producidos en la provincia por el sector.

De acuerdo con cada uno de los cinco criterios, fueron identificados los problemas más serios y se determinaron las opciones

de política que brindarían los mejores resultados. Se estableció, por ejemplo, que las políticas orientadas a evitar el desempleo deberían lograr la mitigación de los peligros de inundación en la Provincia de Guayas y los de erosión en la Provincia de Tungurahua. Para proteger los ingresos en moneda extranjera, las acciones más efectivas serían proteger la producción de bananas contra los peligros de sequías en la Provincia El Oro y mitigar los peligros de inundaciones en la Provincia del Guayas, especialmente en las áreas dedicadas a la producción de café y bananas.

Como parte del estudio, también se establecieron posibles estrategias de mitigación y se identificaron a ciertos programas y proyectos en etapa de planificación o en ejecución, bien en el Ministerio de Agricultura o en otras instituciones, como adecuados para llevar a cabo algunas de estas estrategias de mitigación, así como estudios más detallados. El informe describiendo los principales resultados y recomendaciones fue preparado y presentado al Gobierno para su revisión. En base a estas recomendaciones, el Gobierno preparó una propuesta de cooperación técnica de US \$317.000, para sus actividades de mitigación y será presentada a las agencias externas para su financiamiento.

4. Estrategias derivadas de estudios de caso

Las siguientes observaciones son comunes para muchos sectores. Por supuesto, se aplican muchas estrategias adicionales a estudios de sectores individuales.

Los sectores son unidades de análisis útiles para examinar los aspectos de evaluación de peligro y reducción de vulnerabilidad. Los sectores están sujetos a programas reconocibles y legítimos. Los bancos otorgan préstamos a los sectores. Un enfoque sectorial encaja con la estructura organizacional tanto de las agencias internacionales financieras como de los gobiernos nacionales. El conocimiento y la experiencia de la mayoría de los profesionales técnicos se ha logrado en el contexto de un enfoque sectorial. La información para el diagnóstico para el desarrollo (Fase I de un estudio de planificación para el desarrollo integrado) es compilada y analizada en términos sectoriales. Los estudios sectoriales no necesitan estar limitados a los sectores económicos: los sectores urbanos, rurales y de los pobres también constituyen unidades válidas de estudio.

Las medidas de reducción de vulnerabilidad pueden ser costo-efectivas, sea para proyectos independientes o, más comúnmente, como elementos que son parte de programas generales de desarrollo sectorial. La relación costo-beneficio de los proyectos de inversión puede mejorar incluyendo tales medidas.

Los estudios sectoriales de vulnerabilidad son un nuevo elemento que puede ser considerado para su inclusión en estudios de diagnóstico para el desarrollo (Fase I). Los estudios iniciales a nivel nacional permiten una rápida y poco costosa evaluación de políticas y proyectos, a nivel de perfil, que pueden ser examinadas con mayor detalle posteriormente. Los estudios sectoriales revelan la vinculación entre desastres y desarrollo, antes no reconocida. Con frecuencia, un sector no es conciente de su propio rol en relación con un servicio vital o con una red de instalaciones críticas. En muchos casos no se cuenta con una estrategia para manejar situaciones anormales que resultan de cualquier evento exógeno. Las interrelaciones complejas entre elementos de ciertos sectores hacen difícil el manejo del impacto de un evento natural. Eso es particularmente cierto cuando el sector está más preocupado con determinados componentes tales como la producción o (a generación de energía, que con otros tales como transmisión, distribución y almacenamiento. Aún más, los sectores generalmente no tienen un entendimiento adecuado de! efecto que puede tener un corte de servicio sobre otros sectores.

Un sector podría tener que elegir entre objetivos que compiten entre sí para llegar a una estrategia de reducción de vulnerabilidad. Los criterios que definen estos objetivos incluyen la inversión en el sector, el flujo de ingresos, las ganancias por exportaciones, empleo y seguridad sectorial. El costo de un componente puede ser desproporcionado respecto al impacto de su pérdida, si se mide con alguno de estos criterios.

E. Implementando las recomendaciones: Estrategias para las agencias de asistencia para el desarrollo¹

¹ Esta sección ha sido en gran parte extraída de un documento anterior de la OEA "Incorporating Natural Hazards Assessment and Mitigation into Project Preparation", publicado por el Comité de Instituciones para el Desarrollo Internacional sobre el Medio Ambiente (CIDIE) en 1989.

[1. Agencias de cooperación técnica](#)

2. Convenciendo a las agencias financieras

Las diferentes categorías de agencias de asistencia para el desarrollo (agencias de cooperación técnicas, agencias bilaterales y multilaterales financieras) tienen cada cual un rol potencial en apoyar la evaluación y mitigación de los desastres naturales. Las agencias de cooperación técnica, tales como la OEA, apoyan el fortalecimiento de las instituciones, la investigación, la planificación y la formulación de proyectos según sea solicitado. Su impacto financiero y su influencia política o técnica son limitados, pero sí es importante su contribución a la evaluación y mitigación de los peligros naturales en la planificación regional y sectorial, así como en la identificación de proyectos y estudios de prefactibilidad.

Las agencias bilaterales tales como la AID, CIDA y los miembros del Comité de Asistencia para el Desarrollo de la OECD, habilitan fondos para proyectos así como para cooperación técnica. La mayor parte de los fondos bilaterales son concesionales, y el retomo financiero es menos importante para estas agencias que para los bancos de desarrollo. Ellas pueden ejercer considerable influencia sobre los proyectos que financian.

Los bancos de desarrollo multilaterales, principalmente el Banco Mundial y los bancos regionales de desarrollo, financian proyectos de desarrollo pero también están cada vez más involucrados en políticas sectoriales, fortalecimiento de instituciones, préstamos para programas, y ajustes estructurales. Los factores dominantes que influyen en los programas de préstamo son la solidez financiera y económica de la inversión y la credibilidad crediticia de las instituciones solicitantes. Dentro de estos parámetros, pueden tener influencia significativa sobre aspectos de mitigación de peligro.

Las condiciones para atraer atención nacional e internacional a temas de mitigación de desastre pueden señalarse como sigue:

- Cuanto más desarrolladas sean las instituciones y los procesos de planificación en un país, más fácilmente podrán adoptarse las evaluaciones de peligros naturales y los aspectos de mitigación.
- Cuanto más experiencia haya logrado un país en la evaluación de peligros y mitigación de peligros específicos, lo que a menudo ocurre luego de un gran desastre, será más probable que solicite asistencia para continuar tales evaluaciones.
- Cuanto más información científica, de ingeniería y aquella relacionada con la prevención esté disponible para los países y para los donantes, más fácil será aplicar a programas y proyectos individuales, la evaluación de peligros naturales y mitigación.
- Cuanto más experiencia tengan los gobiernos y donantes respecto a los tipos de medidas de mitigación más costo-efectivas y realizables, menos renuentes estarán a incluir tales medidas en los proyectos.
- Cuanto más experiencia y confianza exista en la evaluación de medidas de mitigación, en los diferentes niveles de toma de decisión del ciclo del proyecto, más probable será que el personal nacional, y el de las agencias de asistencia, esté preparado para llevar a cabo el análisis.

1. Agencias de cooperación técnica

Para las agencias de cooperación técnica tales como la OEA las actividades que deberían ser incluidas en una estrategia para promover la evaluación de peligros naturales y la mitigación son:

- **Apoyo a las instituciones nacionales de planificación.** A no ser que tengan la capacidad institucional para incorporar información de peligros naturales al proceso de planificación sobre una base intersectorial, los gobiernos probablemente no mostrarán ningún entusiasmo en considerar los proyectos de inversión individuales desde esta perspectiva.
- **Apoyo a proyectos piloto.** Iniciando las evaluaciones de peligros naturales sobre la base de proyectos piloto, es posible demostrar cómo hacerlo y que medidas de mitigación pueden ser propuestas. Esto generará una demanda adicional cuando los gobiernos soliciten financiamiento para los proyectos a los donantes.
- **Apoyo para establecer una base de información.** Una vez que esté disponible la información necesaria para la evaluación de peligros naturales, sus implicaciones sobre los proyectos individuales de inversión son difíciles de ignorar.
- **Vínculos con los esfuerzos de socorro y de reconstrucción.** Durante el período inmediato siguiente a los desastres, es más fácil que en cualquier otro momento, interesar a los gobiernos y las agencias de asistencia para

el desarrollo en la evaluación y mitigación de peligros naturales.

- **Evaluación de peligros en el sector planificación.** Introduciendo la evaluación de peligros naturales en la planificación de los sectores agrícola, energía, vivienda, turismo, transporte y otros, deberá ser posible concitar la atención sobre los peligros en relación con diversos tipos de proyectos, antes de que se identifiquen inversiones específicas.

- **La inclusión de aspectos financieros y económicos de los peligros en los métodos de preparación de proyectos.** Estimar el beneficio de evitar pérdidas directas por causa de los peligros naturales y los costos de medidas apropiadas no estructurales de mitigación, hará más fácil examinar su verdadera importancia en proyectos individuales de inversión. La percepción de las pérdidas de inversión y de los costos de reparación que corresponderían a los gobiernos y al sector privado, así como la distribución de estos costos y daños, probablemente ha de aumentar la sensibilidad de todos los que están involucrados en este aspecto.

- **Estudios de caso de principios de diseño de proyectos o componentes dirigidos a la mitigación de peligros naturales.** Los ejemplos de experiencias relevantes -responsabilidades y esquemas de seguro de inversiones, derechos de propiedad diseñados para crear incentivos para la mitigación de peligros, subsidios para medidas de mitigación, responsabilidad institucional para coordinar la ayuda de socorro en caso de desastres, con la evaluación de los peligros y la mitigación, etc.- demostrará como las actividades de financiamiento pueden ser más receptivas al tema de los peligros naturales.

La OEA ha iniciado programas en todas estas áreas de actividad a través de la cooperación técnica directa, la capacitación, investigación aplicada y participación en conferencias internacionales y talleres. Pero la necesidad de tales actividades es mucho mayor que lo que se puede lograr con los actuales recursos. Las agencias financieras también deberán estar más involucradas.

2. Convenciendo a las agencias financieras

Una estrategia para promover la evaluación de los peligros naturales y la mitigación, también deberá encontrar la forma de inducir la cooperación de las agencias que en realidad financian los proyectos de inversión. **Hay tres elementos que pueden conducir a esa persuasión: (1) un cambio en el contexto en el cual los donantes perciben que los gobiernos y las agencias que colaboran en la cooperación técnica consideran la evaluación de los peligros naturales y la mitigación; (2) incentivos para el análisis; y (3) la asignación de responsabilidad contable por las pérdidas.**

a. Un cambio en contexto

Cambiar el contexto en el cual las agencias financieras y los donantes perciben que se está llevando a cabo la evaluación de los peligros naturales y la mitigación, abarca la mayor parte de las actividades que la OEA ya está promocionando: ayuda a los gobiernos en la planificación regional, evaluaciones piloto de peligros naturales, asistencia para sistemas de información, mejora de la calidad en la identificación de proyecto, y construcción e inserción de medidas de mitigación apropiadas en las actividades de pre-inversión. Un mayor desarrollo de estas actividades sugiere tres preguntas estratégicas: ¿Qué se puede hacer que es más costo-efectivo en términos de mejorar tanto el compromiso como la capacidad técnica e institucional para la evaluación de peligros en un país determinado? ¿Qué resultados se pueden generar para atraer a los donantes y, por lo tanto, para cerrar la brecha entre evaluación de peligros y preparación de proyecto? ¿Qué mecanismos cooperativos pueden ser desarrollados entre la asistencia técnica y las agencias donantes, que propiciarán a alcanzar las primeras dos metas?.

En respuesta a la primera pregunta parece necesario la implementación de las siguientes ideas:

- **Enfocar los peligros prioritarios.** Se deben concentrar los esfuerzos en la evaluación de peligros que son suficientemente urgentes como para generar la cooperación necesaria. Se deberán hacer concesiones entre la necesidad de información específica y los intereses más generales de la investigación.

- **Enfocar los sectores prioritarios.** Las pérdidas en algunos sectores probablemente tendrán mayor significado inmediato para los gobiernos y los intereses económicos que en otros, y parece prudente tratar de generar apoyo institucional para llamar la atención hacia estos.

- **Seleccionar sistemas sencillos y prácticos de compilación y análisis de información.** El costo de la compilación de datos y su manejo, frecuentemente consume toda la capacidad y recursos disponibles, tanto técnicos como institucionales, no quedando nada para la toma e implementación de decisiones. Los sistemas de información

deberán reflejar prioridades reales para los peligros y las actividades de desarrollo que son afectadas.

En lo que se refiere a la segunda pregunta, las siguientes guías deberán usarse:

- **Una identificación temprana e integración de los temas de mitigación.** Las medidas de mitigación que han sido incorporadas a proyectos, desde las etapas más tempranas de preparación, son las que probablemente mentarán un análisis adecuado.
- **Soluciones prácticas y costo-efectivas de problemas recurrentes.** Para ciertos tipos de proyectos tales soluciones son menos probables a ser rechazadas si se puede demostrar que son comunes las situaciones a las cuales son aplicables.
- **Compromiso a la implementación.** Es mayor la confianza en la mitigación de peligros si los gobiernos parecen comprometerse a llevarla a cabo.

En cuanto a la tercera pregunta, se presentan las siguientes ideas:

- **Combinación de recursos.** Las agencias donantes y de asistencia técnica deberán facilitar personal profesional para misiones conjuntas, en las diversas etapas del ciclo del proyecto.
- **Intercambio de experiencias.** Los representantes de la agencia de asistencia técnica deberán presentar periódicamente estudios de casos y otros materiales de entrenamiento para el diseño y la implementación de técnicas de evaluación de peligros naturales y de mitigación, en la formulación de proyectos, tomadas de experiencia real de campo. A su vez, a medida que mejora su capacidad en esta área, el personal de las agencias donantes deberá presentar sus políticas, programas y criterios de evaluación del proyecto.
- **Apoyo institucional del gobierno.** La evaluación de peligros naturales y mitigación deben estar incluidos de manera rutinaria en el desarrollo del personal y programas de capacitación conjuntamente con actividades de formulación de proyectos.

b. Incentivos para el análisis

El personal de proyectos de una agencia financiera para el desarrollo se resistirá a cualquier requerimiento para incorporar los peligros naturales en la preparación y análisis del proyecto, a no ser que encaje en los mecanismos de análisis existentes y los métodos de evaluación. Existen varias formas de promocionar esta consistencia:

- **Proporcionar información reusable.** Las agencias deberán adoptar pautas para alertar a su personal sobre peligros específicos o darles ejemplos de medidas apropiadas de mitigación y los requerimientos de su implementación. Este método depende del establecimiento de mecanismos para asegurar que se acaten estas pautas de manera rutinaria.
- **Integrar los aspectos de peligro a los mecanismos existentes de revisión, tales como misiones de programación, informes de identificación de proyecto, misiones de reconocimiento, y evaluaciones del proyecto.** Los peligros inevitablemente serán uno de los muchos factores que tendrán que ser considerados, y existe el riesgo de que sean dejados de lado si no son parte del formato universal.
- **Promover medidas comprobadas de mitigación en relación con tipos específicos de proyectos.** Normas de diseño, esquemas de seguro, diversificación de cultivos, factibilidad de cultivos o diseños resistentes a peligros, son ejemplos. El personal del proyecto probablemente tendrá más entusiasmo en relación con oportunidades positivas del proyecto que respecto a mecanismos de revisión.
- **Incorporarlos costos y beneficios de la mitigación de peligros a la valuación económica.** Esto tiene sentido en tanto que las decisiones se tomen en base a los beneficios económicos, que la información sobre la cual se deben basar los cálculos económicos esté disponible, y que el análisis esté orientado hacia mejorar el diseño del proyecto. Es difícil generar apoyo para una nueva actividad a no ser que pueda ser justificada en base a beneficios financieros y económicos. Desde este punto de vista, es una ventaja demostrar que la mitigación de los peligros puede ahorrar costos financieros y económicos en un marco convencional de costos-beneficios.
- **Sensibilizar a los miembros del personal del proyecto.** Esto es especialmente importante para el personal responsable de proyectos en regiones expuestas a peligros y para los consejeros sectoriales responsables de sectores que son sensibles a los peligros. La capacitación, la cooperación y la publicidad pueden contribuir a que el personal del proyecto tome conciencia del problema. Probablemente esto, más que cualquier otro factor, puede

contrarrestar la resistencia institucional y financiera a las evaluaciones de peligro y la mitigación por parte tanto de gobiernos como de las agencias de financiamiento para el desarrollo.

c. Asignación de responsabilidad contable por pérdidas

La preocupación de las agencias financieras para el desarrollo sobre la evaluación de peligros naturales y la mitigación depende del grado al cual los proyectos que ellos ayudan a planear o financiar, sufran pérdidas por causa de los desastres naturales. Hay muchas maneras de asignar responsabilidad contable:

- Evaluar las pérdidas causadas por peligros naturales no sólo en el contexto del grado de merecimientos crediticios del gobierno o de un sector en particular, sino también en relación con el área de programas del donante y diseño de proyecto, y su rendimiento en relación con el cumplimiento de sus obligaciones de pago.
- Estudio, discusión, y publicación de evaluaciones en los casos de pérdidas resultantes en proyectos que no consideraron o evaluaron medidas de mitigación de peligro.
- Promover normas profesionales por parte de ingenieros, agrónomos, y otros responsables de la planificación y ejecución de proyectos de desarrollo, que incluyan la evaluación de los peligros naturales y su mitigación.

Referencias

Bolt, B.A. Earthquakes (New York: W.H. Freeman and Company. 1988).

Burton, I., Kates, R.W. and White, G.F. The Environment Hazard (New York: Oxford University Press. 1978).

ECLAC. Ecuador: Evaluation of the Effects of the 1982/83 Floods on Economic and Social Development (New York: ECLAC, 1983).

Hays, W.W. (ed.) Facing Geologic and Hydrologic Hazards. Earth-Science Considerations, Professional Paper 1240-B (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey. 1981).

King, J. "In the Wake of the Quake" *In* Planning, December 1989 (Chicago, Illinois: APA, 1989).

Natsios, A.S. "Disaster Mitigation and Economic Incentive" *In* Colloquium on the Environment and Natural Disaster Management (Washington, D.C.: The World Bank, 1990).

Petak, W.J., and Atkisson, A.A. Natural Hazard Risk Assessment and Public Policy: Anticipating the Unexpected (New York: Springer-Verlag, 1982).





Capítulo 2. Reducción del riesgo de peligros naturales en la formulación y evaluación de proyectos

[A. Los peligros naturales en perspectiva](#)

[B. Conceptos básicos: Peligros naturales y proyectos de inversión](#)

[C. El uso de información de peligros naturales en la preparación de proyectos de inversión](#)

[D. Incorporación de los peligros naturales en la planificación y en la toma de decisiones en el sector público](#)

[E. Principios de análisis económico](#)

[F. Incorporación de los desastres naturales al análisis económico de los proyectos de inversión](#)

[G. Comentarios finales](#)

[Referencias](#)

RESUMEN

Este capítulo trata de los peligros naturales y de la preparación de proyectos de inversión en el ámbito del sector agrícola en América Latina y el Caribe. Incluye un resumen de conceptos, leyes y políticas, y de métodos seleccionados para la evaluación y formulación de proyectos, que pueden ser usados para incorporar la información sobre peligros naturales en la preparación de proyectos de inversión.

Un análisis de los proyectos de inversión existentes en América Latina y el Caribe indica que los que corresponden al sector agrícola generalmente se llevan a cabo con poca o ninguna consideración respecto a los peligros naturales. Los peligros afectan a los proyectos de agricultura más que los de cualquier otro sector. Considerando que será necesario hacer inversiones de aproximadamente US\$ 670 billones de dólares en el sector agrícola entre 1980 y el año 2000 (FAO, 1981), hay una gran necesidad de mejorar el conocimiento de los peligros naturales, así como su evaluación y su manejo.

Una combinación de condiciones geográficas, ubicación geográfica y capacidad limitada para la evaluación de los peligros naturales y la mitigación de desastres, hace a los países del Tercer Mundo más susceptibles a los desastres que los países post-industrializados. Aún más, el sector agricultura en los países del Tercer Mundo, es frecuentemente el sector más vulnerable y el que menos capacidad tiene para enfrentar a los peligros naturales en términos de infraestructura y de apoyo institucional.

En la siguiente discusión se dará mayor énfasis a la necesidad de aplicar los métodos descritos en la etapa de formulación de nuevos proyectos de inversión, antes que en la revisión de proyectos ya preparados.

A. Los peligros naturales en perspectiva

- [1. Los desastres históricos y las pérdidas en agricultura](#)
 - [2. Efectos de los desastres en la economía en su conjunto](#)
 - [3. Peligros naturales y temas de desarrollo](#)
-

1. Los desastres históricos y las pérdidas en agricultura

Los datos provenientes de una diversidad de fuentes indican que aproximadamente el 90% de todos los desastres naturales en el mundo ocurren en países en desarrollo (Long, 1978). Los recientes ejemplos en América Latina y el Caribe ilustran la magnitud del problema. Cuando los huracanes David y Frederick azotaron a la República Dominicana en 1979, causaron daños estimados en US\$ 342 millones al sector agricultura (UNDRO, 1980), destruyendo el 80% de los cultivos y el 100% de la cosecha de bananas. Como resultado, la producción agrícola cayó en un 26% en 1979 y continuó siendo 16% menor en 1980. La agricultura representa el 37% del producto doméstico bruto del país y el 40% del total de empleos (USAID/OFDA, 1982). En 1984, las peores inundaciones de Colombia en una década causaron unos US\$ 400 millones en pérdidas de cultivos y ganado, mientras que las inundaciones de 1982 y 1983 en el Ecuador disminuyeron el valor de la cosecha de bananas en US\$ 4,3 millones (UN/ECLA, 1983).

En resumen, desde 1960 hasta 1989 los desastres naturales causaron más de US\$ 54 billones de dólares en daños físicos a América Latina y el Caribe. Mientras que la información disponible respecto al monto de los fondos nacionales e internacionales destinados a la reconstrucción, en respuesta a cada desastre es limitada, la necesidad de reorientar fondos a trabajos post-desastre recortó la disponibilidad de fondos orientados a nuevas inversiones.

2. Efectos de los desastres en la economía en su conjunto

Además de los impactos indirectos sociales y económicos sobre una determinada región o sector, los desastres pueden afectar el empleo, la balanza comercial, la deuda externa, y la competencia por los escasos fondos para inversiones para el desarrollo. Se ha llegado a decir, aún, que "el efecto de los desastres naturales en los países en desarrollo propensos a desastres tiende a cancelar el crecimiento real en estos países" (Long, 1978).

La Figura 2-1 muestra, de manera sencilla, el impacto que pueden tener los desastres naturales en el sector agricultura, sobre la economía en su conjunto. Internamente, los productos de las granjas proporcionan alimento para la población urbana e insumos primarios para la industria. Externamente, son exportados y son una fuente de divisas. Las ganancias de los mercados internos y externos proporcionan capital para nuevas inversiones en la economía. Aún más, las operaciones del sector generan una importante demanda de productos de otros sectores (p.e. fertilizantes, equipos y maquinaria). Finalmente, el empleo en la agricultura también genera mayor demanda de bienes de consumo y servicios de los sectores urbanos. El crecimiento urbano y el éxodo rural son consideraciones importantes en el manejo de peligros naturales, pues una de sus consecuencias es una sobre-concentración en áreas periféricas urbanas y el aumento de la probabilidad de desastres en estas áreas, como resultado de inundaciones, deslizamientos de tierra,

terremotos y otros peligros.

Figura 2-1: IMPACTOS ECONOMICOS POTENCIALES DE LOS PELIGROS NATURALES EN EL SECTOR AGRICULTURA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

3. Peligros naturales y temas de desarrollo

No obstante el término "natural", un peligro natural tiene cierto elemento de participación humana. Un evento físico, tal como una erupción volcánica que no afecta a los seres humanos es un fenómeno natural que no se considera un peligro natural. Se considera como peligro natural cuando el fenómeno natural ocurre en una área poblada o con infraestructura que puede ser dañada. Un peligro natural que causa un número inaceptable de muertes y/o de daños a propiedades es un **desastre natural**. En áreas donde no existen intereses humanos, los fenómenos naturales no constituyen un peligro ni causan desastres. Esta definición es contraria a la percepción de los peligros naturales como un mal inevitable que ocurre debido a las fuerzas incontrolables de la naturaleza. Traslada el peso de la causa de los procesos puramente naturales a la presencia concurrente de actividades humanas y eventos naturales.

La Figura 2-2 ilustra esta proposición incorporando otro argumento a la discusión: la relación entre pérdidas humanas y económicas con la severidad de un evento y el grado de vulnerabilidad (o capacidad de supervivencia) de los intereses humanos y económicos.

La capacidad de supervivencia de los proyectos depende de muchos factores. Las pérdidas por causa de un evento severo pueden no ser peores o ser aún menores que los de un evento menos violento, si el primero ocurre en una área donde la población está adecuadamente preparada a responder y las estructuras físicas están diseñadas y construidas para resistir el impacto. Una de las principales diferencias entre pérdidas sufridas por los países industrializados y aquellas pérdidas en los menos desarrollados, es el grado hasta donde han sido considerados los peligros naturales y las medidas de mitigación en el proceso de planificación para el desarrollo.

Figura 2-2: EVENTOS DE PELIGROS NATURALES EN EL CONTEXTO DE LOS INTERESES HUMANOS Y ECONOMICOS

Los sistemas de planificación y los planificadores en los países en desarrollo no pueden ser totalmente responsables de lo inadecuado de la evaluación del peligro natural y de las medidas de mitigación implementadas (ver Capítulo 1). Son varias las razones para esto. Primero, gran parte del desarrollo está basado sobre escenarios existentes expuestos al peligro. Segundo, los planificadores dependen de la disponibilidad de información sobre peligros. Y finalmente, el proceso de planificación se da dentro de los parámetros existentes - económicos, políticos, sociales, tecnológicos y culturales - de una sociedad. La vulnerabilidad a los terremotos de la ciudad de México es un buen ejemplo. Esta enorme ciudad descansa sobre fundaciones geológicas precarias que se van deteriorando. No obstante una historia bien documentada de actividad sísmica, las limitaciones económicas y tecnológicas y los complejos elementos políticos, sociales, culturales y demográficos dificultan la introducción de medidas de mitigación no estructurales.

Por otro lado, los sistemas de planificación y los mismos planificadores son responsables de algunas limitaciones serias en los proyectos de inversión en áreas propensas a peligros. Los sistemas de irrigación, caminos, reservorios, presas y otras instalaciones de infraestructura son ejemplos primarios. En estos casos, donde el sistema de limitaciones y parámetros es menos complejo que en la planificación urbana,

los planificadores deberían poder incorporar más información y tener mayor control sobre la toma de decisiones. Pero aún cuando se disponga de suficiente información sobre el riesgo de un peligro, muchas veces se lleva a cabo proyectos sin un mínimo de medidas de mitigación. No es raro que una área periódicamente devastada por huracanes o terremotos sea reconstruida una y otra vez de la misma manera. Otros desastres ocurren de manera rutinaria, como consecuencia directa de la inapropiada intervención humana en áreas con ecosistemas anteriormente estables. El siguiente recuadro presenta los elementos más importantes para incorporar los peligros naturales en los proyectos de inversión en agricultura.

La capacidad de supervivencia depende de muchos factores, y la mitigación puede ser un factor significativo para minimizar los efectos de los desastres. Si bien los planificadores y los sistemas de planificación no son responsables de algunos de los problemas asociados con los peligros naturales, pueden ejercer influencia en corregir parte de sus defectos. La siguiente sección trata sobre el proceso de integrar la información de peligros naturales en la preparación de proyectos de inversión.

B. Conceptos básicos: Peligros naturales y proyectos de inversión

[1. Probabilidad](#)

[2. Riesgo](#)

[3. Aversión al riesgo](#)

[4. Valuación de riesgo](#)

[5. Manejo de riesgo](#)

[6. Proyecto de inversión](#)

Para facilitar el entendimiento de las siguientes secciones, a continuación se definen y se explican varios de los principales conceptos.

1. Probabilidad

La probabilidad se refiere al grado de certeza de ocurrencia de un evento en particular. Usualmente está basada en la frecuencia histórica. Por ejemplo, la probabilidad de un huracán en un año dado podría ser 0,1, o sea 10%, si los huracanes han ocurrido en dos de los últimos 20 años. Sin embargo, para el propósito de toma de decisiones, las probabilidades rara vez están basadas estrictamente sobre información histórica; generalmente son reajustadas tomando en consideración la información disponible en el momento, a lo cual se puede hacer referencia como probabilidad subjetiva. Por ejemplo, la observación de que hubieran ocurrido tempestades tropicales recientemente en otras partes del mundo, puede dar como resultado que se asigne una probabilidad subjetiva mayor a una tempestad local, en relación a lo que resultaría en base únicamente a frecuencias históricas.

2. Riesgo

El riesgo es generalmente definido como la probabilidad de pérdida. En términos económicos esto se refiere a una disminución del ingreso debido a pérdidas que resultan de un peligro natural. Nosotros usaremos la palabra con un significado más general, como referencia a la incertidumbre en las variables usadas para la planificación económica. Por ejemplo, al evaluar los beneficios y costos de un proyecto de irrigación, los precios y las cosechas de los cultivos agrícolas pueden fluctuar durante la vida del proyecto. Estas fluctuaciones pueden ser causadas tanto por eventos naturales, como también por las condiciones cambiantes del mercado y de los ciclos climáticos.

3. Aversión al riesgo

La aversión al riesgo se refiere a la actitud individual hacia el riesgo. La mayoría de las personas son contrarias al riesgo, es decir, están llanas a aceptar algún costo para evitar el riesgo. Pero hay un amplio espectro en los grados de aversión (Binswanger, 1980, y Young, 1979). En otras palabras, para evitar un nivel dado de riesgo, algunas personas pagarán más que otras.

4. Valuación de riesgo

La valuación es la cuantificación de un riesgo. Requiere determinar tanto las consecuencias de un evento como las probabilidades de que ocurra. Por ejemplo, una valuación de riesgo de los efectos económicos potenciales de un terremoto sobre un proyecto de agricultura, requerirá el estimado de su impacto sobre actividades de cultivo y componentes estructurales, así como de la probabilidad de ocurrencia de terremotos en la región durante la vida del proyecto.

5. Manejo de riesgo

El manejo de riesgo se refiere a acciones tomadas para reducir las consecuencias o la probabilidad de eventos desfavorables. De igual manera, el manejo del peligro natural se refiere a las actividades que se ejecute para reducir los efectos negativos de los peligros naturales. Por ejemplo, un agricultor puede decidir sembrar un cerco contra el viento al costado de un campo para reducir la probabilidad que el viento haga daño a su cosecha de azúcar. Tal medida puede reducir su ingreso promedio, si es que tiene que hacer uso de tierras que estarían dedicadas a la producción, pero aún así lo hará contra una tormenta incierta pero potencialmente dañina.

PROPOSICIONES DETERMINANTES PARA INCORPORAR INFORMACION SOBRE PELIGROS NATURALES A LOS PROYECTOS DE INVERSION EN AGRICULTURA

- La información de riesgo sobre peligros naturales raramente es considerada en la preparación de proyectos de inversión en el sector agricultura.
- Los proyectos en agricultura pueden sufrir pérdidas severas por causa de los peligros naturales. Las pérdidas pueden tener serias implicancias sectoriales e inter-sectoriales.
- La consideración adecuada de los temas sobre peligros naturales en la preparación de proyectos, particularmente durante la etapa de formulación, puede reducir grandemente la vulnerabilidad de las inversiones y minimizar las pérdidas humanas y económicas.
- Mientras que la información básica sobre peligros naturales generalmente está disponible, una información más específica y sofisticada sobre riesgo y vulnerabilidad puede ser económicamente generada y usada en las diferentes etapas de la planificación para el desarrollo.
- Varios métodos analíticos están disponibles para incorporar la información sobre riesgo de peligros naturales en la evaluación de los proyectos de inversión en agricultura.

6. Proyecto de inversión

Un proyecto de inversión es el uso de capital para crear bienes capaces de generar un flujo de beneficios en el tiempo. Los proyectos de inversión en agricultura incluyen asentamientos en terrenos, extensión agrícola, agricultura y conservación de suelos. Los proyectos pueden ser independientes o ser parte de un paquete de desarrollo regional integrado.

C. El uso de información de peligros naturales en la preparación de proyectos de inversión

[1. Misión preliminar](#)

[2. Fase I - Diagnostico del desarrollo](#)

[3. Fase II - Formulación de proyecto y definición del plan de acción](#)

[4. Implementaron del proyecto](#)

Se puede reducir las vulnerabilidades y aumentar la capacidad para sobrevivir los desastres naturales, minimizando los efectos de los peligros naturales sobre el sector agrícola y sobre la economía en su conjunto. Esto se puede lograr incorporando la información de peligros naturales en la preparación de los proyectos de inversión en agricultura. Cómo se logra esto, y cuál es su relación con el estudio integrado de desarrollo, son temas a ser tratados en esta sección.

La planificación para el desarrollo integrado es un enfoque multisectorial y multidisciplinario para generar planes y propuestas para el desarrollo económico y social. Asocia temas relacionados con varios sectores y los analiza de manera integrada a la luz de las necesidades de la población y las características de la base

de recursos naturales. El uso apropiado de recursos naturales en base a lineamientos sólidos de manejo ambiental busca maximizar oportunidades de desarrollo y, al mismo tiempo, minimizar los conflictos ambientales (ver Capítulo 3). La elaboración de un estudio de planificación para el desarrollo integrado es un proceso complejo, dentro del cual la preparación de proyectos de inversión es sólo uno de los pasos. La preparación de estudios de planificación y de proyectos de inversión es muy similar lo cual frecuentemente causa confusión.

Un estudio de planificación para el desarrollo integrado tiene cuatro etapas básicas: la Misión Preliminar, la Fase I o Diagnóstico de Desarrollo, la Fase II o Formulación de Proyecto y Plan de Acción, y la Implementación. (Ver el Capítulo 1 para una discusión detallada de las cuatro etapas de planificación para el desarrollo). La preparación de proyectos de inversión dentro de un estudio de planificación para el desarrollo también se da en cuatro etapas: Perfil del Proyecto, Análisis de Prefactibilidad, Análisis de Factibilidad, e Implementación. Los requerimientos de información de las cuatro etapas de estudio para la planificación del desarrollo están descritos en el recuadro abajo.

Aunque la mayoría de las instituciones no requieren de información de riesgo en los lineamientos de preparación del proyecto, excepto en la etapa del diseño de ingeniería, los estudios de planificación para el desarrollo integrado y la preparación de proyectos de inversión mejoran cuando los analistas incorporan información de peligros naturales en todas las etapas de la planificación. Los lineamientos para el uso de información de peligros naturales en la preparación de proyectos se encuentran en la Figura 2-3 y son tratados más adelante.

USO DE INFORMACION DE PELIGROS NATURALES EN LA PREPARACION DE PROYECTOS DE INVERSION COMO ARTE DE UN ESTUDIO DE PLANIFICACION INTEGRADA PARA EL DESARROLLO

- Los peligros naturales deben ser considerados a lo largo de todo el estudio para el desarrollo.
- Misión Preliminar La información sobre peligros naturales debe ser recolectada y analizada en ese momento. La información debe ser usada para definir el área de estudio, los objetivos y características del estudio, y la preparación del programa de trabajo que se tiene en mente.
- Fase I: La información sobre un evento peligroso y los mapas de riesgo deben de ser utilizados en el diagnóstico de desarrollo para la identificación de áreas propensas al peligro, zonificación para el uso de tierra, e identificación preliminar de medidas de mitigación.
- Fase II: La información de vulnerabilidad se puede usar para refinar los costos y beneficios del proyecto a un nivel de prefactibilidad. Las consideraciones de riesgo pueden ser incorporadas en los diferentes estudios de formulación del proyecto (mercado, tamaño, ubicación, ingeniería, etc.) y se pueden seleccionar medidas de mitigación estructurales y no estructurales. A nivel de análisis de factibilidad, la información disponible puede ser complementada por evaluaciones específicas de peligros y utilizada para refinar aún más los cálculos de costo y beneficio. Se pueden usar métodos más sofisticados de evaluación probabilística, generando distribuciones probabilísticas de riesgo.
- Implementación: La implementación de una estrategia integrada para el desarrollo de proyectos individuales, deberá incluir el monitoreo de procedimientos de construcción para asegurar el acatamiento de los patrones de ingeniería para los edificios y a las medidas estructurales de mitigación; también debe programarse el monitoreo a largo plazo para asegurar el acatamiento de medidas de mitigación no estructurales.

1. Misión preliminar

Se debe introducir la información de riesgo desde las primeras etapas de la planificación del proyecto. (Ver Apéndice A para mayores detalles sobre los tipos de información disponibles sobre peligros naturales). Cuando esta información es incluida en la etapa de la Misión Preliminar, el diseño del estudio integrado y los proyectos de inversión pueden acomodar los factores de riesgo; si los riesgos son demasiado grandes, se pueden considerar estrategias alternas de desarrollo. Si no se incluye información de riesgo hasta la etapa del análisis de factibilidad, en ésta es generalmente demasiado tarde para cualquier acción, salvo las correctivas.

2. Fase I - Diagnostico del desarrollo

Los temas relacionados a los peligros naturales deben ser aún más tenidos en cuenta en la etapa del diagnóstico del desarrollo. Los mapas de riesgo y la frecuencia del evento peligroso pueden ser consultados para identificar los problemas y oportunidades del área. Por ejemplo, un mapa de llanuras de inundación, producido por técnicas de sensoramiento remoto, mostrará las áreas sujetas a severas inundaciones. Desde el comienzo del proceso de planificación del proyecto, los planificadores podrán no asignar tales áreas a actividades agrícolas que requieren cuantiosa inversión de capital y, en cambio, proponer un uso alternativo del terreno, menos sensible a las inundaciones. O los planificadores podrán considerar prácticas de mitigación de peligro para reducir el riesgo a niveles aceptables (ver Capítulo 8 para una discusión de evaluaciones del peligro de inundación y técnicas de sensoramiento remoto).

El diseño de proyectos de inversión comienza en esta etapa con el desarrollo de perfiles alternos de proyectos. Un perfil de proyecto deberá incluir los objetivos del proyecto y las características principales, estimaciones aproximados de costos y beneficios, y una identificación preliminar de alternativas para el diseño y su implementación. Estas actividades deben guardar consistencia con la información sobre peligros naturales obtenida por las etapas de la Misión Preliminar y del Diagnóstico del Desarrollo, dentro del estudio de planificación para el desarrollo integrado.

MISION PRELIMINAR (DISEÑO DEL ESTUDIO)

PREGUNTAS QUE DEBEN HACER LOS PLANIFICADORES:

- ¿Qué tipo de información sobre peligros naturales está disponible para el área en estudio, y qué información adicional se necesita?
- ¿Cuáles son los beneficios de incorporar información sobre peligros naturales en esta etapa?

DECISIONES IMPORTANTES QUE SE DEBEN TOMAR EN ESTA ETAPA:

- ¿Qué valores serán asignados a aspectos de peligros naturales en la medida que estos se relacionan con la definición de las características de proyectos potenciales, es decir, área, objetivos, población-objetivo?
- ¿Habiéndose especificado estos valores, cuáles son las definiciones de las características definitorias?

FASE I: DIAGNOSTICO DEL DESARROLLO (FORMULACION DE ESTRATEGIA E IDENTIFICACION DEL PROYECTO)

PREGUNTAS QUE DEBEN HACER LOS PLANIFICADORES:

- ¿Qué tipo de información deberá ser usada?
- ¿Cómo pueden los planificadores complementar información no probabilística sobre peligros a fin de evaluar la incertidumbre del proyecto?

- ¿Son los peligros naturales una variable significativa en la identificación de proyectos de inversión?
- ¿Pueden las medidas de mitigación ser incluidas como parte de la estrategia de desarrollo? ¿Cuáles?

DECISIONES IMPORTANTES QUE SE DEBEN TOMAR EN ESTA ETAPA:

- ¿Cuál es el nivel aceptable de riesgo para la población afectada y el proyecto de inversión?
- ¿Cuáles son los temas relevantes de peligros naturales en el área del proyecto?
- ¿Qué prioridad debe de ser dada a cada cuál?
- ¿Se necesitan modificaciones del perfil del proyecto?
- ¿Se necesitarán estudios adicionales de evaluación del peligro para la formulación del proyecto de inversión?

3. Fase II - Formulación de proyecto y definición del plan de acción

En la Fase II, los proyectos de inversión son generados y seleccionados. Esta fase incluye los análisis de prefactibilidad y de factibilidad y está basada sobre una metodología aceptada para la formulación de proyectos. El análisis de pre-factibilidad involucra la evaluación preliminar de la viabilidad técnica y económica del proyecto propuesto: se comparan enfoques alternos de sus diferentes elementos, los mejores son recomendados para análisis adicional, y se estima los costos de inversión y operativos. El análisis de factibilidad comprende la determinación final de la viabilidad del proyecto, se reexamina cada aspecto del mismo y refina la estimación de sus beneficios (flujo de ingresos, aumento en la producción, generación de empleo, etc.), costos (construcción, operación y mantenimiento, consumo de recursos, efectos de la polución, etc.), y criterios evaluativos (valor actual neto, tasa interna de retorno, relación beneficio-costos, y probabilidades de recuperación de capital).

Figura 2-3: El uso de información sobre peligros naturales en la preparación de proyectos de inversión en el contexto de estudios de planificación para el desarrollo integrado

Aunque en la práctica no suele ocurrir así, el diseño de proyectos individuales de inversión debería incorporar los siguientes tipos de información sobre peligros naturales:

- La incidencia de riesgo de peligros en el área del proyecto
- La incidencia de riesgo de peligros en las áreas de actividad comercial y rutas de comercialización del proyecto
- La vulnerabilidad del suministro y/o costo de insumos de producción (p.e., materia prima,

equipo, fuentes energéticas) en función de los peligros naturales.

- Vulnerabilidad de los precios de producción del proyecto a eventos de peligros naturales.-
- Vulnerabilidad de estructuras físicas y de procesos de producción a eventos de peligros naturales.
- La existencia de legislación, vigente o propuesta, que establece lineamientos para la mitigación del riesgo de peligros naturales en el diseño del proyecto.
- La efectividad y costo de medidas alternativas de mitigación de peligros naturales.

FASE II - FORMULACION DE PROYECTO Y DEFINICION DEL PLAN DE ACCION

PREGUNTAS QUE LOS PLANIFICADORES DEBEN HACER:

- ¿Qué componentes del estudio de formulación de proyecto deben incluir consideraciones de peligros naturales?
- ¿Es adecuada la Información disponible sobre peligros para la formulación de proyectos de inversión?
- ¿Qué tipos de medidas de mitigación deben ser consideradas durante la etapa de formulación de proyecto?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Cómo se llevará a cabo la identificación y el análisis técnico de las medidas de mitigación de peligros naturales?
- ¿Cómo se determinarán las mejores opciones de proyecto y las más adecuadas medidas de mitigación?

El factor crítico para la incorporación exitosa de consideraciones de peligro natural en la fase de formulación del proyecto, es la habilidad que posean los planificadores de dicho proyecto para hacer uso de la información de peligros en el diseño. La identificación de medidas de mitigación costo-efectivas que reducirán significativamente los riesgos es de importancia crucial. No toda medida de mitigación debe ser implementada sino sólo aquellas cuyos beneficios excedan sus costos.

Las medidas de mitigación pueden ser estructurales o no estructurales. La mitigación estructural incluye medidas físicas o normas tales como códigos de construcción, especificaciones de materiales, y patrones de comportamiento para edificios nuevos; el reforzamiento de estructuras existentes para aumentar su resistencia al peligro y dispositivos de protección tales como diques. Las medidas no estructurales concentran típicamente su atención en identificar áreas propensas a peligros y limitar su uso. Los ejemplos incluyen la zonificación para uso de terrenos, la selección de lugares para la construcción de edificios, incentivos tributarios, programas de seguros, reubicación de residentes para retirarlos de zonas de impacto de un peligro y establecimiento de sistemas de pronóstico y de alerta. La Figura 2-4 presenta algunos ejemplos de medidas estructurales y no estructurales de mitigación relevantes al sector agricultura. Para una discusión más detallada de medidas de mitigación relacionadas con peligros específicos, ver los Capítulos 8 a 12.

Se puede presentar un fuerte argumento para resaltar la aplicación de medidas no estructurales en los países en desarrollo. Esencialmente, todas las medidas de mitigación estructurales tienen un costo directo

que debe ser añadido al proyecto bajo consideración. Dada la falta de percepción del riesgo de peligros naturales que prevalece, los costos adicionales no parecerán ser justificados a la luz de los costos y beneficios esperados. Esto no quiere decir que las medidas no estructurales de mitigación no añadan costos a los proyectos o a la sociedad, sino que en una área sujeta a inundaciones, por ejemplo, los costos económicos y sociales de medidas tales como políticas de zonificación y seguros de cosechas, probablemente serán mucho menores que aquellos que se presentarían para el establecimiento de sistemas de control de inundaciones, a gran escala, en términos de costo inicial, operación y mantenimiento. Aún más, las actividades agrícolas que han sido las más afectadas por peligros naturales, son las que están vinculadas a proyectos agrícola de gran escala.

Cuando las características del proyecto impiden la adopción de medidas de mitigación no estructurales, se deben explorar sistemas más costosos de mitigación estructural, como una manera de reducir los riesgos a un nivel socialmente aceptable y económicamente factible.

4. Implementaron del proyecto

La etapa de implementación comienza una vez que los proyectos de inversión y el plan de acción de un estudio de planificación para el desarrollo han sido determinados. Según la naturaleza y el alcance del estudio en su conjunto, y de los proyectos individuales seleccionados, la implementación puede ser simultánea a la implementación de programas de apoyo sectoriales y regionales, y al desarrollo de marcos legales e institucionales, o precedida por ellos.

Figura 2-4: MEDIDAS DE MITIGACION PARA EL SECTOR AGRICOLA

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

PREGUNTAS QUE LOS PLANIFICADORES SE DEBEN HACER:

- ¿Se incluyen consideraciones de peligros naturales en la fase de implementación? ¿Cuáles?
- ¿Qué acciones se pueden tomar para asegurar que la implementación de los proyectos se adecúa a las normas de ingeniería especificadas y que las medidas de mitigación se están implementando adecuadamente?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Incluye el diseño final del proyecto las necesarias medidas de mitigación?
- ¿Están establecidos los procedimientos de monitoreo y mantenimiento para la implementación de medidas de mitigación en la fase de implementación del proyecto.

La implementación de proyectos de inversión es una fase crítica para la incorporación exitosa de las consideraciones sobre peligros naturales en el proceso de planificación para el desarrollo. Todo el esfuerzo realizado en etapas previas se perderá si los proyectos no son cuidadosamente monitoreados durante el proceso de implementación y se asegura que se cumplen tanto las medidas estructurales de mitigación, como la selección y adopción de las medidas no estructurales de mitigación.

D. Incorporación de los peligros naturales en la planificación y en la toma de decisiones en el sector público

[1. Actitudes hacia riesgos de peligros naturales](#)

[2. Establecimiento de criterios de evaluación y prioridades](#)

1. Actitudes hacia riesgos de peligros naturales

Mientras que la aversión del riesgo a nivel individual está bien documentada, el tema de si las instituciones gubernamentales deben o no ser neutrales frente al riesgo, ha sido tema de controversia. ¿Deberá considerarse el riesgo en el análisis de los proyectos del sector público?

Se ha argumentado que aunque los individuos son adversos al riesgo, los gobiernos deben tomar una actitud neutral frente a él porque, dado que los beneficios y costos del proyecto están diluidos entre el gran número de individuos de la sociedad, el nivel de riesgo que encara cada persona es despreciable. Esto implica que los gobiernos deben de ser indiferentes en la opción entre un proyecto de alto riesgo y otro de bajo riesgo, siempre y cuando los dos tengan el mismo valor actual neto esperado (VAN) (Arrow and Lind, 1970).

Este argumento es válido sólo hasta cierto punto. La realidad de los países en desarrollo sugiere lo contrario. Las decisiones gubernamentales deben de basarse en el costo de oportunidad que, para la sociedad, tienen los recursos invertidos en el proyecto y en la pérdida de bienes económicos, funciones y productos. En vista de la responsabilidad que recae sobre el sector público para la administración de escasos recursos y considerando temas tales como la deuda fiscal, los balances comerciales, la distribución de ingresos y un amplio rango de otras consideraciones económicas, sociales y políticas, los gobiernos no deben ser neutrales respecto al riesgo.

Supongamos que existen dos proyectos bajo consideración en la zona costera de un país en desarrollo. El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto A es US\$ 2 millones y el del proyecto B US\$ 1,5 millones. Debido a que el proyecto A tiene un VAN más alto, debería ser seleccionado si es que se ignorasen los riesgos. Sin embargo, el proyecto A es vulnerable a inundaciones y su VAN presente, según su frecuencia y severidad, podría ser entre US\$ 0,5 y US\$ 2,5 millones. El proyecto B es menos susceptible a daños por inundaciones y por lo tanto tiene un VAN en el rango entre US\$ 1,3 a US\$ 1,7 millones. Dado que los réditos del proyecto B son más estables, los participantes directamente involucrados podrían preferir el proyecto con un VAN más bajo. Aún más, probablemente no se impresionarían con los argumentos respecto al mérito de compartir socialmente el riesgo, dado que el riesgo (la variación de VAN) de estos proyectos que su comunidad soporta directamente es bastante grande.

En la práctica, ni la mayoría de los gobiernos de América Latina y el Caribe, ni sus agencias de planificación, perciben la necesidad de reducir la vulnerabilidad de los proyectos de inversión a los peligros naturales y tienden a ignorar el tema en sus evaluaciones. Algunas de las razones para esta falta de percepción están dadas en el siguiente recuadro.

CAUSAS PRINCIPALES DE LA FALTA DE PERCEPCION DE LA NECESIDAD DE REDUCIR PERDIDAS EN PROYECTOS DE INVERSION PUBLICA

- La magnitud de los riesgos y los ahorros potenciales de la mitigación se perciben como muy bajos.
- Las presiones políticas y financieras hacen poco atractivo tomar pasos cuidadosos ahora para evitar pérdidas en el futuro.
- SI ocurren pérdidas, las agencias internacionales darán asistencia.
- Los peligros naturales son aceptados como inevitables y poco se conoce acerca de la mitigación no estructura).
- El peso del análisis, fortalecimiento de instituciones, e implementación, desanima el esfuerzo de la evaluación.
- Los costos políticos, financieros, económicos y sociales de las evaluaciones de peligros naturales y de la mitigación pueden no siempre ser menores que los beneficios.
- Los costos de llevar a cabo evaluaciones de peligro natural y mitigación recaen sobre instituciones gubernamentales que no pueden recuperar directamente los beneficios de la prevención de pérdidas en el futuro.
- Los derechos de propiedad alrededor de las inversiones no necesariamente constituyen un fuerte incentivo para evitar pérdidas de peligros.

Las instituciones nacionales e internacionales de la banca también tienden hacia la neutralidad en el trato de riesgos de peligros naturales. Generalmente están más preocupadas con la manera como los factores macroeconómicos y políticos pueden afectar la capacidad de pago en su conjunto por parte del gobierno, que con el efecto de los factores de riesgo para la recuperación de costos. Como resultado, los préstamos son rutinariamente hechos con poca o ninguna evaluación del riesgo. Si esta actitud tiene sentido para el banco, porque concede préstamos en base a la credibilidad de crédito del gobierno y no asume el riesgo de ningún proyecto individual, carece de sentido para los países deudores.

2. Establecimiento de criterios de evaluación y prioridades

En el trato con las actitudes gubernamentales y de la sociedad hacia los peligros naturales, los planificadores pueden beneficiarse de un análisis multiple-criterio o, como a veces se le llama, análisis de objetivos múltiples en conflicto. Este método ha sido usado en evaluaciones ambientales y está ganando creciente aceptación para la incorporación de metas y prioridades de la sociedad en la selección de proyectos de inversión.

El análisis de multiple-criterio implica el establecimiento de un conjunto de objetivos y un subconjunto de atributos que representan las metas sociales, económicas, políticas y ambientales que deberán ser satisfechas por proyectos específicos. Los grupos sociales relevantes (gobierno, grupos de interés, líderes comunitarios, etc.) participan estableciendo objetivos y atributos y dándoles pesos discriminatorios. Los proyectos, entonces, pueden ser evaluados en términos de su capacidad para satisfacer la meta respectiva. Si el establecimiento de objetivos y atributos es adecuadamente orientado, se puede introducir los criterios de vulnerabilidad a peligros naturales en el análisis junto con otras metas. (Vira y Haimés, 1983; Haimés

et al, 1978; Keeney y Raiffa, 1976).

Es importante recordar que, sean cuales fueren los métodos usados en la evaluación de un proyecto, no son los planificadores sino quienes toman decisiones los que al final decidirán sobre las opciones para la inversión pública. El análisis de multiple-criterio obliga a quienes toman decisiones manifestar explícitamente sus criterios de evaluación. Mientras quienes toman decisiones darán alta prioridad a una baja vulnerabilidad en la selección de proyectos por razones económicas o políticas, los peligros naturales no siempre serán considerados en la decisión final.

El análisis de multiple-criterio puede ser aplicado durante el ciclo del proyecto, desde la etapa de perfil hasta el estudio de factibilidad, pero dado que es efectivo en la identificación temprana de los proyectos más deseables y de los componentes del proyecto, su uso en las etapas iniciales de planificación del proyecto maximiza sus beneficios.

E. Principios de análisis económico

[1. Determinando los costos](#)

[2. Determinando los beneficios](#)

[3. Descuento de los flujos netos del proyecto](#)

[4. Evaluación de proyecto](#)

El análisis de costo-beneficio es un método que evalúa la eficiencia de las actividades del sector público, permitiendo una comparación entre los méritos de diferentes proyectos de gobierno en el tiempo. Existen varias técnicas disponibles y los analistas deberán escoger la mejor para cada caso.

Cuando las personas privadas evalúan si realizar o no una inversión, toman en consideración sólo los beneficios que tienen impacto personal sobre ellos; este es el análisis financiero. En el análisis económico se toma en cuenta la perspectiva social, incorporando todos los beneficios y costos que afectan a la sociedad.

Otro aspecto importante del análisis económico es el criterio "con y sin": ¿cuál sería el estado de las cosas "con" versus "sin" el proyecto realizado? El análisis "con y sin" ayuda a identificar los beneficios y los costos del proyecto. Supongamos que un proyecto de irrigación está siendo considerado para una área donde el rendimiento de las cosechas está aumentando. El proyecto las aumentará aún más. La evaluación de los beneficios potenciales sería errada si se atribuyese todas las mejoras al proyecto, ya que algunas de ellas hubieran ocurrido de todas maneras (Howe, 1971). En áreas que están creciendo rápidamente, es de particular importancia asegurarse que los beneficios y costos sean debidamente contabilizados y que no incluyan cambios que se hubieran dado de todas maneras aún sin el proyecto.

La evaluación económica de los proyectos puede ser organizada en cuatro pasos principales:

- Identificación y cálculo de todos los costos de los proyectos propuestos;
- Identificación y cálculo de todos los beneficios del proyecto propuesto;
- Descuento de los beneficios netos futuros y expresión en términos de dólares corrientes; y
- Evaluación de flujo neto de proyecto de los proyectos propuestos.

Mientras estos pasos pueden parecer sencillos, un análisis detallado requiere un esfuerzo considerable. El economista o planificador que lleva a cabo el análisis deberá trabajar con otros especialistas tales como agrónomos, ingenieros e hidrólogos para asegurarse que todos los factores relevantes han sido tomados en cuenta y que las relaciones técnicas e institucionales están adecuadamente reflejadas. Este enfoque integrado e inter-disciplinario de la planificación ha sido recomendado por la OEA (OEA, 1984).

1. Determinando los costos

Al determinar los costos de un proyecto, es importante que todos ellos estén reflejados con precisión, incluyendo aquellos que puedan no ser inmediatamente evidentes. Hay, por supuesto, costos directos. Los materiales y la administración están entre ellos, así como el consumo de recursos naturales. Los costos de la reducción de la vulnerabilidad al peligro natural son costos directos sean estructurales - sistemas de canales, presas, diques, rompevientos - o no estructurales. Además, tenemos costos indirectos. Por ejemplo, si un nuevo proyecto ha de hacer uso de los recursos hídricos de cultivos cercanos, cualquier disminución en la producción agrícola en esa área debe ser tomada en cuenta como un costo del proyecto. Luego están los 'costos de oportunidad' -la pérdida de los beneficios que se acumularía si se diera uso alternativo a los recursos que están siendo dedicados al proyecto.

El analista también debe ser conciente que, debido a las distorsiones del mercado, los precios de los insumos pueden no reflejar su verdadera valoración por la sociedad. En tales casos, los precios deberán ser ajustados para corregir estas distorsiones. Si el subsidio de un gobierno baja el costo del fertilizante utilizado en el proyecto, el análisis económico debe sumar el monto del subsidio al precio de mercado del fertilizante para reflejar su verdadero costo para la sociedad. Los precios ajustados son referidos como "precios sombra".

2. Determinando los beneficios

Los beneficios directos de un proyecto agrícola pueden resultar de un aumento en el valor o cantidad del producto agrícola y también de una disminución en los costos de producción. Los beneficios de la mitigación de peligros naturales pueden ser medidos en términos de pérdidas de ingreso que han sido evitadas. Los proyectos también generan beneficios indirectos. Por ejemplo, un proyecto de irrigación puede tener beneficios no previstos al aumentar la productividad del terreno adyacente al terreno irrigado por el proyecto.

Una evaluación de los beneficios de un proyecto debe incluir sólo los aumentos reales en la producción. Un proyecto de control de inundaciones puede elevar el valor de las tierras de cultivo en el área protegida, pero dado que este mayor valor refleja la mayor producción potencial de la tierra, contabilizarlo como un beneficio resultaría duplicar los beneficios del proyecto dos veces.

La consideración de los riesgos de peligros naturales requiere diferenciar entre los conceptos de flujo de ingresos y flujo de beneficios del proyecto. Mientras que el ingreso generado por un proyecto es un componente principal de los beneficios, no refleja algunas variables esenciales. Por ejemplo, la estabilidad de ingresos y de empleo del proyecto, y de actividades asociadas, puede verse severamente afectada por un evento peligroso pero, con solo reajustar el flujo de ingresos a la incertidumbre asociada con eventos de peligros naturales, no se reflejará las alteraciones económicas y sociales que provendrían de los efectos sobre los ingresos y el empleo. El flujo de beneficios refleja tales pérdidas. En el caso de un proyecto que incluye medidas de mitigación, el análisis económico deberá incluir el beneficio adicional de evitar

pérdidas. Una adecuada identificación del flujo de beneficios de un proyecto permite a los analistas evaluar el efecto neto de introducir medidas de mitigación al diseño de proyecto, dado que tanto el costo directo de esas medidas como el beneficio esperado, serán incluidos en el proceso de evaluación.

3. Descuento de los flujos netos del proyecto

La tercera etapa en el análisis del proyecto consiste en descontar los beneficios y costos futuros. Esto se logra utilizando una tasa de descuento para convertir los valores futuros a valores presentes. La necesidad de descontar costos y beneficios futuros obedece al hecho de que una cantidad dada de dinero vale más hoy que en el futuro: el dinero de hoy puede ganar intereses entre ahora y entonces. Una inversión de US\$ 100 a un interés anual del 10% tendrá un valor de US\$ 121 al cabo de dos años. Los beneficios y costos futuros deberán ser descontados para que puedan ser expresados con un denominador común - dólares de hoy o valor actual.

El analista de proyecto deberá decidir respecto a la tasa de descuento, y frecuentemente se usa más de una tasa en un proyecto. Para el análisis financiero, la tasa de descuento es generalmente la que la compañía para la cual se está haciendo el análisis, pagaría por un préstamo. En el análisis económico se sugieren tres alternativas para la tasa de descuento: el costo de oportunidad del capital, el costo de préstamos y la tasa preferencial del tiempo social (Gittinger, 1982). Probablemente la tasa más apropiada sea el costo de oportunidad del capital, que se obtiene calculando la que correspondería a la utilización de todo el capital de la economía si se emprendiera todas las inversiones posibles que rindieran tanto o más en réditos que aquella bajo estudio. El costo de oportunidad del capital no se puede conocer con certeza pero en la mayoría de los países en desarrollo se considera entre el 8% y el 15% en términos reales.

La tasa para préstamos es la más comúnmente propuesta cuando un país tiene la expectativa de obtener financiamiento externo para proyectos de inversión. Las tasas financieras de intereses, sin embargo, generalmente son demasiado bajas para justificar su uso en el análisis económico, y aún podrían ser negativas en términos reales cuando la tasa de inflación es alta. La tasa preferencial del tiempo social difiere del costo de oportunidad de capital, pues asigna una tasa de descuento menor a los proyectos públicos que a los privados, dado que la sociedad tiene un horizonte de tiempo más lejano.

4. Evaluación de proyecto

El valor actual neto o descontado (VAN) está representado matemáticamente como:

$$\sum B_t/(1+r)^t - \sum C_t/(1+r)^t \text{ para } t= 1, 2, \dots, n$$

donde B = beneficios, C = costos, r = tasa de descuento, t = período de tiempo, n = vida del proyecto en años, y Σ = factor de sumación. Después de que se han evaluado los beneficios y costos y una tasa de descuento ha sido seleccionada, esta ecuación indicará el VAN del proyecto en consideración. Los criterios económicos utilizados para determinar el valor de un proyecto son (a) si es que el VAN es positivo y (b) si el VAN es más alto que aquel de proyectos alternos. Otra manera de comparar beneficios y costos es fijar la ecuación igual a cero y solucionar por el valor de r. Este valor es referido como "tasa interna de retorno" (TIR).

Esta ecuación frecuentemente es reordenada como una relación de beneficio-costos para facilitar la comparación de proyectos:

$$\frac{\sum B_t / (1+r)^t}{\sum C_t / (1+r)^t}$$

para $t = 1, 2, \dots, n$

Cuanto más alto el VAN del proyecto más alto será el resultado de esta relación. Una relación beneficio-costos mayor de uno indica que los beneficios descontados exceden los costos descontados.

F. Incorporación de los desastres naturales al análisis económico de los proyectos de inversión

1. Criterios de decisión con información limitada

2. Criterios de decisión con información probabilística

Existen varios métodos para la evaluación de los componentes de peligros naturales en el análisis económico de proyectos. Algunos pueden ser aplicados cuando sólo se dispone de poca información del peligro, otros son apropiados cuando la información sobre distribuciones de probabilidad puede ser obtenida. Todos pueden ser usados para comparar diferentes proyectos o diversas alternativas en un mismo proyecto. Los métodos usados cuando se dispone de información limitada, pueden ser aplicados en las etapas de análisis de perfil del proyecto y de prefactibilidad. Aquellos que utilizan información probabilística generalmente son usados en los estudios de factibilidad, pero también pueden ser usados en la etapa de prefactibilidad. En todos los casos los métodos deberán ser aplicados lo más temprano posible en el ciclo del proyecto.

1. Criterios de decisión con información limitada

Los métodos de evaluación de riesgo que compensan la falta de información son cuatro: período de corte, reajuste de la tasa de descuento, teoría de los juegos y análisis de sensibilidad.

a. Período de Corte

El procedimiento más crudo para incorporar riesgo en el análisis económico es el uso de un período de corte (Mishan, 1982). Es utilizado principalmente por agencias privadas de inversión, interesadas en la recuperación de capital más que en el desarrollo a largo plazo. Con este método, los proyectos económicamente factibles deberán acumular suficientes beneficios para superar los costos del proyecto en relativamente pocos años. Para aquellos proyectos muy riesgosos, el período de corte puede ser establecido en tan solo dos o tres años, mientras que para los proyectos de bajo riesgo sería mucho más largo, digamos unos 30 años. La lógica subyacente es que los beneficios y costos son tan inciertos más allá de la fecha de corte, que pueden ser ignorados en la determinación de la factibilidad del proyecto. El período de corte debe ser determinado en la etapa de prefactibilidad de la preparación del proyecto.

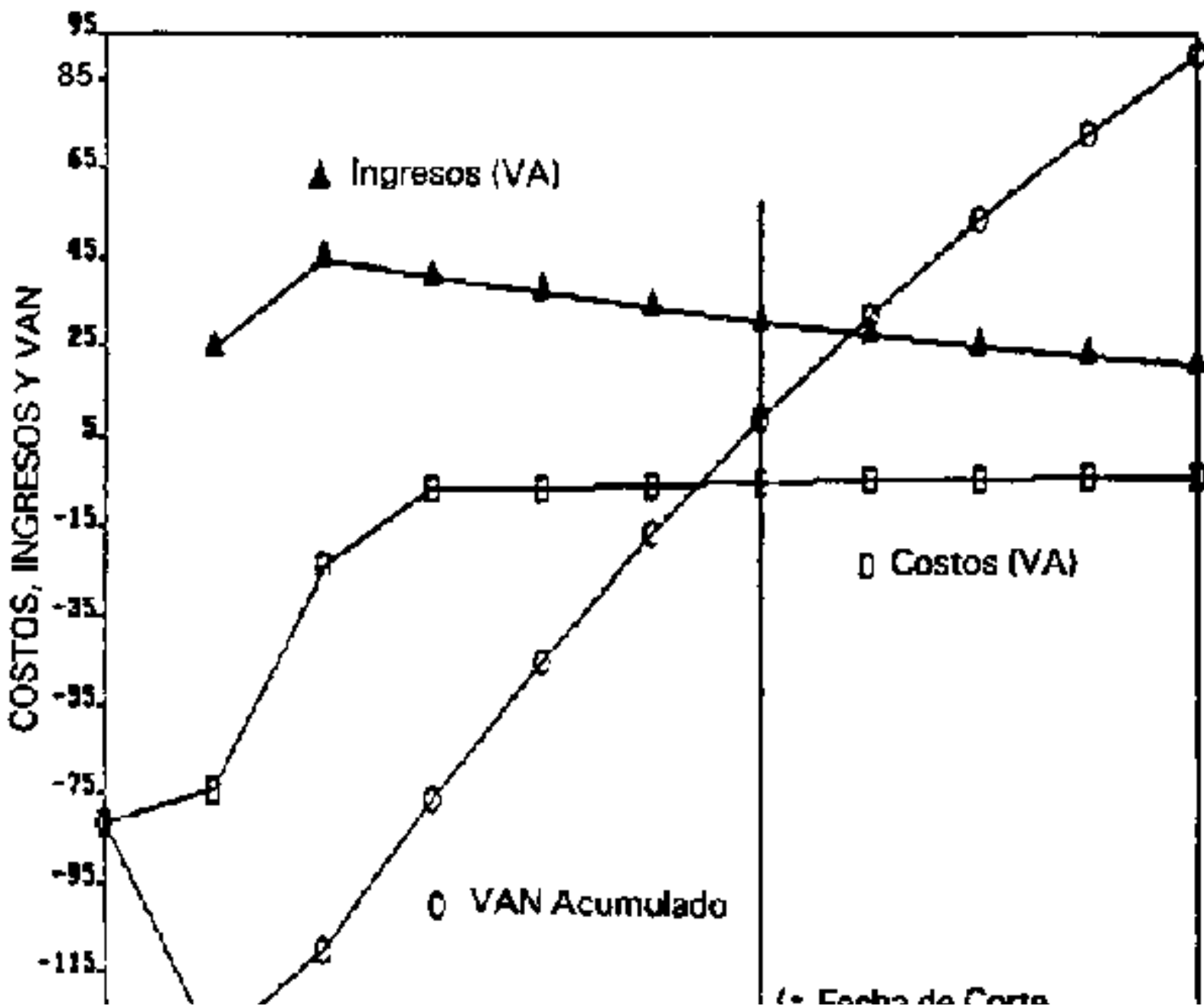
Alguna información es necesaria para determinar el riesgo relativo del proyecto. Los datos más útiles son un listado de los desastres naturales históricos o información episódica, registros meteorológicos, mapas

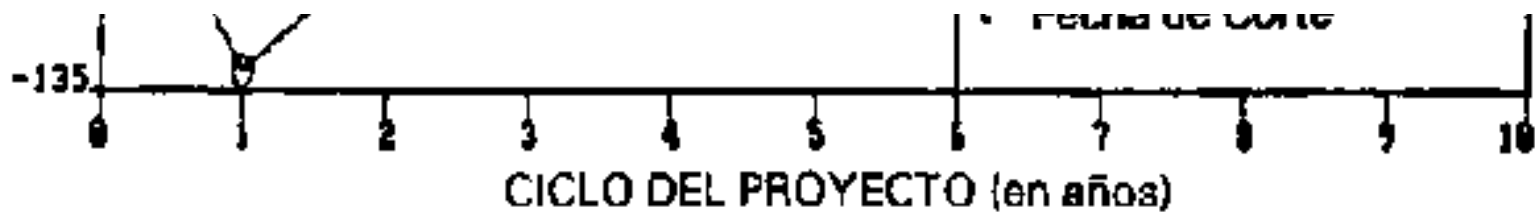
para uso de terrenos, mapas de cultivos agrícolas, y anteriores evaluaciones de daños. Esta información proporciona a los economistas una idea aproximada de los riesgos inherentes. Además, la fotografía de los impactos de peligros naturales desde satélite, puede ser útil para decidir sobre el período de corte. En muchos casos no es muy difícil obtener este tipo de información para períodos cortos de tiempo.

Un período de corte debe ser considerado sólo cuando se disponen de pocos registros y la naturaleza y la magnitud de los peligros podrían constituir un riesgo potencialmente grande para el desarrollo; por ejemplo, tempestades severas e inundaciones. Es más difícil establecer un período de corte en el caso de peligros que desarrollan muy lentamente, tales como las sequías o la desertificación.

Como ejemplo, el método de período de corte puede ser aplicado a un proyecto de ganadería y hortalizas a gran escala, de 10 años de duración. Tal proyecto puede tener un alto riesgo si el área está sujeta a inundaciones periódicas que pudieran dañar las cosechas y destruir el ganado. En este caso, podría ser adoptado un período de corte de cuatro a seis años. La Figura 2-5 ilustra este ejemplo.

Figura 2-5: METODO DE PERIODO DE CORTE





Si bien este método considera los efectos de los riesgos, tiene algunas limitaciones. Una fecha de corte demasiado corta puede ignorar información económica asociada con gran parte de la vida del proyecto, ya que deja de lado toda la información más allá del período de corte. Esto puede ser de particular importancia cuando se considera la sustentabilidad de los beneficios económicos del proyecto, a medida que los recursos renovables o no renovables se agotan después del período de corte. Si los costos y beneficios son altamente variables, más allá de la fecha de corte, hay métodos más apropiados que pueden considerar el riesgo de la variabilidad beneficio-costos.

b. Reajustes de la tasa de descuento

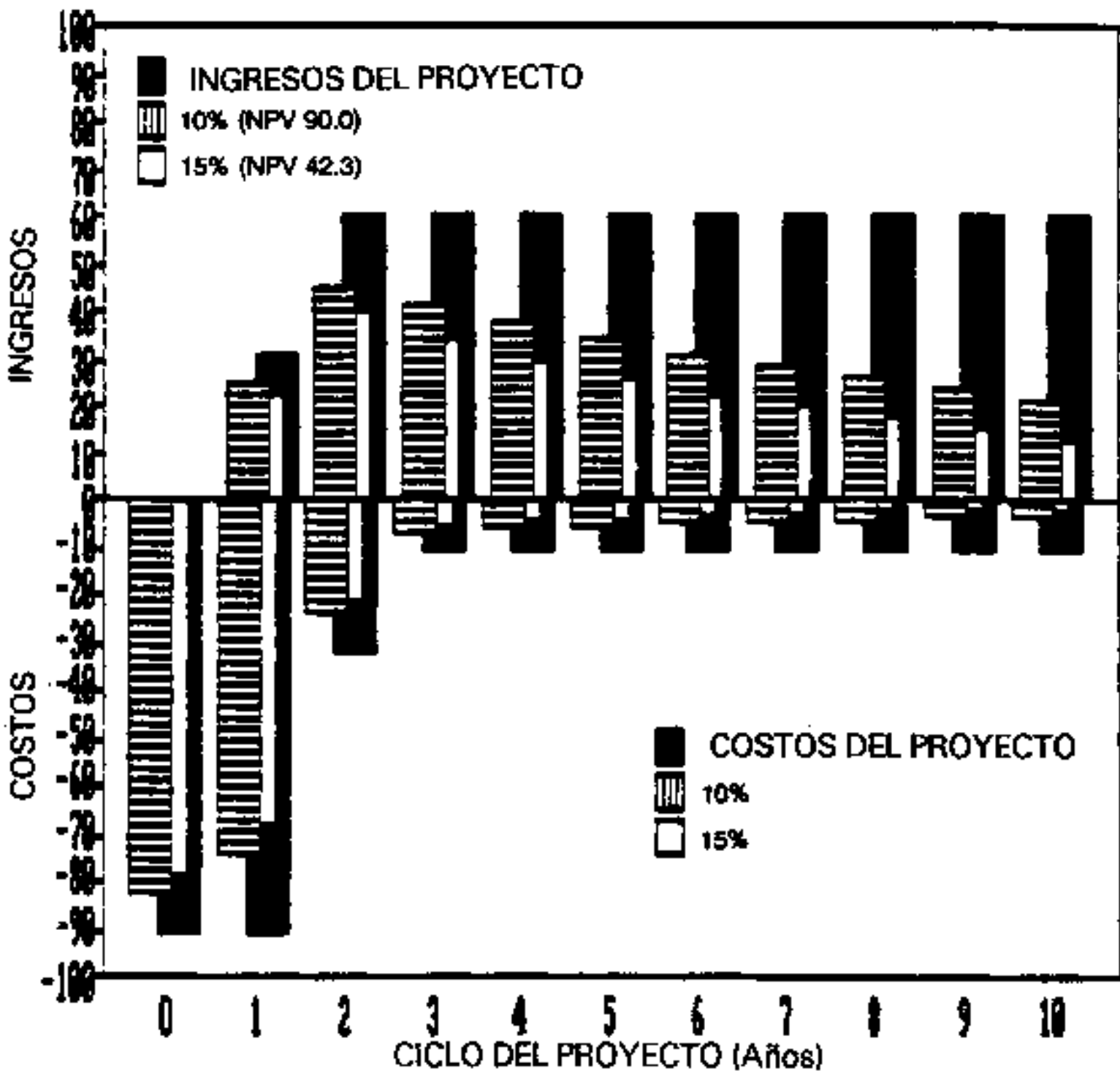
Otra manera especial de reflejar la incertidumbre en el análisis del proyecto es añadir una tasa de riesgo a la tasa de descuento. El efecto de aumentar la tasa de descuento es dar menos peso a la creciente incertidumbre de costos y beneficios en períodos futuros. (Anderson et al., 1977). Esto es consistente con lo que ya ha sido observado en el sector privado. Los gerentes generalmente requieren de tasas internas más altas para inversiones más riesgosas. Una variante a esto es añadir una prima a la tasa de descuento para los beneficios y restar una prima para los costos, un procedimiento consistente con el hecho de que los peligros disminuyen los beneficios y aumentan los costos.

Esta técnica está basada en una decisión subjetiva acerca del monto del costo adicional por concepto de riesgo, que debe ser añadido o restado a la tasa de descuento. El mismo tipo de información útil para el período de corte puede ser utilizado para determinar la tasa de descuento. Esta información debería estar disponible en la etapa de prefactibilidad de planificación del proyecto.

Una decisión subjetiva sobre la tasa de descuento puede incorporar la información disponible sobre la posibilidad de un peligro de lento desarrollo, además de los peligros súbitos de impacto inmediato a corto plazo, tales como las tempestades severas y las inundaciones rápidas. Una vez más, este método debe ser empleado cuando la información es limitada.

En el anterior ejemplo de agricultura, cualquier indicación de inundación aumenta el riesgo del proyecto. Si es que se ha de utilizar normalmente una tasa de descuento del 10% para los beneficios, la tasa de descuento podría ser incrementada hasta 12% o 15%, tal como se ve en la Figura 2-6.

Figura 2-6: METODO DE REAJUSTE DE LA TASA DE DESCUENTO



Este método es preferible al método de período de corte porque incluye información respecto a costos y beneficios futuros. Sin embargo, el reajuste de riesgo de la tasa de descuento es arbitrario, y el método no reconoce diferencias de riesgo entre los diversos componentes del proyecto. Más adelante se tratan métodos más rigurosos y defendibles, capaces de evaluar cuantitativamente las incertidumbres de beneficios y costos en un período de tiempo.

c. Enfoque de la Teoría de los Juegos

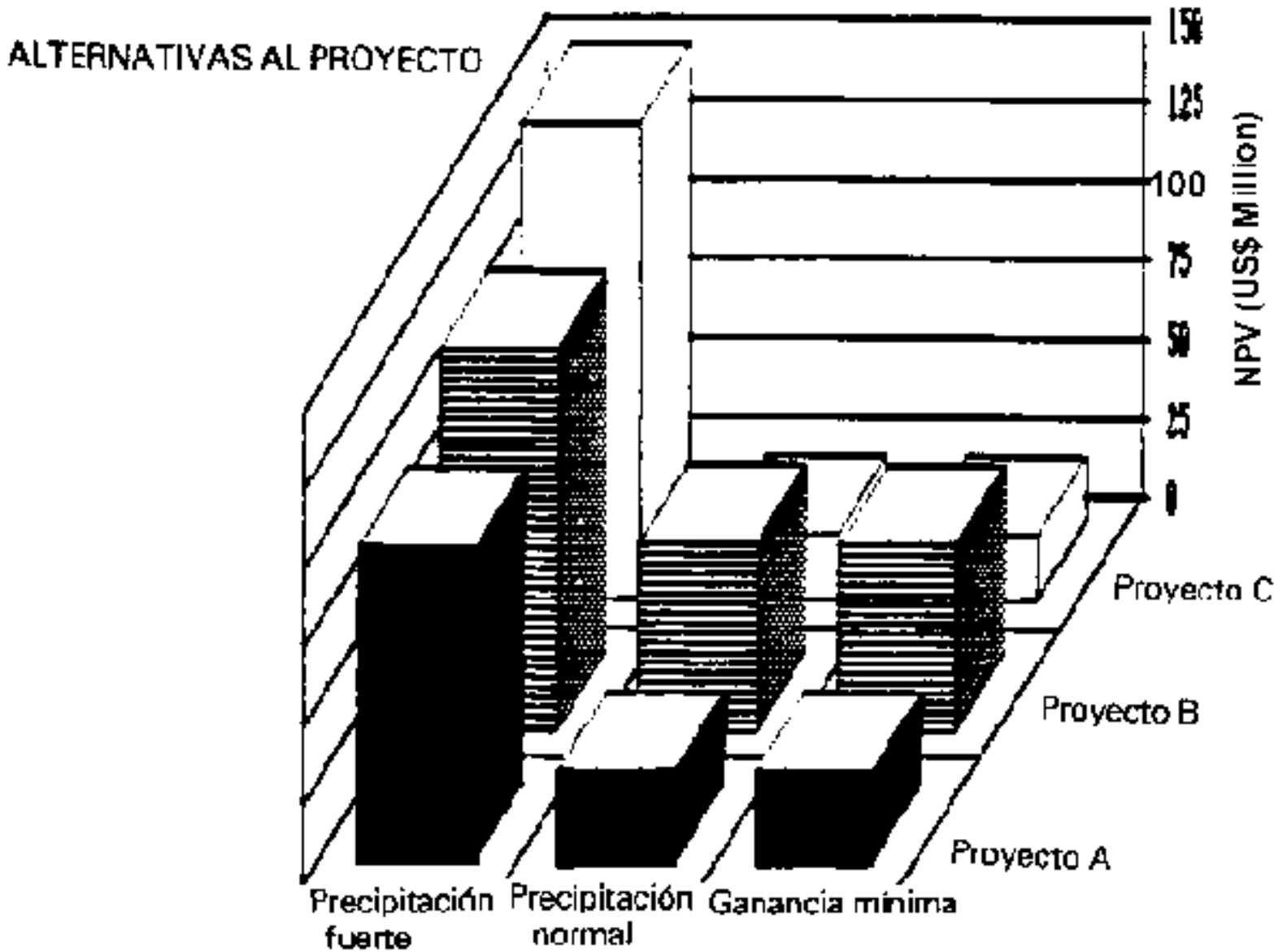
Cuando no hay información confiable respecto a las probabilidades de distribución de los peligros, pueden ser útiles dos estrategias de la Teoría de Juegos: la estrategia de máximin-ganancia y la estrategia de minimax-pérdida. Ambas pueden ser aplicadas en las etapas iniciales de la formulación de proyecto a

medida que esté a disposición el mínimo de información necesaria: registros de eventos históricos, datos climatológicos y meteorológicos y registros de daños anteriores de peligros naturales. Con esta información es posible estimar los beneficios comparativos de alternativas equivalentes bajo diversos grados de severidad del peligro natural. Los métodos de las teorías de los juegos son más adecuados para peligros a corto plazo y de impacto inmediato, que pueden ser fácilmente encasillados en escenarios de menor y mayor daño.

Estrategia de Maximin-Ganancia

Para ilustrar el enfoque máximin-ganancia, que deriva su nombre de maximizar el mínimo, se supone que se ha tomado una decisión para mejorar el proyecto agrícola previamente discutido, con una medida estructural de mitigación orientada a reducir los efectos de inundaciones potenciales. Están bajo consideración tres proyectos de control de inundaciones, proyectos A, B, y C, iguales en costo (Anderson y Settle, 1977). Para conveniencia, se supone que existen dos posibles escenarios: precipitación fuerte y precipitación normal. Si ocurre la precipitación fuerte, el VAN de los beneficios de estos tres proyectos son: proyecto A = \$100 millones, proyecto B = \$120 millones, y Proyecto C = \$150 millones. Si la precipitación es normal, los proyectos proporcionarán beneficios de irrigación y otros beneficios descontados de \$30 millones, \$60 millones y \$20 millones respectivamente. Estos beneficios serán mayores en el caso de lluvias fuertes, debido a que el beneficio primario es la prevención de daños por inundaciones. Los diferentes resultados están resumidos más adelante y se ven en la Figura 2-7.

Figura 2-7: ESTRATEGIA MAXIMIN GANANCIA



	Beneficios	
	Fuerte precipitación	Precipitación normal
Proyecto A	\$100 millones	\$30 millones
Proyecto B	\$120 millones	\$60 millones
Proyecto C	\$150 millones	\$20 millones

La estrategia de maximin-ganancia conduciría a seleccionar el proyecto B, ya que el beneficio mínimo es \$60 millones comparado con los \$30 millones para el proyecto A y \$20 millones para el proyecto C. La estrategia maximin-ganancia está basada enteramente en la seguridad y tiene la desventaja de ser muy conservadora; aún si los beneficios de A y C fueran más grandes que aquellos para B, bajo condiciones de fuerte precipitación, siempre se seleccionaría el proyecto B. Así pues, esto puede conducir a la selección de proyectos que la mayoría de las personas considerarían inferiores.

Estrategia Minimax-Pérdida

Un enfoque alternativo es la estrategia minimax-pérdida. Esta consiste en minimizar la pérdida que pudiera darse. Usando el mismo ejemplo anterior, si es que ocurren fuertes lluvias el proyecto C resultaría ser el de

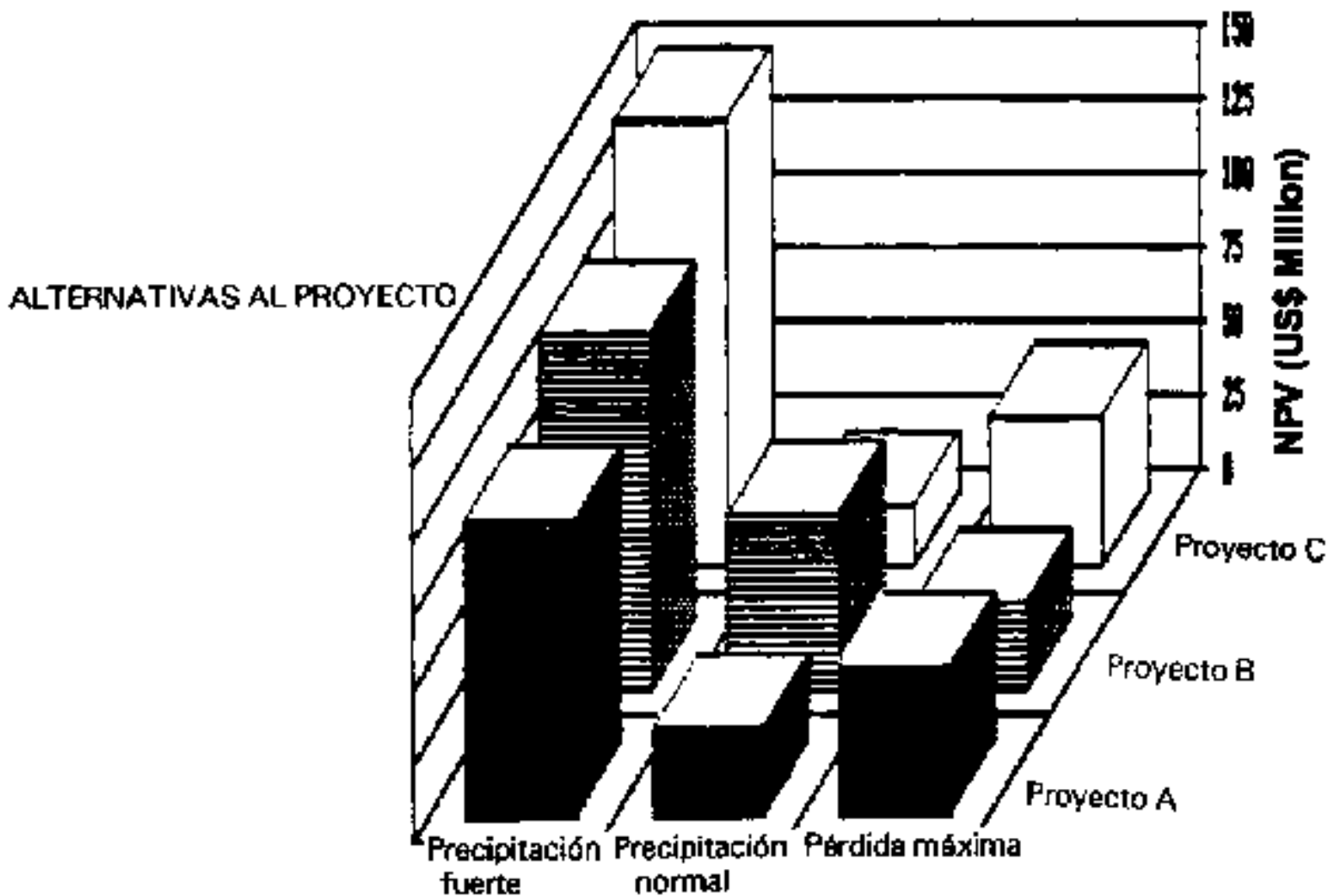
mayor beneficio, \$150 millones. Si el proyecto A fuera seleccionado la pérdida, o sea los beneficios dejados de lado al no seleccionar C, serían de \$50 millones de dólares (\$ 150 millones menos \$ 100 millones) y al no seleccionar B serían de \$30 millones (\$150 millones menos \$120 millones). Si la lluvia fuera normal en vez de fuerte, el proyecto B produciría los mayores beneficios, \$60 millones. En ese caso los beneficios dejados de lado serían \$40 millones para el proyecto C y \$30 millones para el proyecto A. Ahora, considerando las dos condiciones climáticas, - lluvia fuerte y normal, la máxima pérdida sería \$50 millones, \$30 millones y \$30 millones respectivamente para los proyectos A, B, y C. Por lo tanto, la estrategia minimax-pérdida nos conduciría a seleccionar B ya que tiene la más pequeña pérdida máxima tal como se ve en la Figura 2-8.

d. Análisis de Sensibilidad

En el análisis de sensibilidad, el analista cambia el valor de los parámetros determinantes que están sujetos a riesgo, para determinar el efecto sobre el VAN de un proyecto. Generalmente, los valores son modificados uno a la vez, pero a veces son modificados en combinación uno con otro. Esto puede ser útil cuando la información disponible indica cuánto debe ser modificado cada parámetro (Irwin, 1978). Típicamente, se cambian los valores una cantidad arbitraria, digamos un 5%.

El análisis de sensibilidad puede ayudar a identificar aquellos elementos del proyecto que requieren mayor consideración y puede ser usado en la etapa del perfil, antes de completar un análisis de riesgo más sofisticado.

Figura 2-8: ESTRATEGIA MINIMAX-PÉRDIDA



También puede ser usado para probar el efecto de las medidas de mitigación. Es adecuado para todo tipo de peligro aún cuando la información disponible sea mínima.

Los tipos de información útiles para este análisis son historia de eventos, datos climatológicos y meteorológicos, e informes de daños anteriores. Estos datos ayudan a los economistas a estimar variaciones porcentuales en los parámetros de información previa sobre peligros.

Los ejemplos de este proyecto agrícola pueden ser utilizados aquí para demostrar este método. Con la ayuda de una computadora personal o aún de una calculadora de mano, se puede realizar un análisis de sensibilidad sobre cada costo y beneficio para determinar sus efectos sobre el resto del proyecto. Por ejemplo, un análisis de sensibilidad sobre cosechas puede demostrar que si baja la producción en un 40% en el primer año, como resultado de una inundación de nivel intermedio, los beneficios totales del proyecto pueden ser grandemente disminuidos, o se necesitaría mucho más tiempo para cubrir los costos.

La mejor manera para dar a conocer los resultados de los análisis de sensibilidad es mediante "valores límites" (Baum, 1980). Estos son los valores de variables determinantes cuando el VAN del proyecto llega a cero o que la relación beneficio-costo llega a ser menor que uno. Los valores límites pueden ser presentados como se ve más adelante y en la Figura 2-9.

Variable	Valor límite
Precio de maíz	-40%

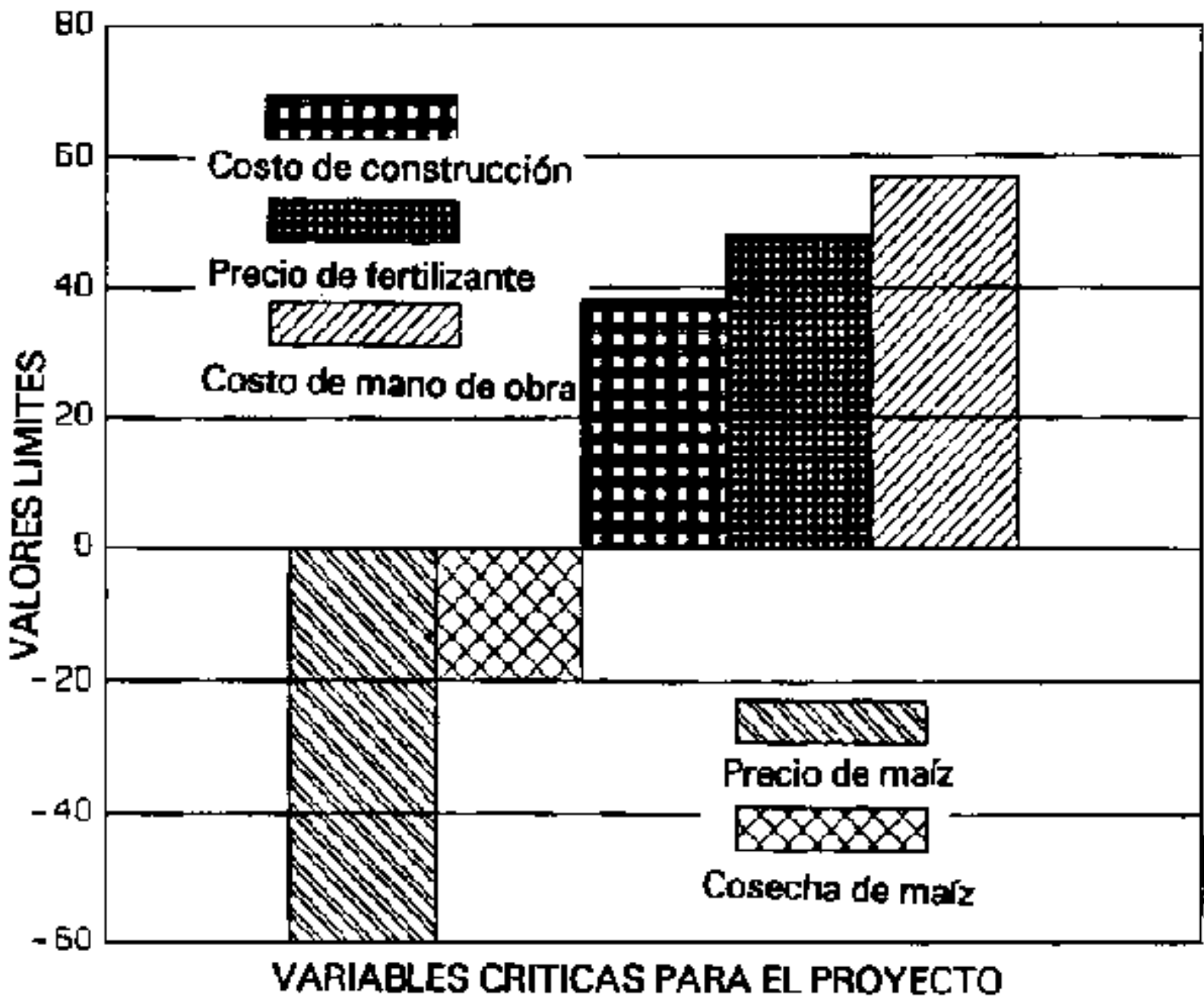
Cosecha de maíz	-20%
Costos de construcción	+35%
Precio de fertilizante	+50%
Costo de mano de obra	+60%

En este ejemplo, las cosechas del maíz sólo tendrían que bajar de su valor esperado un 20% para que el VAN del proyecto sea igual a cero. Por otro lado, los costos de mano de obra tendrían que aumentar hasta un 60% antes de que el VAN baje a cero.

2. Criterios de decisión con información probabilística

Si se tienen a disposición las distribuciones de probabilidad para las variables económicas determinantes, puede realizarse una evaluación más rigurosa de riesgo. Las distribuciones probabilísticas pueden basarse en evaluaciones subjetivas de expertos o en información histórica: datos episódicos, climatológicos, meteorológicos y agronómicos. Por ejemplo, si se disponen de datos adecuados, la distribución probabilística de las cosechas puede ser estimada en base a registros históricos de la granja o de la estación experimental. Cuando estos datos no están disponibles, como suele ocurrir, las probabilidades subjetivas pueden ser obtenidas de los propios agricultores, agentes de extensión o agrónomos.

Figura 2-9: ANALISIS DE SENSIBILIDAD



Una manera relativamente sencilla de obtener probabilidades subjetivas es el método de distribución triangular. Los analistas pueden estimar el más probable, la mejor y la peor de las posibles cosechas. La media y la varianza de la distribución de probabilidad pueden entonces ser estimadas (Anderson et al., 1977). Las distribuciones subjetivas de cosechas pueden ser proporcionadas para los proyectos con o sin medidas de mitigación de peligros naturales.

Dado que los peligros naturales pueden afectar tanto los beneficios del proyecto, (por ejemplo, destruyendo las cosechas) como los costos (por ejemplo, dañando los sistemas de irrigación), en algunos casos será deseable obtener distribuciones de probabilidades de los eventos de peligros naturales. La información probabilística puede ser obtenida para cualquier tipo de peligro natural con una magnitud y frecuencia cuantificable pero, por supuesto, la calidad de la información puede variar grandemente.

Al estimar la distribución de probabilidades de las medidas de factibilidad económica tales como VAN sólo un número limitado de variables son consideradas como aleatorias o sujetas a fluctuaciones; otras son consideradas fijas para propósitos del análisis. Las variables a las que se permite fluctuar pueden ser

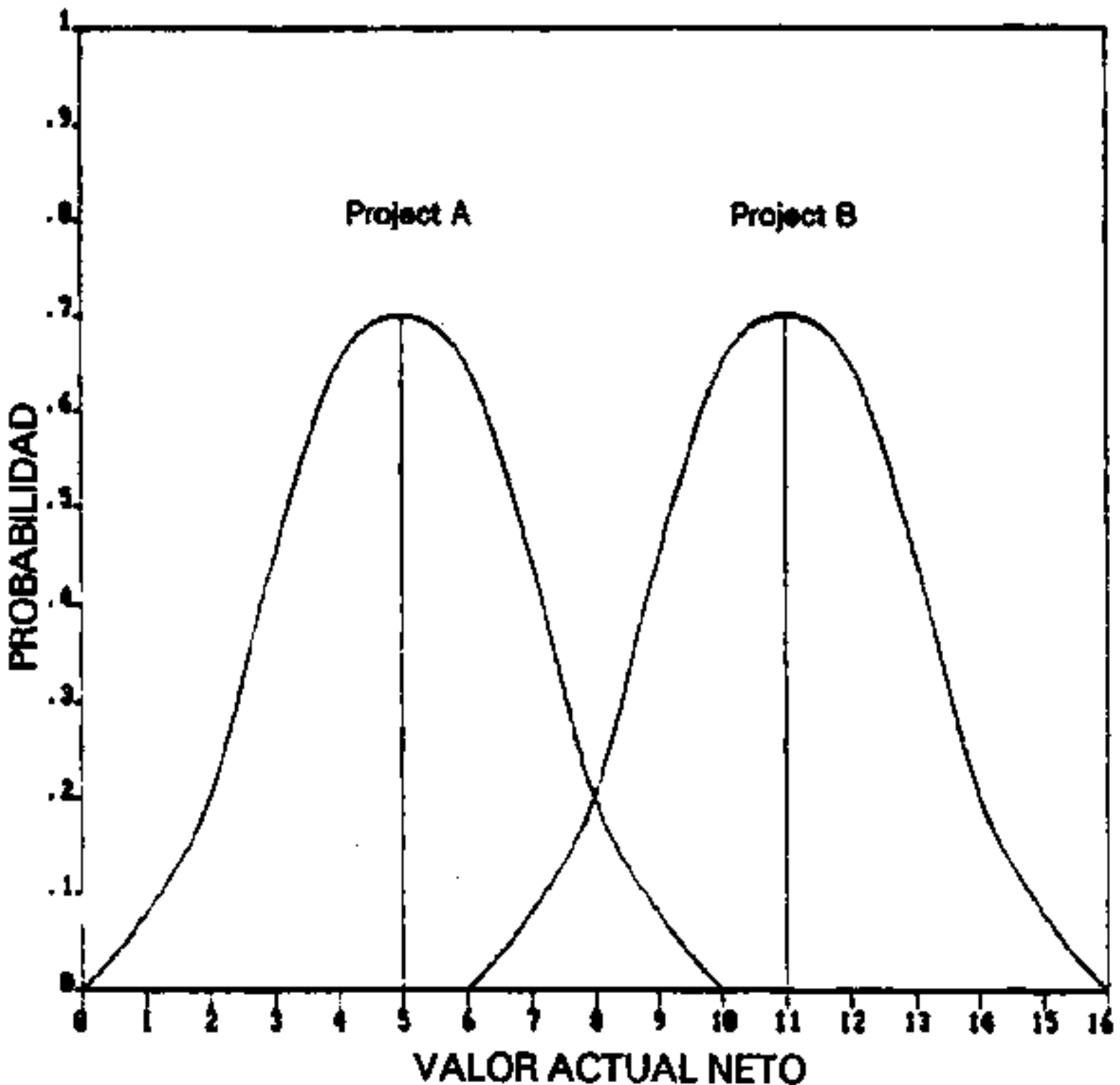
seleccionadas en base al análisis de sensibilidad, para identificar a las importantes u observar a las que fluctúan grandemente. Varias distribuciones de probabilidad pueden ser combinadas matemáticamente, o usando métodos de simulación en computadora, para formar una distribución de probabilidades del VAN. La distribución proporciona información respecto a los riesgos del proyecto.

Después que las distribuciones de probabilidades han sido calculadas, el valor medio o promedio de cada distribución puede ser comparado para hacer una selección entre proyectos o entre alternativas dentro del proyecto. Pero el uso de promedios solamente, ignora los riesgos relativos de los proyectos aún cuando esta información ya se encuentra disponible a partir de las distribuciones de probabilidades hechas antes. Se sugieren dos métodos para compensar esto: análisis de Media y Varianza y el análisis de Seguridad Primero.

a. Análisis de Media y Varianza

En base al análisis de Media y Varianza, que puede ser aplicado en la etapa de prefactibilidad del desarrollo del proyecto, los proyectos pueden ser comparados graficando las funciones de la probabilidad del VAN. En la Figura 2-10, el proyecto A y el proyecto B tienen distribuciones de probabilidades similares - es decir tienen el mismo riesgo - pero la distribución para el proyecto B está más hacia la derecha, indicando que el VAN es mayor. Por lo tanto el proyecto B es preferible al A.

Figura 2-10: ANALISIS DE MEDIA Y VARIANZA: PROYECTOS CON IGUAL RIESGO Y DIFERENTES VAN



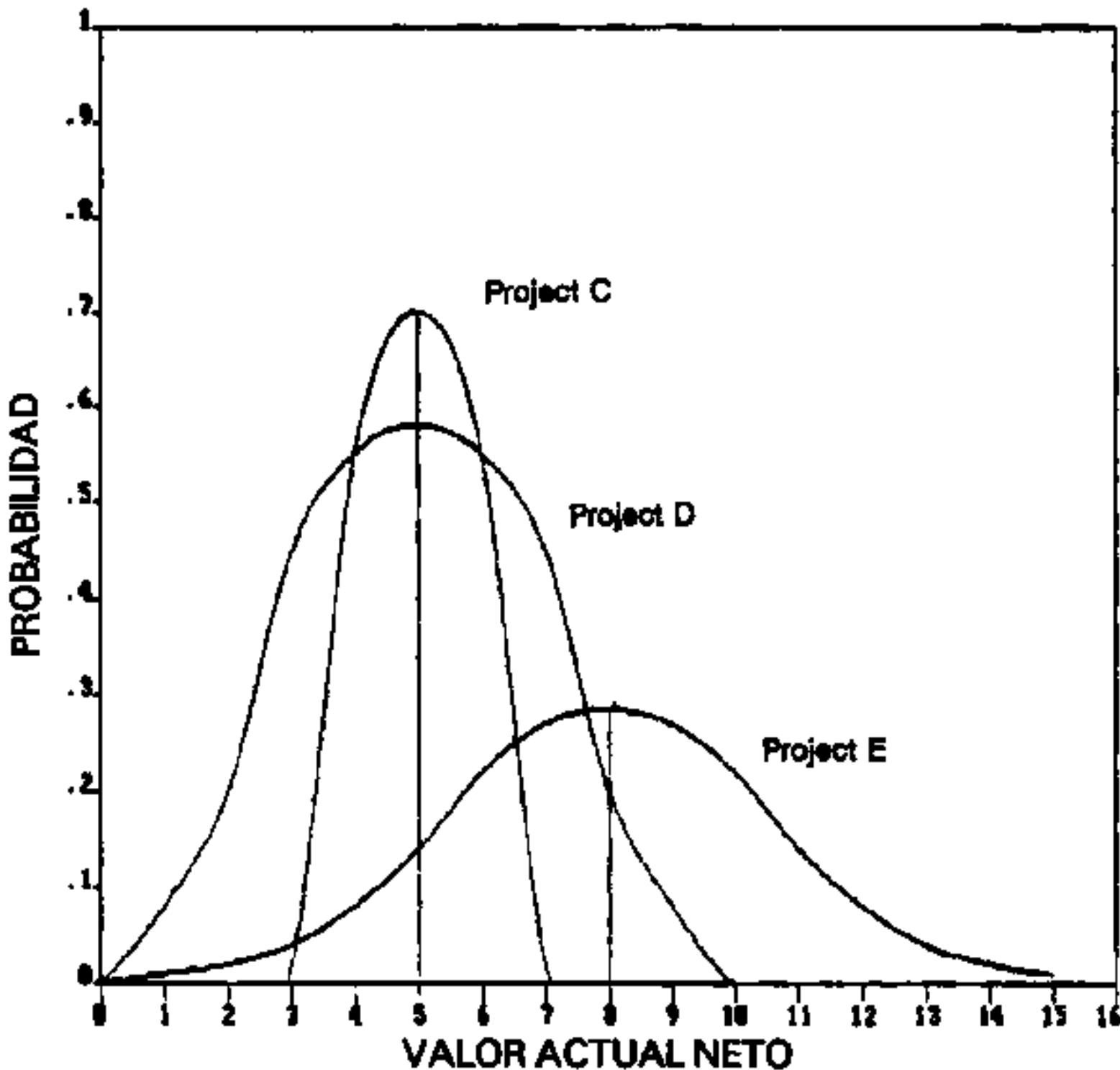
En la Figura 2-11 los proyectos C y D tienen la misma media, pero el proyecto D tiene mayor dispersión alrededor de esta media y por lo tanto es más riesgoso. Si sólo se consideraran los valores medios de los VAN de los proyectos, la sociedad sería indiferente respecto a los proyectos C y D. Sin embargo, si la sociedad considera que este es un proyecto crítico y no puede darse el lujo de tener bajo rendimiento, el proyecto C será preferido, dado que hay menos probabilidad que el VAN caiga debajo de la media. La comparación del proyecto C con el proyecto E es menos clara: el proyecto E tiene una media mucho más alta que el proyecto C pero su varianza es también más-grande. Está claro que existe una relación entre un mayor VAN esperado y la aceptación de un mayor riesgo. Quien toma decisiones, no el analista, tendrá que decidir qué peso darle a un mayor VAN versus un mayor riesgo.

El análisis de media y varianza puede ser fácilmente aplicado al ejemplo de los proyectos de control de inundaciones que fue presentado anteriormente. La información requerida incluye datos históricos sobre inundaciones anteriores - magnitudes y frecuencias de ocurrencia - de las cuales se puede calcular medias y varianzas estadísticas para obtener suficientes datos como para determinar la probabilidad de la inundación. Esta información puede ser utilizada por los planificadores para tomar una decisión. También puede ser utilizada para calcular la distribución de probabilidades del VAN de proyectos alternos de control de inundaciones y, a su vez, las medias y las varianzas de los VAN de los proyectos. Este análisis permite al planificador del proyecto considerar la varianza o el riesgo del VAN que resulta de las inundaciones.

b. Análisis de Seguridad Primero

Dado que el manejo de riesgo concierne principalmente a la reducción de pérdidas, el lado izquierdo de la distribución de probabilidades es de mayor interés que el lado derecho para un analista. Si la distribución es simétrica, como es normal, las decisiones basadas en la variación serán adecuadas para el manejo de riesgo porque las fluctuaciones negativas y positivas alrededor de la media son igualmente probables. Sin embargo, algunos fenómenos en el mundo real, de interés para el análisis de riesgo, parecen seguir distribuciones que están cargadas en una u otra dirección. Por ejemplo, las cosechas de maíz pueden llegar a 100 "bushels" por acre, y una sequía que ocurre cada cinco años podría causar que las cosechas bajen a cero pero, probablemente, nunca habrá cosechas que fluctúen por encima de la media hasta 200 bushels. Así pues, los analistas podrían adoptar un criterio de decisión orientada a la parte baja de la distribución. Una ventaja adicional de tal decisión es que se presta más fácilmente a discusiones de minimizar pérdidas, que pueden ser útiles cuando se consideran medidas de mitigación de peligro. Los criterios de Seguridad Primero pueden ser aplicados a los peligros naturales relativamente frecuentes, tales como inundaciones y tormentas severas, pero no son útiles para eventos catastróficos de poca frecuencia tales como erupciones volcánicas y tsunamis.

Figura 2-11: ANALISIS DE MEDIA Y VARIANZA: INTERRELACION ENTRE MAYOR VAN Y MAYOR RIESGO



METODO SEGURIDAD PRIMERO

Maximizar el VAN sujeto a $P(VAN < C) < a$

El recuadro arriba muestra los siguientes valores: VAN = al valor actual neto, P = probabilidad, C = valor crítico de umbral y a = valor de poca probabilidad. El criterio de decisión es maximizar el VAN esperado sujeto a la limitación de que sólo hay una pequeña probabilidad que caerá debajo de un valor constante. Por ejemplo, quien toma decisiones podrá escoger aquel proyecto con el VAN esperado más alto, siempre que la probabilidad de que caiga debajo de cero sea menos del 5% (Pandey, 1983).

Supongamos que el criterio de Seguridad-Primero sea establecido como sigue: maximizar el VAN sujeto a

no más de una probabilidad del 20% de que el VAN caiga debajo de \$20.000 dólares. La probabilidad acumulativa del VAN para dos proyectos diferentes se observa en la Figura 2-12. Como lo indica el gráfico, la probabilidad es 40% para el proyecto A y 15% para el proyecto B. El criterio de Seguridad Primero eliminaría A de mayor consideración. Si hubieran otros proyectos con menos de un 20% de probabilidad de tener un VAN inferior a \$20.000 dólares, entonces aquel con el VAN más alto sería recomendado para su implementación.

El método de Seguridad Primero puede ser aplicado al ejemplo de control de inundaciones. El planificador del proyecto puede decidir el mínimo absoluto para el nivel de VAN para que el proyecto continúe. Si el mínimo VAN aceptable es \$1 millón de dólares y la probabilidad de que caiga por debajo de esa cifra es respectivamente 40% , 20% y 70%, para los diferentes proyectos de control de inundaciones, podría preferirse a aquel con la probabilidad más pequeña.

Con los métodos descritos en esta sección, los proyectos pueden reflejar los costos adicionales que presentan los peligros naturales y los beneficios adicionales que resulten de las medidas de mitigación. La Figura 2-13 resume las relaciones entre estos métodos y el proceso de preparación para la inversión. Algunas de las consideraciones más importantes para incorporar los peligros naturales en la evaluación de proyectos de inversión son presentadas en el siguiente recuadro.

Figura 2-12: METODO SEGURIDAD PRIMERO

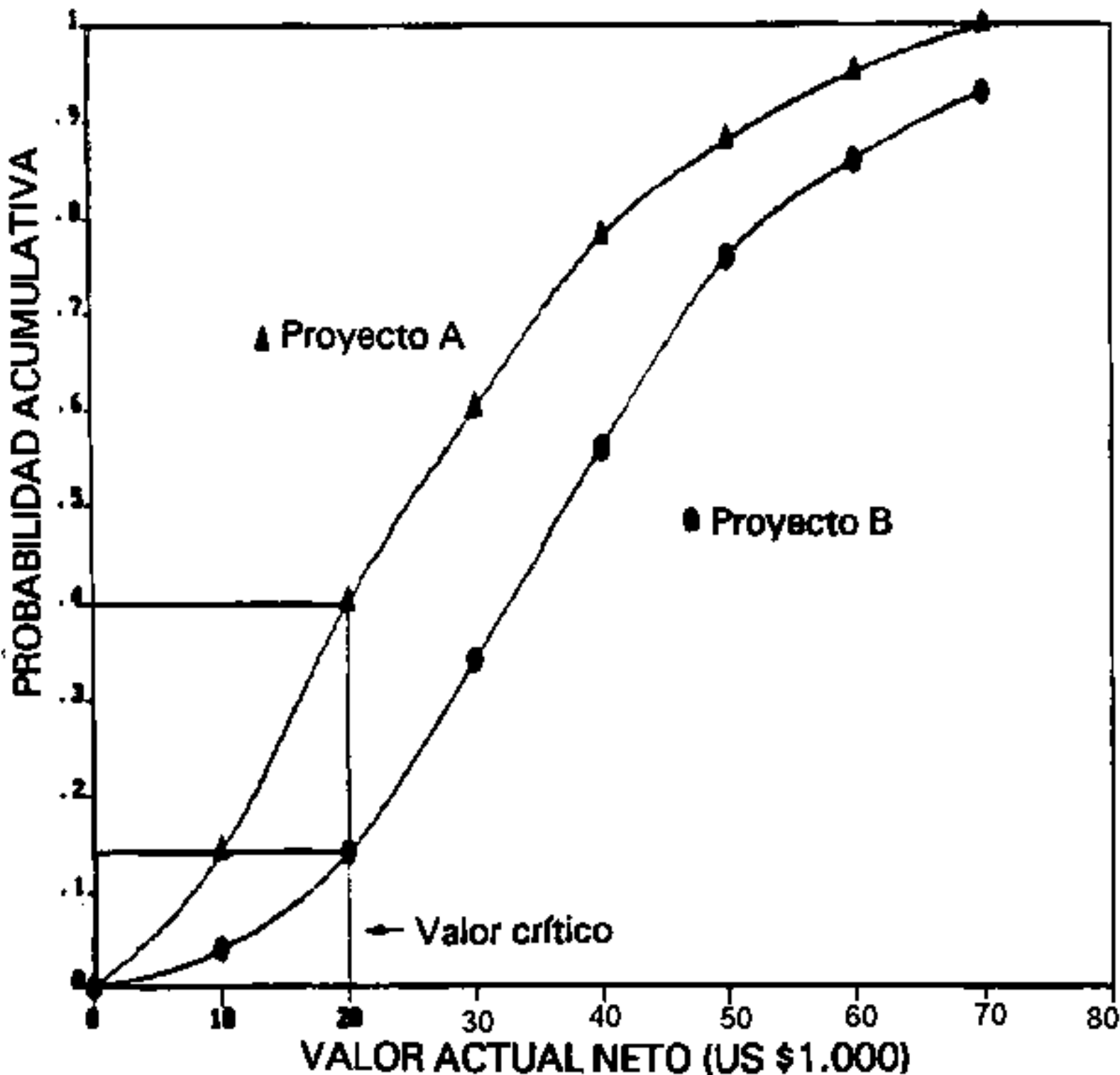


Figura 2-13: APLICABILIDAD DE LOS METODOS DE EVALUACION ECONOMICA PARA INCORPORAR CONSIDERACIONES SOBRE PELIGROS NATURALES EN LA EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION

CONSIDERACIONES DETERMINANTES PARA LA INCORPORACION DE PELIGROS NATURALES EN LA EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION

- Los peligros naturales deben de ser considerados en la evaluación de proyectos tanto del sector público como privado.
- Los análisis multicriterio pueden ser usados para incorporar consideraciones de peligros naturales en la planificación para el desarrollo y en proyectos de inversión.
- Cuando se dispone de poca información de riesgo, los métodos de análisis de período de corte, reajustes de la tasa de descuentos, maximin-ganancia, minimax-pérdida, y análisis de sensibilidad, pueden ser usados para incorporar los peligros naturales en la evaluación económica de los proyectos de inversión.
- Cuando se dispone de información probabilística, el análisis de media y varianza y el análisis de Seguridad Primero, entre otros métodos, pueden ser usados para considerar los peligros naturales en la evaluación económica de proyectos de inversión.

G. Comentarios finales

Los peligros naturales pueden ejercer considerable impacto humano y económico sobre el sector de agricultura en los países en desarrollo. Ya que estos y otras formas de riesgo pueden hacer incierto el resultado de proyectos de desarrollo, tendrán que ser considerados muy temprano al iniciar el proceso de desarrollo. Para que esto suceda, será necesario un gran esfuerzo para modificar las prácticas actuales de formulación de proyectos y evaluación. Dichos cambios no deben estar limitados a la planificación del proyecto, ya que, si los desastres naturales han de ser significativa y consistentemente reducidos, no sólo en proyectos aislados, también tendrán que ocurrir cambios en las agencias gubernamentales, agencias de asistencia para el desarrollo, instituciones bancarias, comunidad científica, y en las actitudes hacia los peligros naturales. Sin duda alguna, la disponibilidad de información oportuna y adecuada será un factor determinante en hacer que estos grupos tomen conciencia del significado humano y económico de los desastres y de la necesidad de apoyar la mitigación de los peligros a diferentes niveles. Como intermediarios, las agencias de asistencia de desarrollo deben sacar ventaja de sus capacidades inherentes y asumir un rol destacado en este proceso.

Debido a que los recursos son escasos y costosos, las acciones de mitigación deben de ser bien enfocadas y articuladas. Las acciones de mitigación de peligros naturales deben de reflejar las legítimas prioridades sociales, económicas y políticas, y los nuevos proyectos de inversión en sectores claves de la economía tales como la agricultura, deben tener preferencia sobre el reajuste de medidas de mitigación en proyectos ya existentes.

Referencias

Anderson, J.R., Dillon, J.L., and Hardaker, J.B. *Agricultural Decision Analysis* (Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1977).

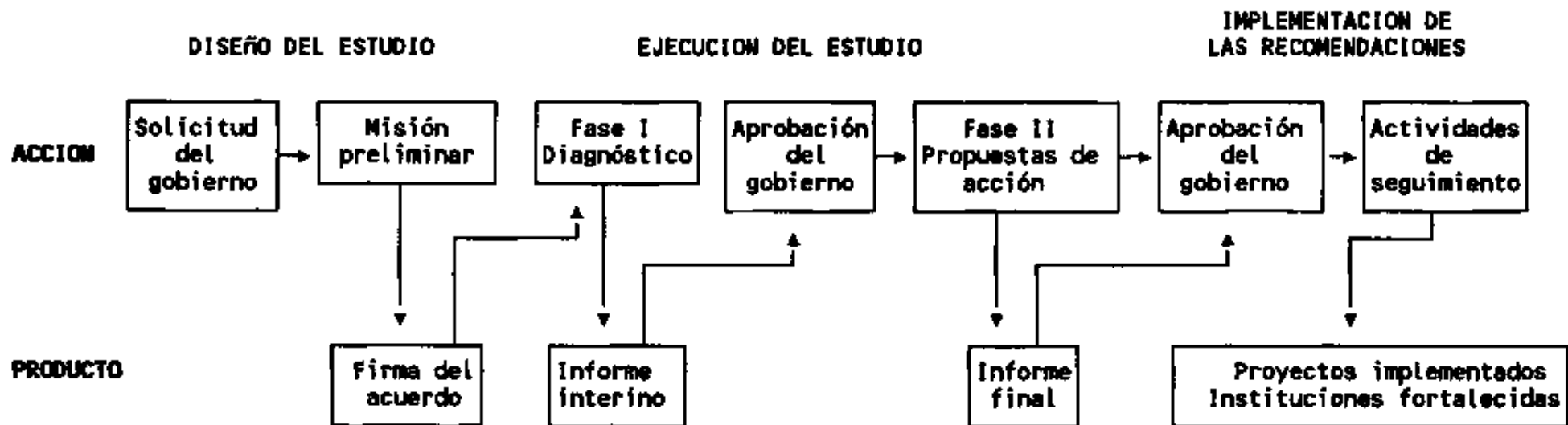
Anderson, L.G., and Settle, R.F. *Benefit-Cost Analysis: A Practical Guide* (Lexington, Massachusetts: 1977).

- Arrow, K.J., and Lind, R.C. "Uncertainty and the Evaluation of Public Investment Decisions" in American Economic Review, vol. 60 (1970).
- Baum, W.C. Risk and Sensitivity Analysis in the Economic Analysis of Projects. World Bank Central Projects, Note 2.02 (July 1980).
- Binswanger, H.P. "Attitudes Toward Risk: Experimental Measures in Rural India" in American Journal of Agricultural Economics, vol. 62 (1980), pp. 395-407.
- Food and Agriculture Organization (FAO). Agriculture: Toward 2000 (Rome: United Nations, 1981).
- Gittinger, J.P. Economic Analysis of Agricultural Projects, 2nd ed. (Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press, 1982).
- Haimes, Y.Y., et al. Multi-objective Optimization in Water Resources Systems (New York: E.S.P. Corp., 1978).
- Howe, C.W. Benefit-Cost Analysis for Water Systems Planning, Water Resources Monograph 2 (Washington, D.C.: American Geophysical Union, 1971).
- Hyman, D.N. The Economics of Governmental Activity (New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1973).
- Irwin, G. Modern Cost-Benefit Methods (London: Macmillan, 1978).
- Keeney, R.C., and Raiffa, H. Decision Analysis with Multiple Conflicting Objectives: Preferences and Value Trade-Offs (New York: John Wiley and Sons, 1976).
- Long, F. "The Impact of Natural Disasters on Third World Agriculture" in American Journal of Economics and Sociology, vol. 37, no. 2 (April 1978).
- Mishan, E.J. Cost-Benefit Analysis: An Informal Introduction, 3rd ed. (Boston: George Alien and Unwin, 1982).
- Organization of American States. Integrated Regional Development Planning: Guidelines and Case Studies from OAS Experience (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984)
- Pandey, S. Incorporating Risk in Project Appraisal: A Case Study of a Nepalese Irrigation Project, A/D/C -APROSC, Research Paper Series # 18 (Kathmandu, Nepal: March 1983).
- United Nations Economic Commission for Latin America (UN/ECLA). Ecuador: Evaluation of the Effect of the 1982/83 Floods on Economic and Social Development (May 1983).
- United Nations Disaster Relief Organization. Case Report on Hurricanes David and Frederick in the Dominican Republic (Geneva: UNDRO, 1980).
- U.S. Agency for International Development, Office of Foreign Disaster Assistance. Countries of the Caribbean Community (Washington, D.C.: USAID/OFDA, 1982).
- Disaster History. Significant Data on Major Disasters Worldwide, 1990-Present. (Washington, DC: USAID/OFDA, 1989).
- Vira, C., and Haimes, Y.Y. Multi-objectives Decision Making: Theory and Methodology (New York: North Holland, 1983).

World Bank. Memorandum on Recent Economic Development and Prospects of Honduras (Washington, D.C.: World Bank, 1979).

Young, D.L. "Risk Preferences of Agricultural Producers: Their Use in Extension and Research" in American Journal of Agricultural Economics, vol. 61 (1979), pp. 1063-1070.

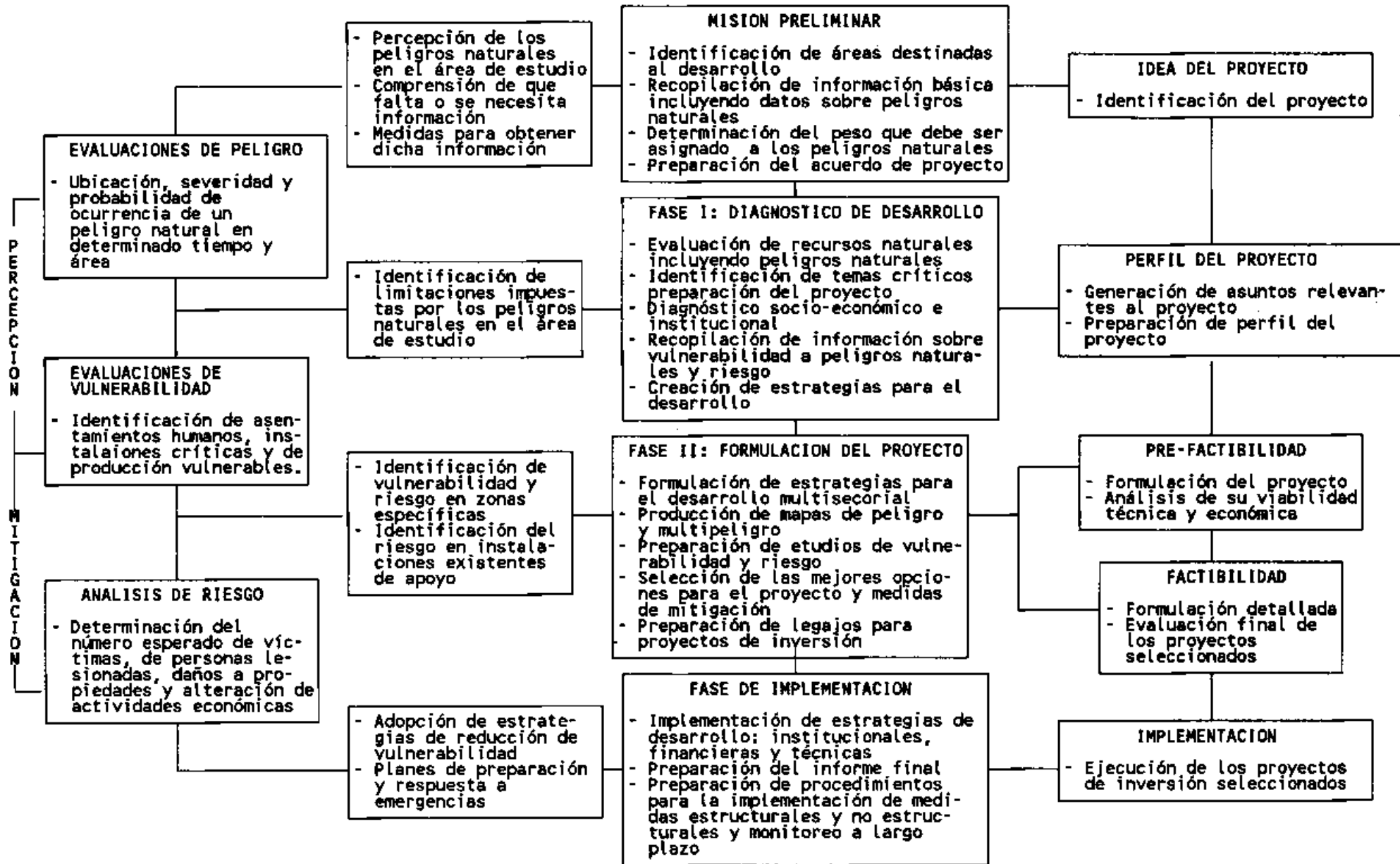


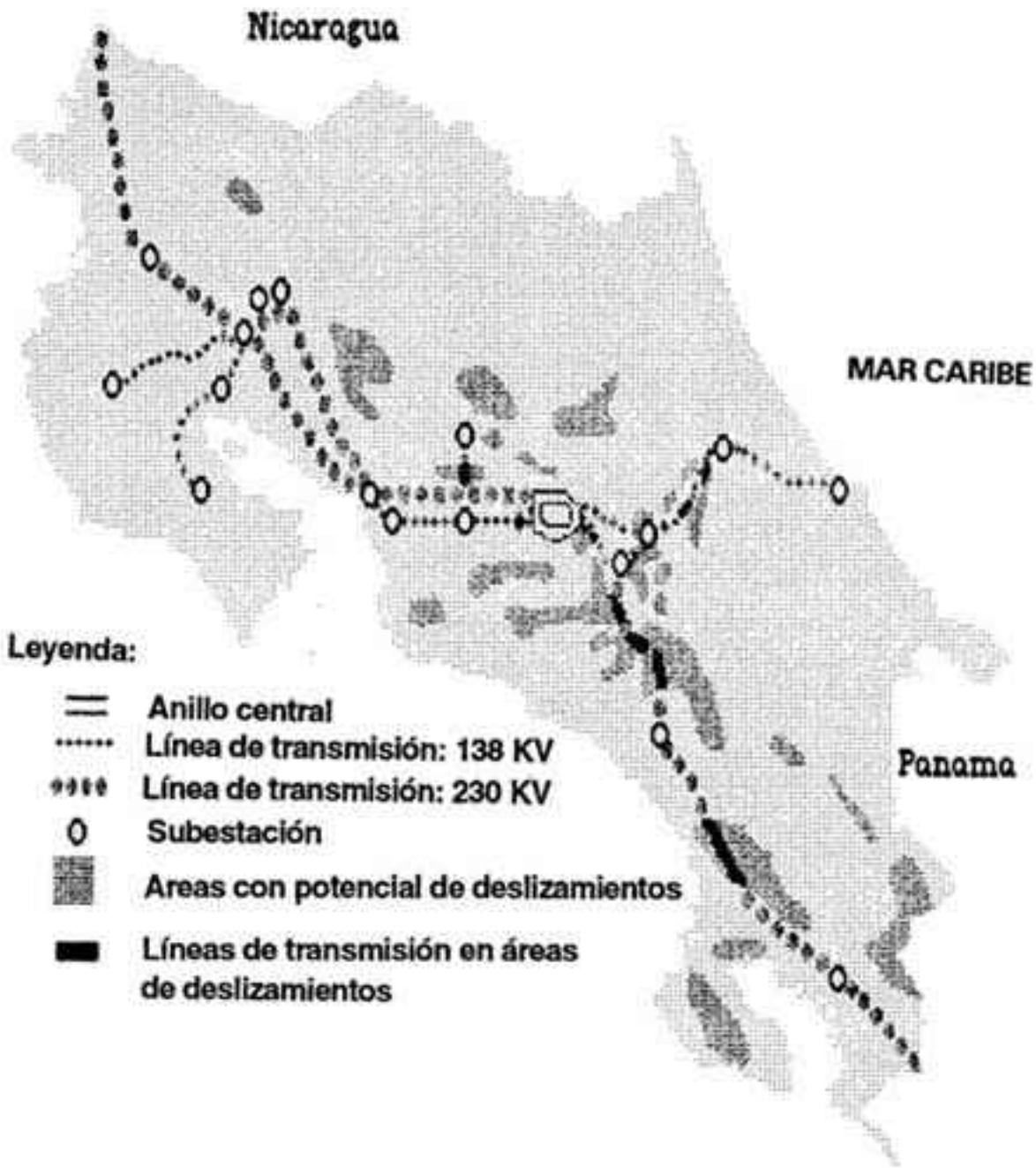


INFORMACION DEL MANEJO DE PELIGROS NATURALES







PROCESO DE LA PLANIFICACION INTEGRADA DEL DESARROLLO

CICLO DE PREPARACION DEL PROYECTO





Leyenda:

-  Anillo central
-  Línea de transmisión: 138 KV
-  Línea de transmisión: 230 KV
-  Subestación
-  Areas con potencial de deslizamientos
-  Líneas de transmisión en áreas de deslizamientos



Capítulo 3. Evaluación de recursos y el rol de los ecosistemas en la mitigación de los peligros naturales

- [A. Evaluaciones de uso de la tierra en América Latina](#)
- [B. Limitaciones de evaluaciones del uso de la tierra](#)
- [C. Evaluaciones del uso de la tierra en base a una visión de sistemas](#)
- [D. Valorización de peligros naturales en evaluaciones de uso de tierras](#)
- [E. Servicios naturales en apoyo de la mitigación de peligros](#)
- [Referencias](#)

RESUMEN

Este capítulo describe los métodos usados para incorporar las evaluaciones de peligros naturales en las evaluaciones de recursos naturales, dando énfasis a aquellas sobre uso de la tierra. También explica el rol de los ecosistemas en mitigar o intensificar de forma natural los eventos peligrosos y cómo este rol es afectado por el desarrollo.

En las etapas iniciales de un estudio de desarrollo regional, se diagnostican los problemas y las potencialidades de la región. Una evaluación de la base de recursos naturales es fundamental para cualquier planificación del desarrollo y cualquier esfuerzo de formulación de proyectos. Esto proporciona información referencial que ayudará a formular una estrategia y a identificar proyectos. Los estudios para el uso de la tierra, incluyendo el uso y capacidad actual de la tierra, son parte de estas evaluaciones y requieren que la información sobre recursos y peligros naturales esté en forma de mapas. El proceso de planificación deberá identificar todos los supuestos y revelar los conflictos potenciales entre las actividades actuales y las propuestas, de un lado, y los peligros naturales de otro. Por ejemplo, la deforestación en suelos inestables puede incrementar la actividad de los deslizamientos de tierra en la parte superior de un reservorio, lo que le acorta la vida útil al producirse mayor sedimentación. Si se ejecuta un proyecto agrícola en una llanura inundable, puede ocurrir que se inunde el área del proyecto o bien que se incurra en un gasto excesivo para mitigar los efectos de la inundación. Aunque las evaluaciones de peligros deben darse durante todo el proceso de planificación - especialmente durante las evaluaciones de uso de tierras - la evaluación de los peligros naturales generalmente recibe una atención mínima.

Los peligros naturales influyen sobre la seguridad y viabilidad de los proyectos y de las comunidades. Aún más, dado que influyen sobre el uso de tierras, también deberían influir sobre las decisiones respecto al uso de tierras. El primer objetivo de este capítulo es proporcionar una guía para integrar evaluaciones de peligros naturales en las evaluaciones del uso de la tierra. La mitigación de los peligros naturales es uno de los muchos servicios naturales que ofrecen los ecosistemas. Por ejemplo, un arrecife de coral hace que las grandes olas rompan a cierta distancia de la línea de costa, reduciendo así el impacto de las tormentas tropicales; pero si el desarrollo de un puerto fractura el arrecife, se pierde esa protección natural. Este capítulo examina los efectos de mitigación de los ecosistemas y las precauciones necesarias para tener la seguridad de que no se socave esos efectos con un desarrollo mal planeado.

Un segundo objetivo del capítulo es proporcionar una visión sintética de la mitigación natural de los peligros naturales. Como introducción al material detallado sobre los peligros individuales y sus evaluaciones en la Parte III, se examina brevemente las implicaciones del desarrollo en la mitigación natural de los peligros principales, colocándolos en un escenario hipotético aunque realista. Este sistema compuesto examina las conexiones con la actividad volcánica, terremotos, deslizamientos, huracanes, inundaciones, desertificación de mesetas (regiones elevadas, pie de monte), zonas costeras o bajas y cercanas a la costa (arrecifes y de estuarios), y ecosistemas marinos (alta mar).

Ambos objetivos contribuyen al objetivo principal de promover la consideración de los peligros naturales en el contexto del sistema en el cual ocurren.

A. Evaluaciones de uso de la tierra en América Latina

Los métodos de evaluación del uso de la tierra empleados en América Latina y el Caribe muestran las dificultades existentes para entender a la naturaleza y, también, las limitaciones de los conocimientos, experiencias e intereses del planificador respecto a sus decisiones sobre uso de la tierra. Los métodos de evaluación del uso de la tierra siempre son subjetivos, como se puede observar comparando los resultados de la aplicación de diversos métodos actualmente en uso. Varios de ellos fueron analizados por Posner *et al.* (1982) al preparar un sistema de clasificación de tierras para los terrenos con fuertes pendientes en los Andes septentrionales. Con notables excepciones, los métodos revisados hacían énfasis en el análisis de suelos. Como la mayoría de los especialistas en suelos también son agrónomos, los resultados

estaban sesgados hacia la agricultura.

Los métodos de evaluación del uso de la tierra, generalmente empleados en Venezuela, Nicaragua y México, están basados en los métodos del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1938). Esos métodos son aceptados en muchas partes, pero han sido criticados como inadecuados para países en desarrollo. También se incluye, en el análisis antes citado, un método de evaluación desarrollado en Centroamérica por la Organización de las Naciones Unidas para Alimentos y Agricultura (FAO), durante los años 60. Este método fue también muy criticado por estar "sesgado hacia llanuras", y se lo reemplazó por uno desarrollado en Africa, basado en el número de días de crecimiento de distintas cosechas. Estos dos métodos y el de "Clasificación integrada Ecológica de la Capacidad de la Tierra" (IELCC), desarrollado en América Latina, son ejemplos importantes que no están basados sólo en el análisis del suelo y las características de las pendientes.

El método IELCC está basado en el World Life Zone System of Ecological Classification de Holdridge (1967). Ha sido adoptado en el Perú como el sistema oficial para la clasificación de tierras y fue usado para la cartografía de casi todos los países de Centro y Sudamérica. De todos los sistemas de evaluación de uso de tierras que están siendo empleados en América Latina, posiblemente éste es el más "completo" (Tosi, 1988), pues incluye al bio-clima, las gradientes del terreno y observaciones sobre micro-relieves, así como los niveles alternativos de tecnología que pueden ser usados para el manejo del terreno. Los factores que influyen en el riesgo social y económico, así como también la profundidad y textura del suelo, su pedregosidad, permeabilidad, fertilidad y pH, su erosión acelerada, salinidad y peligros de inundación, son luego analizados para sugerir el uso de tierras a nivel local.

También se utiliza tecnologías modernas en la evaluación de la capacidad de uso de la tierra. La organización French Overseas Scientific and Technical Research Organization ha cartografiado gran parte de las alturas andinas en el Ecuador usando imágenes de satélite. Esta información se usa en programas de desarrollo regional. El Centro Internacional de Agricultura Tropical, en Colombia, diseñó un sistema computarizado de cartografía (escala 1:1.000.00) para fundamentar las decisiones sobre uso de la tierra en los trópicos bajos de América Latina.

El propósito de estos métodos es evaluar las características de un determinado lugar para tomar decisiones respecto a su capacidad y conformidad de uso. Varios problemas conceptuales se suman a las deficiencias de las actuales evaluaciones del uso de la tierra, comenzando con los términos mismos de "capacidad" y "conformidad". Aunque ambos son utilizados frecuentemente como sinónimos, no son tales (AAAS, 1983). "La capacidad para el uso de la tierra" es un término más general y se refiere a las limitaciones tales como el grado de pedregosidad o de pendiente, que pueden afectar negativamente su uso. "Conformidad", por otro lado, se refiere a aquellas cualidades que permiten usos específicos de la tierra tales como irrigación o producción de determinado cultivo. El término "capacidad" está muy fuertemente identificado con el método del U.S. Soil Conservation Service (de los Estados Unidos) y su sesgo hacia la agricultura. Es posible que en algunos contextos pueda ser preferible el término "conformidad" a fin de evitar confusiones (FAO, 1976). Un problema más significativo emerge de la capacidad de la tecnología actual para convertir casi cualquier extensión de terreno en "capa" para casi cualquier uso, provisto que se haga las inversiones necesarias (Hawes y Hamilton, 1980) y teniendo siempre en cuenta que las áreas específicas son físicamente más "conformes" o adecuadas para un determinado uso que para otros. Las decisiones sobre uso de la tierra están basadas en varios factores adicionales al paisaje físico.

B. Limitaciones de evaluaciones del uso de la tierra

[1. Limitado énfasis a componentes culturales](#)

[2. Falta de procedimientos universales para incorporar información sobre el riesgo de peligros naturales](#)

Tanto los métodos actuales para la evaluación del uso de la tierra como su aplicación, son extremadamente limitados por dos razones: toman poco en cuenta los componentes culturales del entorno y carecen de procedimientos universales para tornar manifiesta la relación entre los usos propuestos para la tierra y los peligros naturales.

1. Limitado énfasis a componentes culturales

Aunque los sistemas de clasificación para uso de la tierra están basados generalmente en datos físicos (Beek, 1978), la mayoría de autores y ejecutores reconocen la importancia de la información socioeconómica en la toma de decisiones sobre uso de la tierra. No obstante, en la determinación de patrones para el uso de la tierra se da menos énfasis a los factores culturales que, frecuentemente, son más importantes que las características físicas y, aún, que las económicas y sociales.

En Santa Lucía, por ejemplo, las áreas que son potencialmente productivas, según los parámetros de suelo y pendientes, y los factores económicos y sociales predominantes, no sostienen actualmente las actividades que una evaluación de uso de tierras les asignaría. Las tierras no son usadas por el temor que las personas tienen a la víbora fer-de-lance, que fue introducida en la isla y se ha refugiado en dichas áreas. El miedo es tan grande que el plan nacional de agricultura y desarrollo tuvo que incluir un proyecto para erradicar esa víbora, a fin de que el área pueda ser incorporada a la producción agrícola.

Existe un sesgo cultural típico que intensifica los fenómenos peligrosos en muchas partes de América Latina: es el prestigio y la autoridad

que conlleva el ser ganadero. La gente poseerá tantas cabezas de ganado como les permita su economía, con preferencia por el ganado vacuno aunque las características bióticas, climáticas, edáficas, económicas y sociales del área no sean favorables para el pastoreo (Clausen y Crist, 1982). El pastoreo pobremente manejado suele intensificar fenómenos naturales tales como la erosión y los movimientos masivos del suelo en gran parte de América Latina.

Los factores culturales que afectan el uso de tierras incluyen la información, la tecnología así como las creencias y tabúes. La producción de una unidad dada de terreno depende del conocimiento inherente del administrador de recursos, los tabúes locales, la disponibilidad de tecnología apropiada y la disposición de la cultura local a aceptar la tecnología y uso de la tierra propuestas. Las evaluaciones de uso de la tierra de dos lugares distintos no pueden ser uniformizadas sólo por el hecho de compartir condiciones físicas similares, porque las culturas de los dos grupos humanos involucrados pueden ser marcadamente diferentes una de otra. Las personas que viven y trabajan en un determinado espacio, frecuentemente dejan de lado las propuestas de estudios sobre los parámetros físicos del área. Las evaluaciones sólo pueden sugerir el potencial de producción y de pérdidas de un uso específico de la tierra; no pueden dictar una decisión que depende de las características de las poblaciones afectadas.

2. Falta de procedimientos universales para incorporar información sobre el riesgo de peligros naturales

Una significativa limitación de todos los métodos de evaluación de la capacidad para el uso de tierras, es que no muestran adecuadamente los riesgos que los peligros naturales presentan a las actividades de desarrollo. Sin embargo, los análisis indican que la mayoría de métodos para la evaluación de recursos (McRae y Burnham, 1981; AAAS, 1983), trata el tema de los peligros naturales muy someramente y que sería fácil incorporar la información sobre éstos durante el proceso de planificación. Se han hecho muchos estudios sobre la evaluación y presentación de peligros específicos tales como deslizamientos de tierra (Varnes, 1985; Brabb y Harrod, 1989), terremotos (Blair y Spangle, 1979; Jaffe *et al.*, 1981; Brown y Kockelman, 1983; Kuroiwa, 1983), inundaciones (U.S. Water Resources Council, 1972; Waananer *et al.*, 1977), tsunamis (Houston, 1980; URR, 1988), y volcanes (Booth, 1979; Crandel *et al.*, 1984). Sin embargo, no hay un método universal para valorizar los peligros naturales en las evaluaciones de recursos para la planificación del desarrollo. Los diferentes métodos son una respuesta a preocupaciones específicas respecto a fenómenos peligrosos individuales.

C. Evaluaciones del uso de la tierra en base a una visión de sistemas

[1. Una visión de sistemas](#)

[2. Atributos de sistemas](#)

Dado que los métodos sobre la evolución de peligros naturales individuales son tratados en otro lugar, esta sección los tomará en cuenta desde el punto de vista del sistema en el cual ocurren, en el contexto de las evaluaciones del uso de la tierra.

1. Una visión de sistemas

La combinación de los atributos del paisaje y de las vinculaciones entre ellos puede reforzar o restringir los posibles usos del paisaje. Por lo tanto, los paisajes deben ser considerados y estudiados como sistemas (Chapman, 1969; Steiner y Brooks, 1981; Rowe y Sheard, 1981; Steiner, 1983). Una visión de sistemas toma en consideración una serie más amplia de atributos y enlaces que lo que normalmente consideran los actuales métodos de evaluación del uso de la tierra (ver Figura 3-1), incluyendo las relaciones entre fenómenos naturales, actividades para el desarrollo y elementos naturales (Hawe y Hamilton, 1980; FAO, 1976; Posner *et al.*, 1982). Tan sólo un listado de los elementos naturales importantes - pendientes, exposición, clima, evapotranspiración, disponibilidad de agua de superficie, y otros (ver Figura 3.2) - es una ayuda, pero sólo es una aproximación incompleta que no llega a integrar la información sobre peligros naturales en las evaluaciones del uso de la tierra.

Para propósitos de clasificación del uso de tierras, todos los paisajes deben ser considerados como sistemas que proporcionan bienes y servicios para satisfacer necesidades humanas. Cualquier aspecto de un sistema de estructuras y funciones que sea de interés humano, puede ser clasificado como un bien o como un servicio del sistema (OEA, 1987). La fotosíntesis, por ejemplo, produce biomasa que se convierte en madera y luego, a través de la actividad humana, en material de construcción. El atributo del sistema es considerado como un peligro si amenaza a la actividad humana (p.e., vientos fuertes o precipitación copiosa). Sin embargo, ya que las necesidades de los humanos varían, los individuos valorizarán los atributos y procesos del sistema de manera diferente: los bienes y servicios valorados por algunos pueden no tener importancia alguna para otros. Para unos, el peligro inherente de un atributo específico del sistema lo convierte en un servicio (p.e., navegación en aguas rápidas o ascenso de montañas). Por otro lado, algunos fenómenos son siempre peligrosos (p.e., flujos de lava). Son estos los que deben ser considerados en las evaluaciones del uso de tierras.

El análisis de bienes, servicios y peligros de un sistema, junto con las necesidades de la población, permite identificar las alternativas que normalmente no están definidas en las evaluaciones del uso de la tierra. Esto es consistente con el propósito de un análisis de sistemas para la evaluación del uso de la tierra, cual es formular una estrategia que incluya el uso, mejora, y conservación de los bienes y servicios potenciales

de la región. La Figura 3-3 es un modelo regional con ejemplos de enlaces internos y externos.

Figura 3-1: UN COMPLEJO AMBIENTAL

Fuente: Basada en Billings, W.D. "Physiological Ecology" en Annual Review Plant Physiology, vol. 8 (1957), pp. 375-392.

**Figura 3-2
ATRIBUTOS Y ELEMENTOS DEL PAISAJE RELACIONADOS AL USO DE LA TIERRA**

Características	Cualidades de la tierra relacionadas
Temperatura del aire	Riesgo de heladas
Precipitación, incluyendo distribución e intensidad	Erosión, inundación, humedad disponible
Velocidad y dirección del viento	Evapotranspiración, tormentas, erosión por el viento
Radiación neta	Evapotranspiración
Granizo y nieve	Peligros climáticos
Evaporación	Evapotranspiración
Profundidad de aguas subterráneas	Drenaje y aeración
Frecuencia de inundaciones	Drenaje y aeración
Textura del suelo y pedregosidad	Facilidad de cultivo, humedad disponible, drenaje, aeración, erosión por agua/viento, permeabilidad
Piedras visibles/roca, afloramientos	Facilidad de cultivo, humedad disponible
Profundidad del suelo	Humedad disponible, capacidad para raíces, facilidad de cultivo
Estructura del suelo, incluye impermeables, formación de corteza, compactación	Erosión agua/viento, capacidad capas para raíces, humedad disponible
Materia orgánica y distribución de raíces	Humedad disponible, erosión agua/viento, facilidad de cultivo
pH (reacción)/CaCO ₂ /yeso	Fertilidad del suelo, alcalinidad del suelo
Mineralogía de arcillas	Erosión de agua, facilidad de cultivo
Química del suelo	Fertilidad, disponibilidad de nutrientes, toxicidad
Permeabilidad del suelo	Drenaje y aeración, humedad disponible
Capacidad de agua disponible	Humedad disponible
Infiltración/escurrimiento	Erosión de agua, inundación
Salinidad del suelo	Drenaje, toxicidad, inundación
Material padre del suelo	Fertilidad, disponibilidad de nutrientes, incluyendo deficiencias y toxicidades.

Fuente: Adaptado de McRae, S.G., y Burnham, C.P. Land Evaluation (Oxford: Clarendon Press, 1981)

Figura 3-3: MODELO REGIONAL CON EJEMPLOS DE ENLACES INTERNOS Y EXTERNOS

Las necesidades humanas incluyen la nutrición, albergue y seguridad personal o colectiva. Los paisajes contienen estructuras y elementos que son peligrosos y que pueden influir negativamente sobre la apropiación segura de bienes y servicios indicados por la evaluación del uso de la tierra. La Figura 3-4 presenta una lista de atributos de la estructura y función del ecosistema que proporciona una amplia variedad de bienes y servicios para satisfacer las necesidades humanas; la Figura 3-5 identifica otros atributos peligrosos.

2. Atributos de sistemas

a. Enlaces y función del sistema

Un sistema está constituido no sólo por los componentes básicos, sino también por los enlaces que existen entre ellos. Estos son los "tubos", "alambres", y "conexiones" que relacionan a un componente de un sistema con otro. La "Primera Ley de la Ecología", se refiere a enlaces: "Todo está relacionado con todo lo demás" (Commoner, 1971).

Tan sólo la cantidad de interconexiones presentes, en cualquier sistema dado, hace que los métodos que pueden identificar estas relaciones sean herramientas valiosas para los planificadores (Steiner and Brooks, 1981).

Un conjunto básico de eslabones puede ser identificado para cualquier ecosistema: terrestre, marino, o urbano. En todos los casos, estos

enlaces tienen que ver con el flujo de material, energía o información entre componentes. Es importante identificar y evaluar los enlaces entre ecosistemas y dentro de ellos (Karra y Schollosser, 1978). Las características de un ecosistema lacustre, por ejemplo, dependen de la actividad humana alrededor del lago, incluyendo a las actividades que tienen lugar en los ríos que lo alimentan y a las características químicas de las precipitaciones que se producen en su cuenca fluvial. Los intercambios de material y energía entre ecosistemas también influyen sobre la naturaleza, la oportunidad y la severidad de eventos peligrosos. Como ejemplo podemos citar los temblores de tierra que causan deslizamientos de tierra a gran distancia del epicentro, y una lluvia fuerte - o la fusión de la nieve y el deshielo - a cientos de kilómetros río arriba, causando inundaciones importantes río abajo. Estos son ejemplos de los eslabones entre ecosistemas aparentemente no relacionados.

Los peligros más severos conciernen al flujo de energía (función del ecosistema) más que a su almacenamiento (estructura del ecosistema). La estructura y la función frecuentemente son estudiadas por separado. En consecuencia, el uso de la tierra no es analizado en el contexto de un sistema, y el estudio del peligro sufre por esto.

Figura 3-4

BIENES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA

BIENES/PRODUCTOS

1.	Agua potable (superficie y subterránea)
2.	Agua industrial (superficie y subterránea)
3.	Agua de inundación (superficie y subterránea)
4.	Madera
5.	Leña/carbón vegetal
6.	Material de construcción de madera (postes, vigas, etc.)
7.	Plantas ornamentales (interiores, exteriores, secas)
8.	Fibras vegetales (soga, tela)
9.	Plantas medicinales
10.	Alimento para humanos (frutas, nueces, savia, semillas, goma, miel, hojas)
11.	Comida para animales domésticos
12.	Animales para la alimentación y consumo humano
13.	Plantas acuáticas para consumo humano
14.	Condimentos (especies, sal)
15.	Plantas con sustancias químicas (tintes, manchas, ceras, látex, gomas, tanina, mieles, drogas, etc.)
16.	Fertilizantes
17.	Materiales acuático precioso/semiprecioso (perlas, corales, conchas, madre perlas)
18.	Material para artesanía (rocas, maderas, fibras para canastas)
19.	Minerales metálicos (bausita, minerales, pepitas)
20.	Minerales no metálicos (asbestos, arcilla, calizas)
21.	Materiales de construcción (arenas, arcillas, cenizas, cemento, grava, piedras, mármol)
22.	Nutrientes minerales
23.	Tintes y barnices minerales
24.	Cueros, pieles
25.	Otros materiales animales (huesos, plumas, colmillos, dientes, garras, mariposas)
26.	Otro material vegetativo (semillas, vainas)
27.	Peces vivos (ornamental)
28.	Animales vivos para zoológicos y mascotas
29.	Animales vivos para trabajo humano
30.	Animales vivos para investigación
31.	Combustibles fósiles (crudos, gas natural, carbón)
32.	Otros combustibles (turba, otros materiales orgánicos, posta, biomasa)
33.	Protección de forraje de ganado

OPERACIONES EN ECOSISTEMA. MANTENIMIENTO. ADAPTACION Y EVOLUCION

1.	Reciclaje de nutrientes
2.	Almacenamiento de nutrientes
3.	Distribución de nutrientes (inundaciones, polvo, transporte de sedimentos)
4.	Fotosíntesis
5.	Respiración
6.	Oxidación
7.	Adaptación
8.	Auto-regulación
9.	Pruebas de competencia y diseño (control de población, evolución)
10.	Reciclaje de minerales
11.	Habitat para animales locales de tierra, aire y acuáticos, insectos y otras formas de vida (alimentación, cruces, criadero y albergue)
12.	Habitat para formas de vida en tierra, aire y otras (alimentación, cruces, criadero y albergue)

BIENES Y SERVICIOS NO TANGIBLES

1.	Rompeviento
2.	Sombra
3.	Uso recreacional de agua (natación, botes, patinaje, esquí sobre el agua, navegación, tabla, buceo)
4.	Uso recreacional de la tierra (caminatas, ascensos, deportes)
5.	Uso recreacional del aire (vuelos, planeo, paracaidismos, alas voladoras, cometas)
6.	Uso recreacional de animales (caza, pesca, cabalgatas, colección de insectos, fotografías, observación)
7.	Uso recreacional del ecosistema (turismo, paseos)
8.	Turismo científico
9.	Exploración
10.	Acumulación de riqueza y especulación
11.	Desarrollo espiritual
12.	Valores históricos
13.	Valores culturales
14.	Sistema de alerta temprana (tiempo, cambio climático, eventos peligrosos)
15.	Modificación de humedad
16.	Modificación de temperatura
17.	Modificación de luz
18.	Filtración ultravioleta y otras radiaciones
19.	Recopilación de información de formas adaptivas de vida (genético)
20.	Otros valores científicos

SERVICIOS ECONOMICOS

1.	Fuentes energéticas (viento, sol, agua, mareas, biomasa, geotérmica)
2.	Dilución de contaminantes
3.	Descomposición de contaminantes (oxidación, evaporación, disolución)
4.	Transporte de contaminantes (viento, agua, consumo animal, dilución aire y agua)
5.	Almacenamiento de contaminantes
6.	Control de erosión
7.	Control de sedimentos
8.	Control de inundación
9.	Otros controles del régimen de aguas
10.	Recarga de aguas subterráneas
11.	Espacio para ocupación urbana, industrial o agrícola, caminos, canales, aeropuertos)

12.	Lugares físicos para estructuras
13.	Control de clima y protección
14.	Control de enfermedades y protección
15.	Atenuación de tormentas

Fuente: Organization of American States (OAS). Minimum Conflict: Guidelines for Planning the Use of American Humid Environments (Washington, D.C.: OAS General Secretariat, 1987).

Figura 3-5
ATRIBUTOS DE ECOSISTEMA COMO PELIGROS NATURALES

1.	Enfermedades y plagas (virus, bacterias, lombrices, parásitos, hongos)
2.	Nivel máximo de crecidas
3.	Avalanchas (deslizamientos, derrumbes, flujo de derrubios)
4.	Viento (tornados, huracanes, ciclones, tormentas de polvo)
5.	Erosión natural y sedimentación
6.	Extremos de temperatura
7.	Extremos de humedad
8.	Sequía
9.	Nieve
10.	Hielo
11.	Granizo
12.	Niebla y bruma
13.	Heladas
14.	Radiación solar
15.	Rayos
16.	Incendios
17.	Químicos tóxicos, concentraciones de gas
18.	Radiación nuclear
19.	Volcanes
20.	Terremotos
21.	Tsunamis
22.	Seiches
23.	Subsidencia
24.	Suelos expansivos
25.	Vegetación dañina (plantas venenosas, especies invasoras)
26.	Animales venenosos (reptiles, insectos)
27.	Predadores

Fuente: Organization of American States, Minimum Conflict: Guidelines for Planning the Use of American Humid Tropic Environments. (Washington, D.C.: OAS General Secretariat, 1987).

De igual importancia son, por un lado, los enlaces entre los atributos físicos y bióticos de un ecosistema y por otro los factores sociales, culturales y políticos. La construcción de una carretera o la urbanización de áreas aguas arriba han de tener una influencia importante sobre el peligro de inundaciones en esas cuencas fluviales. La dinámica del ecosistema incluye fenómenos inducidos por los humanos y fenómenos naturales. Los peligros naturales, tales como el exceso o la escasez de agua, pueden ser intensificados por la actividad humana tanto dentro como fuera del sistema en estudio. Desafortunadamente, las actividades externas y los eventos que pueden influir sobre el área del proyecto, rara vez son consideradas en las evaluaciones de uso de tierras.

Aún más, no se presta suficiente atención a los impedimentos naturales al desarrollo más allá de la pedregosidad, pendientes e inundaciones ocasionales. Los componentes estructurales (textura del suelo, profundidad y distribución; pendiente, densidad y tipo de vegetación; roca firme, precipitación y temperatura) reciben más atención a costa de los procesos funcionales del sistema (ciclo hidrológico, trayectorias y tiempo de ocurrencia de tormentas, fotosíntesis y respiración, resistencia a corte del suelo, ritmo, sucesión, y disipación de energía).

b. Factores limitantes

Los fenómenos naturales pueden tener efectos positivos sobre el desarrollo o pueden tener efectos negativos y ser factores limitantes (ver Figura 3-5). La eliminación de un factor limitante - digamos, la reducción de la humedad del suelo mediante drenaje o añadiendo humedad con irrigación - permite mayor crecimiento y desarrollo. La acción que elimina un factor limitante, llamado "fuerza de gatillo" crea reacciones en cadena que pueden tener un alcance muy grande. Por ejemplo, un área que puede sostener una cantidad determinada de ganado, con cierto nivel de manejo, se puede deteriorar o mejorar como resultado de un incendio o de fuertes lluvias. Este evento a su vez, puede iniciar una cadena de eventos que conduzca, por un lado, al sobre-pastoreo, la erosión, sedimentación, e inundaciones o, por otro, a mayor producción de vegetación de consumo, menos insectos y control de enfermedades tanto de plantas como de animales. Algunos fenómenos naturales pueden ser factores limitantes porque ocurren muy rara vez y a veces nunca, - la precipitación inadecuada es un buen ejemplo.

Los fenómenos como aguas crecidas frecuentemente son considerados como factores limitantes y son clasificados como peligros naturales, pero pueden tener efectos positivos sobre el propuesto uso de la tierra. Por ejemplo, las tierras de pastoreo de Necholandia, en el área del Pantanal en Brasil, tienen suelos muy arenosos con nutrientes que rápidamente son agotados por la infiltración de las aguas de lluvia. Sin embargo, la inundación anual de estos suelos durante largos períodos, repone los nutrientes y mantiene la vegetación. La Figura 3-6 presenta una lista con otros ejemplos de fenómenos naturales con atributos positivos y negativos.

c. Atenuación

Los ecosistemas se adaptan continuamente al cambio. Esta adaptabilidad es atribuible a diversas características tales como diversidad de especies y variabilidad fisiológica, capacidad de almacenaje y tasas de reciclaje de nutrientes y de otros materiales. La resistencia de un ecosistema a las perturbaciones externas es alta. Los pantanos, reservorios, llanuras de inundación y suelos absorben agua y la liberan lentamente, reduciendo así los extremos entre aguas crecidas y bajas. Los bosques atenúan los vientos fuertes y altas temperaturas, y reducen la desecación del suelo, la erosión y los derrumbes de pendientes. Los mecanismos de atenuación son elementos importantes para los planificadores del uso de la tierra que se preocupan por los peligros naturales. Nuevamente, la región Pantanal del Brasil es un excelente ejemplo. Esta enorme área de pantanos y lagunas absorbe las aguas de inundación del río Alto Paraguay y frena su confluencia con el Paraná por algo así como seis meses. Si no fuera por esta capacidad de atenuación, las aguas de inundación de los ríos Paraná y Paraguay llegarían a las partes bajas del río Paraná al mismo tiempo y causarían inundaciones catastróficas.

d. Umbrales

El punto aquel en el que se manifiesta un efecto es conocido como el umbral. Todo sistema tiene sus limitaciones y, no obstante los mecanismos de atenuación, los componentes y procesos de un sistema eventualmente fallarán si son exigidos más allá de su umbral. Por ejemplo, los suelos se desplazan no obstante estar cubiertos de vegetación, si la lluvia es intensa y la pendiente muy fuerte; o pueden permanecer estables aún bajo una creciente presión de pastoreo, hasta que la cubierta de vegetación sea reducida por debajo del nivel umbral.

D. Valorización de peligros naturales en evaluaciones de uso de tierras

[1. Misión preliminar](#)

[2. Actividades de la fase I](#)

[3. Actividades de la fase II](#)

[4. Recomendaciones generales](#)

Como se ha dicho, al incorporar el aspecto de los peligros naturales muy al inicio del proceso de planificación, se pueden minimizar los efectos negativos sobre los proyectos de desarrollo. La metodología de sistemas identifica los peligros observando los factores limitantes y de gatillo, los umbrales, los atenuantes y los enlaces internos y externos.

La información sobre los peligros naturales en el área de estudio debe ser examinada durante las diversas etapas de planificación (ver Figura 3-7). El proceso iterativo enfoca los estudios de planificación hacia factores importantes.

1. Misión preliminar

La definición de las principales unidades de tierra (cuencas fluviales, sub-cuencas, y zonas de vida) es necesaria en esta etapa. Las imágenes de satélite son particularmente útiles para esta actividad. Se puede ahorrar tiempo y dinero usando imágenes de menor resolución, dadas las posibilidades que ofrecen para identificar influencias externas potenciales y vínculos con otros sistemas.

Para evaluar enlaces importantes internos y externos, también es útil el modelaje conceptual de la región. Los datos obtenidos a través de informantes locales, y de la literatura disponible, son muy importantes para el proceso. Los enlaces tanto aguas arriba (influencias sobre el área de estudio) como río abajo (áreas influenciadas por el área de estudio) deben ser identificados. Un equipo que trabaja a este nivel define el plan de trabajo, la constitución del equipo y los términos de referencia para el trabajo de los expertos en la siguiente etapa.

2. Actividades de la fase I

Los principales ecosistemas deben ser definidos con mayor detalle durante el análisis de la Fase 1. Esto requerirá, por ejemplo, evaluaciones de frecuencias de inundación y de niveles de agua de superficie a cargo de un geomorfológico o fluviomorfológico, quien estudiará los mecanismos de atenuación del sistema y ubicará, identificará y cuantificará los factores que tienen influencia sobre el nivel del agua. También deben ser evaluadas la naturaleza y extensión de los ríos, quebradas y valles fluviales, en términos del peligro de inundación y posibilidades de control de inundaciones. Otros especialistas deberán identificar los umbrales de los atributos del sistema que puedan disminuir los peligros, así como las obras del hombre que influyen sobre la frecuencia, elevación y duración de las aguas crecidas. Deben hacerse estimados, bajo diferentes escenarios, de la sedimentación en los canales de los ríos, de la estabilidad de los taludes y de la erosión potencial. Probablemente, será necesaria una escala de 1:250.000, o de mayor detalle aún, para delinear llanuras de inundación, identificar áreas con problemas de inundaciones y otros peligros que deben ser estudiados con más detenimiento (ver Capítulo 8). Podría ser necesaria una evaluación similar para peligros geológicos (ver Capítulo 11). El análisis de sistemas expuestos a terremotos, fuera y dentro del lugar, puede incluir la identificación de las intensidades de anteriores terremotos. El geólogo tendrá que estudiar la ubicación y dirección de fallas activas e identificar las probables rupturas de falla. Las técnicas de microzonificación identificarán las áreas más vulnerables. De igual manera, un estudio detallado de peligros volcánicos deberá incorporar información sobre la extensión de anteriores lluvias de ceniza, tefra, y flujos de lava. La proximidad de un volcán al área del proyecto, y a grandes concentraciones de agua, debe ser tomada en consideración porque el agua intensifica la violencia de la erupción y acelera la velocidad de los flujos de lava o ceniza.

Figura 3-6
EJEMPLOS DE EFECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE DETERMINADOS FENOMENOS NATURALES PARA ACTIVIDADES DE DESARROLLO

Fenómenos Naturales	Efectos Positivos	Efectos Negativos
Huracanes	Transportan agua, nutrientes, sedimentos y propágulos.	Elimina estructuras.
Baja temperatura	Disminuye el ritmo de los procesos, da lugar a mejor conservación y almacenamiento.	El congelamiento puede ser mortal.
Alta temperatura	Acelera los procesos, particularmente la respiración y reciclaje.	Puede ser mortal; reduce la diversidad de especies.
Lluvias fuertes	Inician eventos fenológicos en desiertos; disminuye la salinidad en ambientes costeros; redistribuye nutrientes.	Eliminan estructuras y pueden causar otros esfuerzos tales como inundaciones, las cuales afectan el intercambio de gas entre sedimentos de tierras húmedas y la turbidez en sistemas acuáticos.
Incendio	Hace más disponibles los nutrientes y la humedad; reduce la competencia.	Elimina estructuras.
Salinidad	Da lugar a mejorar productividad bruta en manglares hasta concentraciones de agua de mar.	A valores mayores que 35 partes por 1000, aumenta las tasas de respiración y disminuye las tasas de producción neta de transpiración.
Erupciones volcánicas	Dan lugar a mejorar nutrientes y humedad, y a ambientes competitivos.	Sofocan y matan plantas y animales.
Inundaciones	Eliminan la competencia; inician eventos fenológicos.	Aumentan los costos de mantenimiento de energía; temporalmente disminuyen la cantidad de flora y fauna y de especies individuales.
Flujo de agua	Transporta nutrientes y oxígeno; elimina tóxicos; redistribuye larvas.	Elimina estructuras; da lugar a altos costos de mantenimiento de energía para la biota.
Mareas extremas	Redistribuyen nutrientes, sedimentos, materia orgánica y organismos.	Exponen a los organismos a extremas condiciones mortales.

Fuente: Adaptado de Lugo, A. Stress and Ecosystems (1978).

Figura 3-7: ORDENES Y TIPOS DE ESTUDIOS DE SUELOS, SUS CARACTERISTICAS FUENTES DE DATOS Y USOS

Fuente: Adaptado de American Association for the Advancement of Science (AAAS). Resource Inventory and Baseline Study Methods for Developing Countries (Washington, D.C.: AAAS, 1983).

La planificación es un proceso vivo que responde a la dinámica de los sistemas locales. La cartografía para el uso de la tierra debe reflejar este hecho. Las técnicas de sobreposición de mapas son adecuadas y, si no se tuvieran a disposición, se pueden producir mapas especiales de peligros. (Giusti, 1984; Singer, 1985; ver Capítulos 4-6).

3. Actividades de la fase II

Las escalas más adecuadas para un plan de acción y formulación de proyecto durante la Fase II son entre 1:20.000 y 1:60.000. En el caso de inundaciones, el geomorfólogo o fluviomorfólogo irá más allá definiendo umbrales para la erosión e infiltración de la precipitación; y examinará cambios en las llanuras de inundación y en las frecuencias de pico de descarga debidos a la intervención humana, tanto en el lugar como en ecosistemas asociados. En el caso de la actividad sísmica, los proyectos de desarrollo deben estar alejados de las áreas más vulnerables. Una recomendación típica para el desarrollo de nuevas áreas sería restringir el uso de zonas donde han ocurrido movimientos significativos del terreno, debido a actividades de baja densidad tales como la agricultura o la existencia de parques. Se deben hacer sugerencias adicionales para medidas de mitigación en áreas ya desarrolladas.

4. Recomendaciones generales

1. Incluir términos de referencia específicos, relacionados con los peligros, para los especialistas que trabajan en la Misión Preliminar y en la Fase I (p.e., hidrólogo, especialista en suelos, consejero sobre manejo de medio ambiente). Estos términos de referencia deben incluir la necesidad de desarrollar y analizar información en los puntos de interacción entre actividades sectoriales. Incluir términos de referencia relacionados con los peligros para los técnicos que serán responsables de la formulación del proyecto en la Fase II.
2. Añadir la participación a corto plazo de un geomorfólogo, hidrólogo o geólogo para que estudie las áreas que una etapa anterior del estudio han demostrado ser problemáticas.
3. Evaluar los usos propuestos de las llanuras de inundación, dando especial atención a las consecuencias río abajo que puedan resultar de la pérdida de capacidad de almacenamiento de aguas de inundación por causa de actividades de desarrollo. Las actividades aguas arriba deben de ser evaluadas por las mismas razones, aún cuando queden fuera de la región en estudio.
4. Examinar los proyectos que están siendo considerados, bajo diferentes escenarios de desarrollo potencial en los ecosistemas enlazados.
5. Evaluar la influencia de los proyectos bajo consideración sobre otras actividades del ecosistema, incluyendo las características de atenuación y umbral.
6. Tomar en cuenta los cambios en el régimen hidrológico, inducidos por la creación de superficies impermeables (p.e., urbanización, superficies de caminos, compactación del suelo por el continuo paso de ganado, cambios en la cobertura de vegetación).
7. Ser explícito en todas las instrucciones relacionadas con la capacidad o conformidad del uso de la tierra, incluyendo pronunciamientos sobre los requerimientos tecnológicos para proyectos de desarrollo.

E. Servicios naturales en apoyo de la mitigación de peligros

[1. Linderos de ecosistemas, cuencas hidrográficas y cuencas fluviales](#)

[2. Ecosistemas y peligros asociados](#)

1. Linderos de ecosistemas, cuencas hidrográficas y cuencas fluviales

Las discusiones en los Capítulos 8 a 12, que enfocan la relación del hombre con cada uno de los principales peligros naturales, demuestran que las acciones que se toman en nombre del desarrollo frecuentemente exacerban el impacto del peligro. Allí se prescriben acciones que pueden ser llevadas a cabo para mitigar los daños. Aquí, el enfoque es hacia los servicios naturales de los ecosistemas, que sirven para reducir el impacto de los peligros. Se deduce, lógicamente, que una estrategia de mitigación de peligros es mantener la capacidad natural que los ecosistemas tienen para protegerse a si mismos. Segundo, en contraste con los Capítulos 8 a 12, esta sección discute todos los peligros al mismo tiempo, en el contexto del ecosistema natural donde ocurren. Nuevamente se deduce que la estrategia de mitigación es mantener intactas las funciones naturales de los ecosistemas.

Para poner todos los peligros en el contexto de los ecosistemas, se ha imaginado un hipotético sistema compuesto que incluye varios ecosistemas: regiones elevadas (mesetas, piedemontes), tierras bajas, tierras costeras, aguas cercanas a la costa (estuarios y arrecifes), aguas marinas (alta mar) y, actividades de desarrollo representativas de cada cual. Un lugar así podría ser una pequeña isla volcánica, partes con altitudes bajas áridas y partes con altitud suficiente para captar los vientos del mar saturados de humedad. Si se encuentra a una latitud suficientemente alta, las variaciones de elevación harán que esta isla experimente temperaturas extremas, tanto altas como bajas, que tendrán influencia en las actividades de desarrollo. Estaría ubicada cerca de una gran zona de fallamiento y tendría una variedad de posibilidades de desarrollo, así como un conjunto de servicios naturales que ayudarían a proteger las actividades de desarrollo frente a los eventos de los peligros naturales. Se debe añadir que, en realidad, existen lugares muy parecidos a éste.

El sistema hipotético contiene subsistemas de "cuencas fluviales", de "captación" y subsistemas costeros. El término "cuenca fluvial" se define de diversas maneras y a veces se usa de modo intercambiable con "cuenca hidrográfica o con cuenca colectora". Tal como los usamos

acá, estos términos se refieren a dos fenómenos que difieren significativamente en su complejidad. Una cuenca fluvial es un sistema de ríos que descargan toda su agua a través de una sola salida. Las cuencas fluviales pueden variar desde unas cuantas hectáreas hasta varios miles de kilómetros cuadrados de tamaño pero cada cual, sea grande o pequeña, es más o menos homogénea en relación con su geología, suelos, fisiografía, tipo de vegetación y clima. Una cuenca hidrográfica, por otro lado, está conformada por una serie de cuencas fluviales, entre las cuales puede haber gran variedad y por lo tanto sus respuestas hidrográficas son complejas.

En tales sistemas, el agua y la gravedad son los dos principales componentes naturales que integran la función y estructura del sistema (la combinación específica de componentes y procesos que definen a un sistema dado). Su influencia sobre las actividades de desarrollo, en términos de los eventos naturales que se pueden presentar (fuerzas sísmicas, huracanes, movimientos de masas, etc.) a menudo es olvidada por los planificadores. A la región río arriba, o a las regiones elevadas, se les presta atención sólo cuando un valioso desarrollo río abajo está amenazado, o es dañado por deslizamientos, sequías, inundaciones o sedimentación.

El sistema hipotético compuesto también incluye una zona costera donde los procesos terrestres, marinos y atmosféricos constituyen un peligro mayor que la mayoría de otras áreas geográficas bien definidas. En combinación con la presencia probable de centros poblados, tierras agrícolas productivas, rutas de comunicación, construcciones, etc., el riesgo de grandes pérdidas en vidas e infraestructura siempre estará presente cuando ocurra un evento peligroso.¹

¹ Aunque no están incluidas en esta discusión, también existen actividades de desarrollo e infraestructura importantes en alta mar (minería marítima, producción de petróleo, construcción de oleoductos, navegación, pesca, patrullaje de seguridad, enlaces transoceánicos, investigación y monitoreo, descarga de desechos, incineración, recreo y turismo, etc.), y éstas también deben ser consideradas en términos de su vulnerabilidad a eventos peligrosos.

Las cuencas fluviales y los sistemas costeros, por supuesto, no son independientes entre sí. Están integrados por su propia naturaleza y deben ser vistos como un todo. En verdad, el concepto de una cuenca fluvial "expandida", con características de río arriba, de costa y de sus alrededores es relevante, en especial, donde los peligros del litoral tales como huracanes, tsunamis y maretales, son modificados por la batimetría cercana a la costa y la configuración costera, y donde los efectos de los peligros de tierra adentro, tales como inundaciones rápidas y flujo de derrubio, frecuentemente llegan a las áreas costeras o cercanas a ella, debido a la presencia de cuencas fluviales relativamente cortas y con mucha pendiente.

Este concepto de cuenca fluvial puede ser utilizado para ilustrar la vulnerabilidad de un área a eventos peligrosos, debido a la intervención humana en el sistema. Tal intervención puede alterar, por ejemplo, la configuración del terreno aguas arriba de manera que, por la integración de las características del agua y la gravedad, estas alteraciones no sólo son importantes en dicho lugar sino también río abajo. Esta importancia se extiende hasta las áreas cercanas a la costa en las cuales, un abanico sedimentario debido a la erosión aguas arriba puede cubrir y sofocar un arrecife o un lecho de pasto marino. Las actividades de desarrollo de cualquier tipo (es decir el uso, la mejora o conservación de servicios del sistema, incluyendo aquellos que mitigan los eventos peligrosos) también requieren "integración". Este tipo de integración implica planificación y, por tanto, las cuencas fluviales suelen ser una unidad básica de planificación para el desarrollo. Sin embargo, si la preocupación por los peligros naturales ha de ser considerada en la planificación para el desarrollo, la necesidad de entender las características de las cuencas fluviales es aún más importante.

Figura 3-8: MAPA DESCRIPTIVO DE LAS DIFERENCIAS DE COMPLEJIDAD ENTRE UNA CUENCA HIDROGRAFICA Y SUS CUENCAS FLUVIALES

Figura 3-9: CUENCA HIPOTETICA EN UNA PEQUEÑA ISLA VOLCANICA

Diagrama de una pequeña isla que muestra varios ecosistemas (alta mar, arrecife, estuario, tierras bajas, regiones elevadas) e indicadores de peligros naturales potenciales (lluvia, viento y olas indican huracanes e inundaciones; volcán indica erupciones; las fallas indican terremotos; las fallas y quebradas indican desgaste de masas).

Dado el rango de los eventos naturales que afectan esta cuenca fluvial hipotética, definida en términos generales, los "linderos" de su porción costera, o de tierras bajas, deben permanecer flexibles. En el litoral, los linderos pueden ser ubicados en una isópora batimétrica bien definida, debajo de la profundidad de cualquier relieve en el fondo capaz de influir sobre los peligros marinos. En contraste, los linderos en las regiones elevadas se definen fácilmente en términos físicos (áreas de drenaje) pero frecuentemente son bastante porosas en términos bióticos, sociales y económicos.

2. Ecosistemas y peligros asociados

Los subsistemas de nuestra cuenca fluvial expandida imaginaria ofrecen un número sorprendentemente grande de servicios naturales, que pueden mitigar los efectos de muchos de estos peligros naturales. De igual importancia, sin embargo, son los atributos de estos subsistemas que pueden intensificar los efectos de los eventos de peligro natural.

Las Figuras 3-10 y 3-11 indican cuales subsistemas de la cuenca fluvial expandida contienen atributos que influyen sobre los peligros aquí resumidos. Los párrafos siguientes describen cómo los servicios naturales de estos sistemas pueden mitigar o intensificar el riesgo de cada peligro natural y es interesante resaltar que no todos son intuitivamente evidentes. En las etapas iniciales de planificación, estos y otros servicios son considerados de manera bastante general y en posteriores interacciones, sus roles son definidos más y más explícitamente. Por ejemplo, el diagnóstico puede decir sólo "La estructura y los procesos naturales del ecosistema de regiones elevadas en esta zona tienen un

rol en el control de la erosión y de la inundación". En etapas posteriores, la función específica del ecosistema responsable de un determinado servicio, será citada y discutida: podría ser el caso que "la alta capacidad del suelo para almacenar agua, (tipo de suelo 'limos arenosos de tierras altas'), la transpiración de especies con raíces profundas y las altas tasas de infiltración debido a la estructura fuertemente fracturada de la roca madre debajo de la sub-cuenca fluvial, disminuyan el potencial de inundación debido a tormentas de corta duración". Esto proporciona al planificador una mejor idea de lo que debe hacer en un ecosistema, si es que se han de usar los servicios del control natural de las inundaciones, mejorados y/o conservados, en vez de no utilizarlos, deteriorarlos o destruirlos.

a. Regiones elevadas y actividad volcánica (U1)

Las estructuras y las funciones de los ecosistemas de regiones altas que puede influir sobre los efectos de las erupciones volcánicas son pocas. Sin embargo, incluido en lo que existe se encuentra:

- Relieve (incluyendo profundidad del valle, dirección de la pendiente y calidad de escarpado), que puedan orientar el flujo de lava, ceniza, lodo, etc.
- ubicación y extensión de la fractura, que puede absorber material volcánico y evitar que llegue a las áreas pobladas.

Figura 3-10
LOS ECOSISTEMAS Y SU ROL EN LA MITIGACION O INTENSIFICACION DE EVENTOS NATURALES PELIGROSOS

ECOSISTEMAS	PELIGROS NATURALES					
	ACTIVIDAD VOLCANICA	TERREMOTOS	DESLIZAMIENTOS	HURACANES	INUNDACIONES ^a TIERRA/MAR	DESERTIFICACION ^b
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TIERRAS ALTAS (U)	U1	U2	U3	U4	U5	U6
TIERRAS BAJAS (L)	-	-	-	-	L5	L6
ESTUARIO (E) ^c	-	-	-	E4	E5	-
ARRECIFES (R)	-	-	-	R4	R5	-
ALTA MAR (S)	-	-	-	S4	S5	-

^a Las inundaciones terrestres/marinas incluyan peligro de tsunamis, inundaciones marinas y descarga de aguas durante tormentas.

^b La desertificación en este caso se refiere a erosión, sedimentación y salinización en áreas de cultivo en tierras secas y pastoreo.

^c El estuario consiste de manglares, lagunas saladas, lechos de pasto marino, y playas.

Estos factores pueden intensificar o mitigar los efectos de una erupción volcánica según donde se encuentre la actividad de desarrollo en relación con el evento. En términos de los servicios proporcionados "el almacenamiento de material de productos volcánicos" podría ser posible según el relieve de la cuenca fluvial. La "ubicación y extensión de la fractura" podría intensificar el peligro si es que las actividades de desarrollo fueran ubicadas sin considerar los numerosos peligros que acompañan la actividad volcánica.

b. Regiones elevadas y terremotos (U2)

Los ecosistemas en regiones elevadas contribuyen poco a mitigar las consecuencias de los terremotos. Pueden, sin embargo, intensificar las consecuencias debido a deslizamientos causados por el sacudimiento del terreno. Uno de los aspectos más peligrosos de esta relación ocurre en áreas de actividad glacial presente y pasada y se refiere al represamiento natural de los cursos de agua por morenas, terminales o laterales, y la consiguiente creación de lagunas. Tales presas suelen ser débiles y se rompen fácilmente si la laguna se llena con material de deslizamientos. Un ejemplo lamentable, por supuesto, es el terremoto de 1970 en el Perú, que desprendió un gran bloque del Nevado Huascarán dando lugar a una avalancha cataclísmica de derrubio, hielo y lodo, que cubrió varios poblados en su trayecto hacia abajo por el angosto valle. Como consecuencia de esta avalancha, murieron más de 20.000 personas en Yungay.

Debido a que muchas áreas en regiones elevadas no tienen suficiente espacio horizontal para la construcción, frecuentemente se emplea material de relleno para crear terrenos planos y los edificios que se construyen sobre tal terreno inestable pueden ser destruidos cuando se sacude la tierra.

c. Regiones elevadas y deslizamientos de tierra (U3)

La estructura y función de los ecosistemas en regiones elevadas puede intensificar o mitigar los peligros de deslizamientos. Los deslizamientos ocurren frecuentemente de manera natural en estas áreas, debido a las pronunciadas pendientes, la naturaleza de la roca firme y del sobrecubrimiento, la cantidad y régimen de precipitaciones, así como a otros factores que causan perturbaciones tales como los incendios naturales, que eliminan la vegetación que da consistencia al suelo, y el sacudimiento del terreno. La vegetación en las laderas de

regiones elevadas es parte natural de los servicios de estabilización del suelo, aunque sólo puede atenuar los deslizamientos, y no evitarlos en su totalidad, cuando se trata de pendientes pronunciadas muy altas. Si un manto flojo cubre roca (especialmente roca sedimentaria) que ha sido inclinada fuera del plano horizontal, los deslizamientos se intensificarán en la pendiente paralela al plano de sedimentación.

Figura 3-11: ATRIBUTOS QUE PUEDEN INFLUIR LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS NATURALES

Diagrama de una pequeña isla que muestra los principales ecosistemas y peligros naturales asociados. El texto explica el impacto potencial de los peligros naturales sobre un ecosistema y como los servicios naturales del ecosistema pueden mitigar el efecto de los peligros naturales.

Por otro lado, hay menos frecuentes y menos severos deslizamientos sobre la pendiente que cruza los estratos sedimentarios. Los deslizamientos ocurren en las pendientes paralelas, especialmente si una fuerte precipitación satura y aumenta el peso del suelo y lubrica la superficie de contacto entre el manto y la roca firme. En estos casos, aún la propia vegetación puede ser un peso adicional que intensifica el deslizamiento.

d. Regiones elevadas y huracanes (U4)

Las regiones elevadas, si son extensas, pueden servir para reducir el nivel energético de los huracanes, dado que esas tormentas reciben su energía de los mares cálidos. Por otro lado, la lluvia fuerte tanto en términos de intensidad como de cantidad, puede causar altos niveles de descarga en paisajes con fuertes pendientes. También puede saturar los suelos del manto y crear condiciones para una importante inestabilidad de la pendiente, especialmente cuando la capacidad de absorción de las raíces de los árboles y arbustos ha sido alterada. Un ejemplo importante de este fenómeno ocurrió a lo largo de la costa norte de Honduras en 1974, cuando los deslizamientos causados por el Huracán Fifi mataron a miles de personas.

e. Regiones elevadas e inundaciones terrestres y marinas (U5)

Los ecosistemas de las regiones elevadas pueden en realidad ayudar a mitigar los efectos de las "inundaciones terrestres" con servicios de almacenamiento y lenta liberación de agua. El agua es almacenada en lagos, lagunas, riachuelos, ríos, tierras húmedas, suelos, nieve o hielo y en acuíferos donde el servicio de recarga de agua subterránea también está presente. Aún más, otros servicios (evaporación, transpiración) reducen la cantidad total de agua para inundaciones. La tasa de infiltración también tiene influencia, y esto puede cambiar de acuerdo con una serie de características físicas, químicas y bióticas del suelo. Aún la configuración física y el tamaño de la cuenca fluvial pueden marcar una diferencia. Y, según la naturaleza y tiempo de ocurrencia de cada evento de precipitación, estos también pueden mitigar la inundación.

Muchos de estos mismos atributos del ecosistema pueden intensificar las inundaciones terrestres. Si la precipitación es fuerte y la infiltración lenta, o si el suelo ya se encuentra saturado debido a anteriores tormentas, las inundaciones pueden ser más frecuentes y sus consecuencias más graves. La falta de capacidad de almacenaje y la extensión y configuración del drenaje se pueden combinar para aumentar la velocidad y cantidad de la descarga. Existen numerosas combinaciones de características que pueden influir las inundaciones, cada una de las cuales puede ser a su vez influenciada por la actividad humana.

f. Regiones elevadas y desertificación (U6)

Las áreas de regiones elevadas están relacionadas a la desertificación de manera tanto positiva como negativa. En verdad, es la presencia de regiones elevadas sobre gran parte de la superficie terrestre lo que crea las condiciones para que existan desiertos debido al efecto lluvia-sombra. Es decir, si las áreas de regiones elevadas obligan a que los vientos cargados de humedad asciendan, ocurren dos importantes fenómenos: (a) la masa de aire que se eleva se enfría y su humedad es liberada al barlovento de las regiones elevadas y; (b) al sotavento, la masa de aire pierde altitud, calentándose en el proceso y esto crea condiciones de desierto, pues la humedad es fuertemente retenida en la atmósfera y la precipitación es reducida (Figura 3-11). En América Latina, los vientos que prevalecen son generalmente de este a oeste, de tal manera que las laderas occidentales de las montañas son más secas. Ocurren excepciones como en el sur de Chile, Argentina, Norte del Ecuador y Colombia, donde el fenómeno es a la inversa: las laderas occidentales de los Andes reciben mayor precipitación y las orientales menos, siendo más seco a medida que se avanza hacia el este. Frecuentemente, las áreas secas se hallan relativamente cerca a áreas más o menos húmedas, que son utilizadas por las poblaciones y actividades de desarrollo de las áreas secas para abastecerse de agua.

g. Tierras bajas e inundaciones terrestres y marinas (L5)

Las áreas costeras sufren el peso de mares agitados y de mareas altas, así como de los tsunamis e inundaciones marinas. El efecto combinado puede ser que las mareas altas actúen como barreras, represando la descarga de los ríos en el mar, de tal manera que cualquier flujo mayor que el normal por causa de la descarga aguas arriba, va a inundar las orillas. El flujo normal de las regiones elevadas tiende a esparcirse al llegar a las tierras bajas, donde la pendiente es menos pronunciada y los valles son más anchos. Aún más, el flujo de agua de las regiones elevadas pierde algo de su energía al llegar a las tierras bajas, causando que buena parte de los sedimentos que cargan los ríos sean asentados. Esto llena el lecho del río con sedimento lo cual puede elevar su nivel, aún por encima de los terrenos circundantes. Si las crecidas de agua altas sobrepasan los diques naturales que se crean a través de este proceso, se inundan extensas áreas.

Por el lado positivo, las áreas costeras, especialmente aquellas que tienen grandes estuarios, arrecifes o tierras húmedas, pueden absorber cantidades significativas de agua y, también, la energía de las olas que acompañan los eventos marinos que causan inundaciones (ver arriba E4, E5, R4, y R5.)

Figura 3-12: ROLES BENEFICOS DE BOSQUES DE MANGLARES EN EL ECOSISTEMA COSTERO

Los bosques de manglares pueden servir como una barrera contra las olas de tormenta y así proteger las vidas humanas y la infraestructura hecha por el hombre en regiones costeras.

Figura 3-13: ROLES BENEFICOS DE LOS ARRECIFES DE CORAL EN EL ECOSISTEMA COSTERO

Los arrecifes de coral pueden servir como una barrera contra las olas de tormentas protegiendo así la línea de playa y las tierras costeras, cosechas, casas y vidas humanas.

Fuente: Ambas figuras adaptadas de Snedaker, S.C., and Getter, C.D. Coasts: Coastal Resources Management Guidelines. Coastal Publication No. 2, Renewable Resources Information Series. (Washington, D.C.: U.S. Agency for International Development, 1985).

h. Tierras bajas y desertificación (L6)

Como se notó anteriormente en U6, las tierras bajas frecuentemente se encuentran en la sombra de lluvias en áreas de regiones elevadas, lo cual significa que pueden fácilmente sucumbir a la desertificación. Sin embargo, estando río abajo de áreas que normalmente soportan un régimen de mucha mayor precipitación, tienen potencialmente un alto grado de control sobre la distribución del agua, tanto en el espacio como en el tiempo, pues la reciben de sólo unas pocas fuentes de acumulación, mientras que la manera más dispersa en la cual las regiones elevadas reciben agua, hace mucho más difícil su control para fines potables, de irrigación o industriales. Por otro lado, dado que el agua en áreas de tierras bajas, bajo la sombra de las lluvias, no suele estar dispersa, las áreas que tienen acceso menos frecuente y menos seguro a una fuente de agua, generalmente sufrirán más del proceso de desertificación (exceptuando la salinización).

i. Estuarios y huracanes (E4)

Los estuarios, en su estado natural, son bien conocidos por su capacidad para mitigar los efectos de los huracanes. Pueden absorber el frente energético de la tormenta con pocos daños y, en gran medida, pueden controlar o por lo menos disminuir la erosión en playas y arenas, así como distribuir los efectos de la inundación que acompaña a la tormenta sobre una área más extensa. En efecto, debido a ciertos fenómenos, tales como la acción de lavado de la tormenta, los huracanes son necesarios para las operaciones de estuarios. Asimismo, la descarga de las aguas de tormenta en la parte alta de los ríos, puede ser atenuada sin daños con sistemas de estuarios, si es que el aumento general de agua fresca no es muy duradero.

j. Estuarios e inundaciones terrestres y marinas (E5)

Los estuarios en gran parte de los trópicos y sub-trópicos, también son importantes para atenuar las descargas de agua de tormentas desde las regiones elevadas y las crecidas de agua resultantes de tsunamis e inundaciones marinas. La orientación y configuración del estuario influye sobre la cantidad y la extensión de la inundación. Las defensas naturales de la vegetación de los estuarios, tales como los manglares y los lechos de pasto marino (ver Figura 3-12) pueden absorber mucha de la energía asociada con inundaciones marinas y tsunamis. Si el estuario es de poca profundidad y muy extenso, estas características pueden reducir la altura de la ola y, por lo tanto, también reducen las inundaciones.

k. Arrecifes y huracanes (R4)

Muchas de las características de los estuarios que atenúan los efectos de los huracanes son compartidas por los arrecifes, que pueden absorber buena parte de la energía de las olas y, así, las costas que tienen a su alrededor barreras de arrecifes pueden sufrir menores daños a sus playas e infraestructura sobre la línea de costa, que aquellas áreas costeras que están expuestas al mar sin la protección de los arrecifes. Nuevamente, el daño al litoral y a la infraestructura debido a la energía de las olas, dependerá en la forma, profundidad, extensión, ancho y distancia entre la orilla y el sistema de arrecifes.

l. Arrecifes e inundaciones terrestres y marinas, (R5)

Ya que los principales problemas que se sufren por causa de huracanes son debidos a las inundaciones, las mismas características de los arrecifes que ayudan a mitigar los daños de un huracán, también mitigan las inundaciones marinas. Las inundaciones terrestres, sin embargo, podrían ser algo diferentes por el hecho de que, si es que el arrecife actúa como un dique que obstaculiza el flujo de agua fresca, puede intensificar la inundación de tierras bajas. Estos efectos, sin embargo, no serán tan severos como en el caso de configuraciones de estuarios que impiden la descarga de los ríos al mar.

m. Alta mar y huracanes (S4)

Los huracanes se originan en alta mar y su energía es obtenida al pasar sobre mares con temperaturas relativamente altas. Aunque la configuración del fondo marino a distancia de la costa no necesariamente influye sobre la altura de la correspondiente inundación por causa de elevación del nivel del mar, las configuraciones del fondo marino cerca de la costa si han de afectar significativamente la altura y la energía de la inundación, y pueden dirigirla sea hacia el litoral o en dirección contraria.

n. Alta mar e inundaciones terrestres y marinas (S5)

La influencia aquí generalmente consiste en causar más que mitigar las inundaciones. Los tsunamis pueden ser generados por grandes

movimientos de tierra bajo el mar, erupciones submarinas de volcanes y terremotos en alta mar. Y hay otras tormentas, además de las de vientos de fuerza huracanada, que también nacen en el mar. Los fenómenos globales como "El Niño" pueden cambiar los patrones del clima durante largos períodos, pasando de poca precipitación a precipitación fuerte, como ocurre en las áreas desérticas en el norte del Perú, que fueron severamente inundadas en 1982-1983 como resultado del fenómeno relacionado ENSO.

Referencias

- Beek, K.J. Land Education for Agricultural Development (Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1978).
- Billings, W.D. "Physiological Ecology" *in* Annual Review of Plant Physiology, vol. 8 (1957), pp. 375-392.
- Blair, M.L., and Spangle, W.E. Seismic Safety and Land-use Planning. U.S. Geological Survey Professional Paper 941-B (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).
- Booth, B. "Assessing Volcanic Risk" *in* Journal of the Geological Society of London, vol. 136 (1979).
- Brabb, E.E., and Harrod, B.L. (eds.). Landslides: Extent and Economic Significance (Rotterdam, Netherlands: A.A. Balkema, 1989).
- Brown, R., and Kockelman, W.J. Geologic Principles for Prudent Land Use. U.S. Geological Survey Professional Paper 946 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1983).
- Chapman, T.G. "Land Evaluation: An International Symposium" in Nature and Resources, vol. V, no. 1 (1969).
- Clark, J. Management of Environment and Natural Disasters in Coastal Zones. Colloquium on the Environment and Natural Disaster Management Proceeding, Washington, D.C., The World Bank, 1990 (proceedings in preparation).
- Clausen, D.L., and Crist, R.E. "Evolution of Land-use Patterns and Agricultural Systems," *in* Mountain Research and Development, vol. 2, no. 3 (1982). pp. 265-272.
- Commoner, B. The Closing Circle (New York: Alfred A. Knopf, 1971).
- Crandel, D.R., Booth, B., Kusumadinata, K., Schimouzura, D., Walker, G.P., and Westercamp, D. Source-book for Volcanic-Hazard Zonation (Paris: UNESCO, 1984).
- Food and Agriculture Organization (FAO). A Framework for Land Evaluation. Soils Bulletin, no. 32 (Rome: FAO, 1976).
- Giusti, E.V. Hydrologic Hazards Maps. International Course on Natural Geologic and Hydrologic Risks (Denver, Colorado: U.S. Geological Survey, 1984).
- Hawes, R.A., and Hamilton, L.S. A Method of Watershed Land Classification and Assessment for the Tropics: A Case Study of Rio Guanare, Venezuela. Cornell International Agriculture Mimeograph 77 (Ithaca, New York: Cornell University, Department of Natural Resources, 1980).
- Holdridge, L.R. Life Zone Ecology (San José, Costa Rica: Tropical Science Center, 1967).
- Houston, J.R. Tsunamis and Flood Waves, Hazard Definition and Design Considerations: Interagency Committee on Seismic Safety in Construction. Sub-committee Report (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1980).
- Jaffe, M., Butler, J., and Thurow, C. Reducing Earthquake Risks: A Planner's Guide (Washington, D.C.: American Planning Association, 1981).
- Karr, J.R., and Schlosser, I.J. "Water Resources and the Land-Water Interface" *in* Science, vol. 201 (July 1978).
- Kuroiwa, J. "Microzonificación Sísmica Aplicada al Planeamiento Urbano para la Prevención de Desastres" *in* Técnica, vol. 2, no. 2 (Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 1983), pp. 37-76.
- Lave, L.B. "Ways of Improving the Management of Environmental Risks" *in* Environment International. vol. 10, no. 5-6 (1984).
- Lugo, A. "Stress and Ecosystems" *in* Thorp, J.H., and Gibbons, J.W. (eds.) Energy and Environmental Stress in Aquatic Systems. DOE Symposium Series (Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, 1978).
- Mader, G.G. Land Use Planning Relative to Seismic Hazards (Portola Valley, California: William Spangle and Associates).
- McRae, S.G. and Burnham, C.P. Land Evaluation (Oxford, England: Clarendon Press, 1981).
- Organization of American States (OAS). Minimum Conflict: Guidelines for Planning the Use of American Humid Tropic Environments (Washington, D.C.: Organization of American States, 1987).

Posner, J.L., Antonini, G.A., Montanez, G., Cecil, R., and Grigsby, M. "A Classification of the Steeplands in the Northern Andes" *in* *Mountain Research and Development*, vol. 2, no. 3 (1982), pp. 273-280.

Rhoads, B.L. "Flood Hazard Assessment for Land use Planning near Desert Mountains" *in* *Environmental Management*, vol. 10, no. 1 (1986), pp. 97-106.

Rowe, J.S., and Sheard, J.W. "Ecological Land Classification: A Survey Approach" *in* *Environmental Management*, vol. 5, no. 5 (1981). pp. 451-464.

Singer, A. Un Enfoque Integrado de la Cartografía de Riesgos Naturales para Fines de Ordenamiento Territorial: Los Mapas Digitalizados de Geodinámica Externa. Primer Simposio Latinoamericano sobre Desastres Naturales, Quito, Ecuador, 25-29 noviembre 1985.

Snedaker, S.C., and Getter, C.D. Coasts: Coastal Resources Management Guidelines Coastal Publications no. 2, Renewable Resources Information Series (Washington, D.C.: U.S. Agency for International Development, 1985).

Steele, J.G. "Soil Survey Interpretation and its Use" *in* *FAO Soils Bulletin*, no. 8 (Rome: FAO, 1967).

Steiner, F. "Resource Suitability: Methods for Analyses" *in* *Environmental Management*, vol. 7, no. 5 (1983). pp. 401-420.

- and Brooks, K. "Ecological Planning: A Review" *in* *Environmental Management*, vol. 5, no. 6 (1981), pp. 495-505.

Stevens, J.H. "Soil Surveys and Land Capability Assessments for Developing Countries" *in* *Sector Appraisal Manual: Rural Development* (London: Overseas Development Administration, 1973).

Tosi, J. "Land Capability Classification Based on the World Lifezone System, Bolivia" *in* *The Greening of Agency of International Development: Sustainable Livelihoods in Practice* (London: Earthscan, 1988).

U.S. Department of Agriculture (USDA). Soil Survey Manual. USDA Handbook 18 (Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1938).

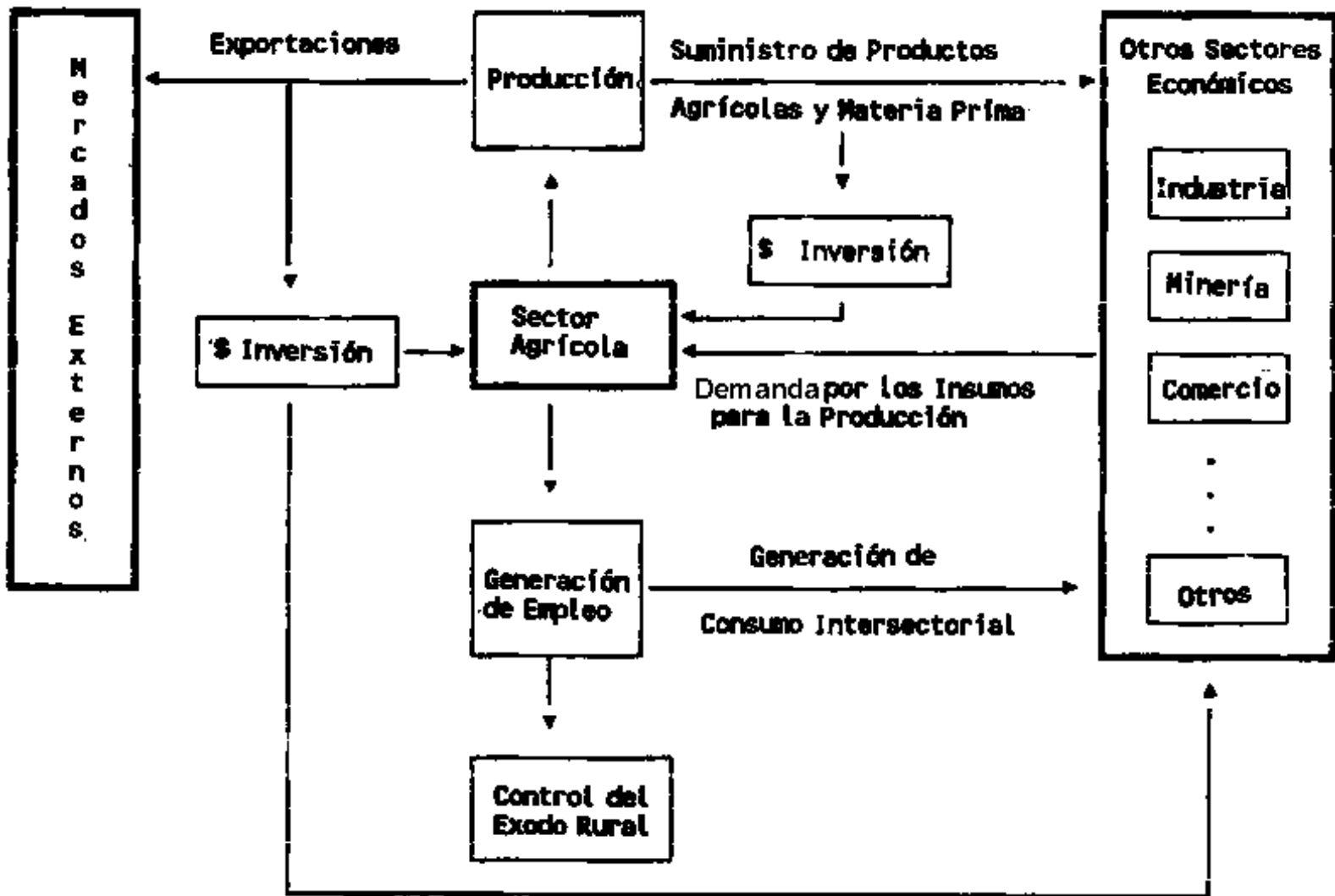
U.S. Water Resources Council. Flood Hazard Evaluation Guidelines for Federal Executive Agencies (Washington, D.C.: U.S. Water Resource Council, 1972).

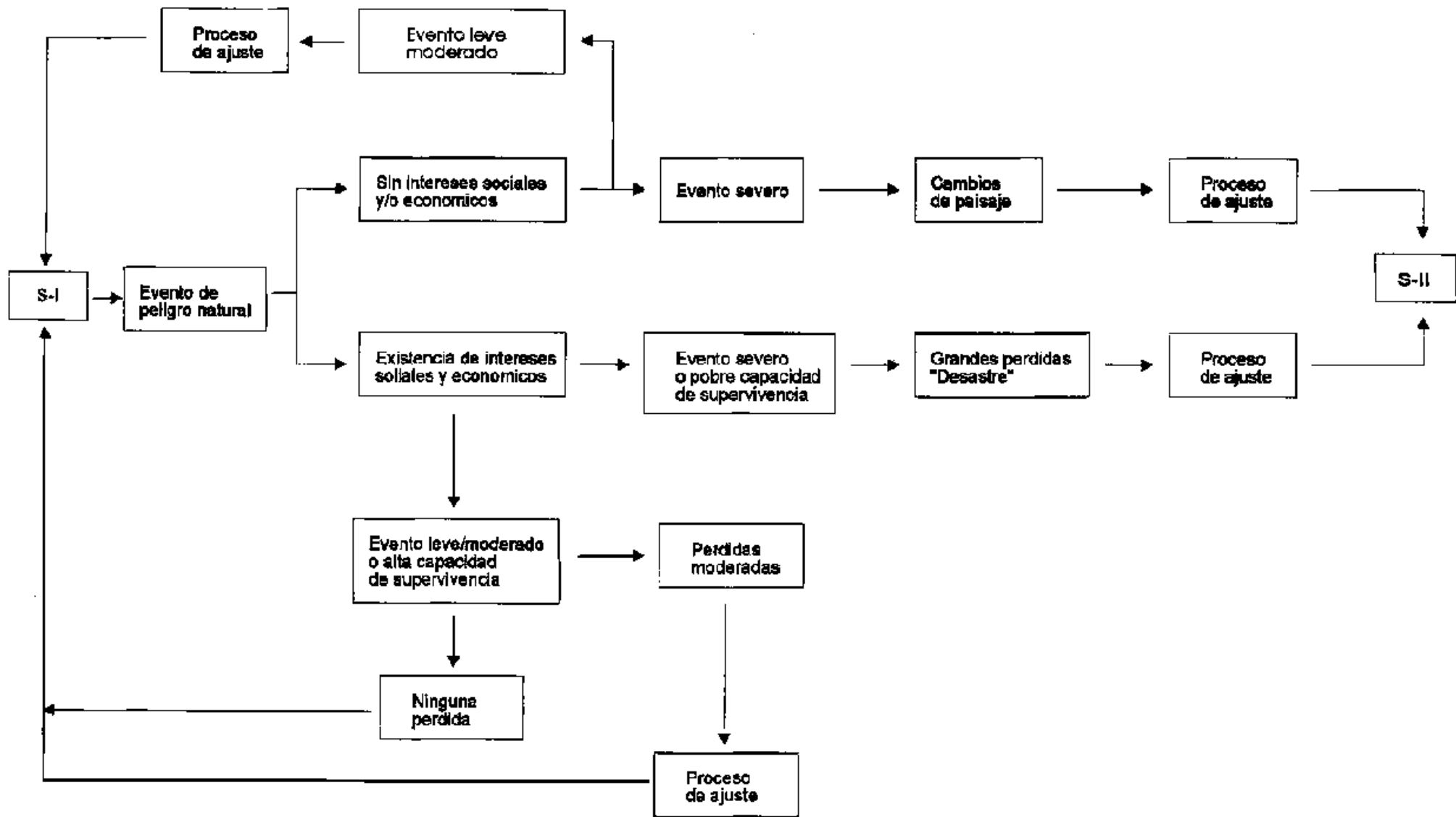
Urban Regional Research (URR). Planning For Risk: Comprehensive Planning for Tsunami Hazard Areas (Seattle, Washington: Urban Regional Research, 1988).

Varnes, A.J. Landslide Hazard Zonation-A Review of Principles and Practice (New York: UNESCO, 1985).

Waananer, A.O., Limerino, J.T., Kockelman, W.J., Spangle, W.E., and M.L. Blair. Flood-prone Areas and Land use Planning. U.S. Geological Survey Professional Paper 942 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1977).







ETAPAS DEL ESTUDIO DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO INTEGRADO

PROCESO DE PREPARACION DE PROYECTOS DE INVERSION

ACTIVIDADES ESPECIFICAS RELACIONADAS CON PELIGROS NATURALES

MISION PRELIMINAR

Determinación de áreas de estudio e interés. Preparación del acuerdo del proyecto



Generación de ideas de proyectos de inversión

Generación de ideas de proyectos de inversión

recolección de información básica incluyendo temas de peligros naturales. Determinación del peso a ser asignado a los peligros naturales en el estudio de planificación integrada.

- * recolección de información básica incluyendo temas de peligros naturales.
- * Determinación del peso a ser asignado a los peligros naturales en el estudio de planificación integrada.

FASE I: DIAGNOSTICO PARA EL DESARROLLO

Requerimientos regionales y diagnóstico de recursos, identificación de temas críticos y de conformaciones institucionales



PERFIL DE PROYECTO

Preparación de perfiles de proyecto

- * Identificación de la situación de peligros naturales en el área del proyecto
- * Determinación de riesgo socialmente aceptable para cada peligro
- * Recolección/preparación de información específica sobre riesgo de peligro natural y vulnerabilidad

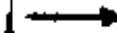
FASE II: FORMULACION DE PROYECTO Y PLAN DE ACCION

Formulación de una estrategia regional de desarrollo incluyendo programas institucionales, apoyo legal y fiscal. Formulación de proyectos de inversión.



PREFACTIBILIDAD

Formulación de proyecto. Revisión de la viabilidad técnica y económica



FACTIBILIDAD

Formulación detallada y evaluación final de los proyectos seleccionados

- * Identificación y análisis técnico de medidas de mitigación en la formulación de proyectos
- * Valuación de las medidas de mitigación
- * Valuación a nivel prefactibilidad de los proyectos

- * Selección de las mejores opciones de proyecto y las medidas más adecuadas de mitigación
- * Valuación económica final considerando el riesgo
- * Diseño final de proyectos incluyendo medidas de mitigación (estructurales y no estructurales)

IMPLEMENTACION

Implementación de la estrategia de desarrollo integrado: programas

IMPLEMENTACION

Implementación de proyectos

- * Fiscalización de procedimientos de construcción, acatación y conformidad con el diseño de ingeniería de edificación

institucionales, legales
y fiscales y proyectos
de inversión.



implementación de proyectos
de inversión seleccionados

- el diseño de ingeniería de edificios y
medidas estructurales de mitigación
- * Fiscalización de la implementación de
medidas no estructurales de mitigación
 - * Diseño de fiscalización a largo plazo para
garantizar la operación de las medidas de
mitigación implementadas.

MEDIDAS DE MITIGACION	MEDIDAS ESTRUCTURALES DE MITIGACION										MEDIDAS NO ESTRUCTURALES DE MITIGACION									
	Reforestación	Fortificaciones costeras	Construcción y protección de cuencas de retención	Construcción e inspección de presas	Refugios para ganado	Reforzamiento de estructuras	Estabilización de pendientes	Canalización de ríos	Terrazas	Rompevientos (naturales y artificiales)	Protección de zonas húmedas costeras	Cultivos a nivel	Diversificación de cultivos	Seguro de cultivos y de ganado	Pronósticos y alertas	Variedades de cultivos mejores y más resistentes	Zonificación para uso de terreno	Mantenimiento de la descarga natural	Prevención de deforestación	Reubicación
Desertificación	X						X	X					X	X	X	X	X	X	X	X
Sequía	X							X				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Terremoto						X								X		X				X
Inundación	X		X	X		X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Huracán	X	X	X		X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Deslizamiento de tierra	X		X			X		X			X		X	X		X		X	X	X
Tsunamis		X				X				X			X	X		X				X
Erupción volcánica					X								X	X	X	X				X
Viento	X				X	X		X	X		X	X	X	X	X				X	X

ETAPAS DEL ESTUDIO DE PLANIFICACION DE DESARROLLO INTEGRADO

PROCESO DE PREPARACION DEL PROYECTO DE INVERSION

METODOS DE EVALUACION ECONOMICA Y SUS PRINCIPALES USOS

MISSION PRELIMINAR

Determinación de áreas de estudio y de interés; la preparación del Acuerdo del proyecto

Generación de ideas para el proyecto de inversión

FASE I: DIAGNOSTICO PARA EL DESARROLLO

Necesidades regionales y diagnóstico de recursos; identificación de temas críticos y de estructuras institucionales

PERFIL DEL PROYECTO

Preparación de perfiles de proyecto

FASE II:

FORMULACION DE PROYECTO Y PLAN DE ACCION

Formulación de la estrategia del desarrollo regional incluyendo programas de apoyo institucional, legal y fiscal; formulación de proyectos de inversión

PREFACTIBILIDAD

Formulación de Proyecto; revisión de la viabilidad técnica y económica

FACTIBILIDAD

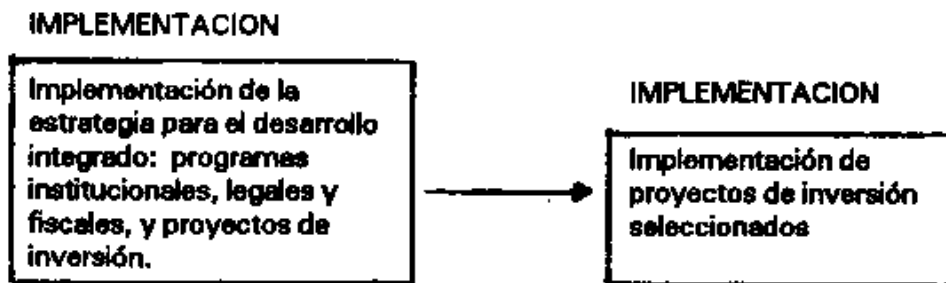
Formulación detallada y valuación final de proyectos seleccionados

- * Análisis multicriterio:
 - Puede ser usado para establecer las metas sociales y prioridades en relación con proyectos de inversión y temas de peligros naturales
 - Hace el proceso de decisiones más explícito en términos de criterios de evaluación usados para la selección de programas y proyectos.

- * Análisis multicriterio (ver arriba)
- * Método período de corte:
- * Método para reajustes de tasa de descuento
- * Métodos de Maximin-Ganancia/Minimax-Pérdida:
 - Cuando no está disponible la información probabilística estos métodos dependen de los datos históricos para hacer una evaluación preliminar de los proyectos
 - Estos métodos consideran principalmente evitar datos inciertos en vez de incorporar directamente la información de riesgo de peligro natural en el proceso de evaluación.

- * Método período de corte:
- * Método de reajuste de las tasas de descuentos:
- * Métodos de Maximin-Ganancia/Minimax-Pérdida:
 - En las etapas de prefactibilidad y factibilidad, cuando existe más información sobre el proyecto, estos métodos pueden ser usados de manera más efectiva; el costo de generar más información específica sobre peligros naturales puede ser compartido por otras actividades de investigación de datos.

Fig. Análisis de factibilidad.



ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

- Este método puede ser usado para identificar componentes del proyecto que son vulnerables a los eventos de peligros naturales. Esto puede orientar la investigación y el diseño de medidas de mitigación.

* Análisis de Media y Varianza:

* Análisis de Seguridad-Primero:

- Cuando la información probabilística está disponible o puede ser generada estos métodos proporcionan una buena medida para la consideración de riesgos de peligros dentro del proceso de evaluación económica.



Capítulo 4. Percepción remota en la evaluación de peligros naturales

[A. Una visión general de atributos importantes de la percepción remota](#)

[B. Percepción Remota Aérea](#)

[C. Percepción remota con satélites](#)

[D. Aplicación de tecnologías de percepción remota a evaluaciones de peligros naturales](#)

[Referencias](#)

RESUMEN

Este capítulo proporciona al planificador una visión panorámica de las tecnologías de percepción remota y de sus aplicaciones generales en la evaluación de peligros naturales. Se resaltan las características de las técnicas de percepción remota tanto aéreas como de satélite, y el rol que (a percepción remota puede tener en detectar y mitigar varios peligros naturales.

Una de las más importantes herramientas disponibles para el planificador regional es la percepción remota del medio ambiente. No solamente es de gran utilidad en el proceso de planificación en general, sino que es especialmente valiosa para detectar los fenómenos y producir mapas de diversos tipos de peligros naturales cuando, como es frecuente, no existen descripciones detalladas de sus efectos. Si se pudiera identificar la susceptibilidad a los peligros naturales en las fases iniciales de un estudio de planificación para el desarrollo integrado, se pueden introducir medidas para reducir los impactos sociales y económicos de desastres potenciales.

Todos los peligros naturales, hasta cierto punto, pueden ser estudiados utilizando sensores remotos ya que casi la totalidad de los fenómenos geológicos, hidrológicos y atmosféricos son eventos o procesos recurrentes que dejan evidencia de su anterior ocurrencia. Tal evidencia puede ser observada, analizada e integrada en el proceso de planificación.

La mayoría de los estudios de percepción remota sobre peligros naturales se han referido a la vulnerabilidad del área frente a un desastre, al monitoreo de eventos que puedan precipitar un desastre, y a la magnitud, extensión y duración de un desastre. Este capítulo da a conocer a los planificadores los tipos de percepción remota adecuados para identificar y evaluar determinados peligros naturales y referencias sobre dónde encontrar información pertinente.

Dado que la información existente sobre percepción remota puede ser inadecuada para una tarea o fase de planificación, este capítulo también proporciona lineamientos para la selección y adquisición de datos apropiados. Sólo son tratados aquellos sistemas de sensores considerados capaces de contribuir significativamente al proceso de planificación para el desarrollo, así como las aplicaciones específicas a la evaluación de cada uno de los diferentes peligros naturales. Se supone que los planificadores y otros lectores ya están familiarizados con la tecnología y el vocabulario básico de la percepción remota. Si se necesitaran mayores detalles de técnicas y/o de aplicaciones, una información prácticamente actualizada se encuentra en Sabins (1986), Lillesand y Kiefer (1987), y ASP (1983). En Richards (1982), se encuentra una excelente visión general de los sistemas de imágenes de satélite y de manejo de desastres.

Si bien se presentan tanto las técnicas de percepción remota aérea como por satélite, se ha dado énfasis a estas últimas debido a que producen la visión sinóptica requerida por la amplia escala de estudios de planificación para el desarrollo integrado. Los datos provenientes de percepción remota aérea son útiles en el manejo de peligros naturales para enfocar áreas prioritarias, verificando interpretaciones de datos a pequeña escala, y para proporcionar información sobre aquellas características demasiado pequeñas como para ser detectadas en las imágenes de satélite. Sin embargo, los estudios aéreos extensos frecuentemente exceden las restricciones presupuestales de un estudio de planificación y bien puede ser que proporcionen más información de la que realmente se necesita, especialmente durante las primeras etapas del estudio.

A. Una visión general de atributos importantes de la percepción remota

[1. Escala](#)

[2. Resolución](#)

[3. Contraste de imágenes](#)

[4. Marco del tiempo](#)

[5. Imágenes y mapas de percepción remota](#)

[6. Formatos de productos](#)

La utilización efectiva de los datos provenientes de percepción remota depende de la habilidad del usuario para interpretar, correcta y consistentemente, las fotografías, imágenes, gráficos o estadísticas que se derivan de las fuentes de percepción remota. Si bien la mayoría de los planificadores ha tenido alguna introducción a la interpretación de fotos e imágenes como parte de su entrenamiento formal, el mejor uso de los datos requiere normalmente personal con experiencia en análisis morfológico (geólogos, geógrafos, físicos, ingenieros forestales, etc.) Una inversión relativamente modesta en los servicios de un intérprete experimentado puede evitar demoras innecesarias y usos inapropiados de los datos de percepción remota. Sea o no que el planificador lleve a cabo su propia interpretación, deberá tener conocimientos básicos de las técnicas de percepción remota y capacidad tanto para evaluar la validez de una interpretación como para utilizar la información derivada.

DEFINICIONES

Los instrumentos que registran la radiación electromagnética emitida o reflejada por la tierra pueden ser instalados en aeronaves o satélites. Los primeros son llamados sensores remotos aéreos o aero-transportados y, los segundos, sensores remotos de satélite o del espacio. Estos instrumentos registran los datos usando dispositivos ópticos, electro-ópticos, óptico-mecánicos o electrónicos. En este capítulo, los despliegues análogos a fotografías. Resultantes de procesos tales como el radar y el barrido electrónico térmico en infrarrojo y producidos en un medio que no es la película, son referidos, en términos generales, como "imágenes".

Los factores que determinan la utilidad de los datos de percepción remota en las evaluaciones de peligros naturales son escala, resolución y contraste tonal o de color. Otros factores incluyen área de cobertura, frecuencia, costo y disponibilidad de datos.

1. Escala

La escala a la que se puede ampliar una fotografía o una imagen, con o sin mejoramiento óptico o computarizado, determina en qué fase del estudio de planificación para el desarrollo debe de ser utilizada esta información. Las presentaciones a escala de 1:500.000 o menores, son útiles durante la Misión Preliminar y ciertamente durante la Fase I, Diagnóstico del Desarrollo, cuando no se necesita mayor detalle. Las imágenes a escalas de 1:250.000 o mayores

se requieren durante la etapa de formulación del proyecto y en las actividades de estudios de factibilidad de la Fase II, donde si es importante el detalle y donde deben ser definidos ciertos aspectos menos obvios de los peligros naturales. Frecuentemente es posible detectar fenómenos de peligros naturales en una fotografía o imagen a pequeña escala, pero es imposible anotar la información sin su ampliación a escalas mayores. En consecuencia, es necesario utilizar imágenes a escalas compatibles con el nivel de detalle requerido para cada etapa particular del estudio, así como con la extensión del área del estudio mismo. Además, cuanto mayor sea el área de los cambios asociados a un evento natural, tanto más útiles serán las imágenes de satélite.

2. Resolución

La escala misma no tiene sentido si no se dispone de una adecuada resolución espaciales decir, de la capacidad de distinguir objetos que están muy cerca unos a otros en una imagen o fotografía. La resolución de la imagen es determinada por el tamaño y número de elementos básicos de la figura o de la imagen, o sea, los pixels que conforman la imagen. Cuanto más pequeño es el tamaño del pixel, mayor será la resolución. En la fotografía, la resolución está limitada principalmente por el tamaño del grano de la película, pero los lentes y otras consideraciones técnicas también tienen un rol importante.

En ambos casos, imágenes y fotografías, la posibilidad de poder distinguir entre rasgos adyacentes, juega un rol muy importante en el proceso de identificación. La ampliación de fotografías o imágenes no puede mejorar la resolución sino sólo el espacio de trabajo para la interpretación.

La resolución espectral también necesita ser tomada en consideración al seleccionar el tipo de datos, ya que los diferentes sensores están diseñados para cubrir diferentes regiones espectrales. La resolución espectral se refiere al ancho de banda o a un rango de bandas que ofrece el sensor. La Figura 4-1 presenta las regiones espectrales más comúnmente usadas en percepción remota. Casi todos los desastres naturales conllevan cambios espectrales. Las inundaciones dan lugar a cambios espectrales significativos mientras que los terremotos producen una variación espectral pequeña debido al menor contraste espectral en relación con las áreas no afectadas.

3. Contraste de imágenes

El contraste entre rasgos, en una imagen o fotografía, es una función de la habilidad del sensor para captar el contenido tonal o espectral de la escena. Las diferentes bandas espectrales de los sistemas de percepción remota pueden exhibir contrastes fuertes o débiles según la región del espectro electromagnético cubierta y la superficie observada. Por ejemplo, una determinada banda puede mostrar poco contraste entre tipos de vegetación en un ambiente forestal y fuertes contrastes entre tipos de roca en una zona árida. Las áreas peligrosas tales como zonas de fallas sísmicas o las susceptibles a deslizamientos de tierra, pueden ser demasiado reducidas para algunos sensores, p.e., el Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), pero pueden ser fácilmente visibles en imágenes producidas por otros sistemas de sensores, p.e. el Landsat Thematic Mapper (TM). Además, los terrenos con abundante vegetación y mucha nubosidad en los trópicos de América Latina y el Caribe son los más difíciles de interpretar geológicamente. Sin embargo, un intérprete experto puede detectar muchos peligros naturales en base al análisis fisiográfico de datos obtenidos por radares que pueden penetrar las nubes.

Figura 4-1: REGIONES ELECTROMAGNETICAS MAS COMUNMENTE UTILIZADAS EN LA PERCEPCIÓN REMOTA

Cuando una imagen no proporciona el detalle, la resolución o contraste requerido, se dispone de varias opciones. Dado que no siempre es posible identificar todas las características deseadas en base a la interpretación de un sólo sensor, es posible que se requiera un segundo sensor de tipo completamente diferente al primero, o de una combinación de sensores. Los datos digitales pueden ser mejorados y/o manipulados usando técnicas tales como ampliación del contraste, compuestos a falso color, análisis del componente principal, filtraje y clasificaciones supervisadas y no supervisadas.

4. Marco del tiempo

Las ocurrencias temporales de eventos naturales también afectarán la utilidad de los datos de percepción remota. Ciertos sensores, como por ejemplo el Landsat, pueden detectar un fenómeno muy fácilmente, aunque la cobertura repetitiva sea hecha cada 16 días. Durante ese lapso podrían ocurrir una inundación y la normalización posterior de la situación. Por otro lado, la desertificación de una área puede ser un proceso largo y la utilidad de datos de percepción remota puede ser muy grande para monitorear los cambios. Los eventos que son estacionales, predecibles o altamente correlacionados con otros eventos, probablemente se beneficiarán más de las imágenes que aquellos otros que ocurren aleatoriamente, tales como los terremotos o tsunamis (ver Capítulo 8-12).

5. Imágenes y mapas de percepción remota

Para obtener el mayor provecho del uso de datos disponibles de percepción remota, los planificadores deben hacer uso de toda la información relevante existente del área de estudio (ver el Apéndice A). Los mapas son especialmente útiles para interpretar los datos de percepción remota. Entre los mapas, los topográficos son la principal ayuda para esclarecer muchas de las ambigüedades que se presentan en las imágenes de percepción remota para el reconocimiento del terreno. Los mapas geológicos concitan la atención hacia formaciones que conducen a ciertos tipos de peligros. Este conocimiento puede ayudar a la localización y búsqueda sistemática de estos peligros. Los mapas de suelos pueden servir para un propósito similar aunque en menor grado. Finalmente, los mapas de vegetación y de uso de tierras pueden proporcionar información sobre el contenido de humedad, formaciones geológicas subyacentes y tipo de suelos presentes.

En resumen, las imágenes de percepción remota deben ser consideradas como datos disponibles para asistir al planificador en la evaluación de información de recursos naturales y de peligros naturales, a todo lo largo del desarrollo de un estudio de planificación. El significado y el valor de los datos de percepción remota es realizado mediante interpretación experta, junto con la cartografía convencional y los datos obtenidos en superficie.

6. Formatos de productos

Los formatos de los productos consisten en diferentes maneras de presentar los datos de sensores remotos. Los datos fotográficos generalmente son usados en formato de película positiva o como impresión fotográfica. Los datos en película e impresiones fotográficas pueden ser analizados y convertidos a datos digitales para su registro en cinta compatible con la computadora (CCT). La principal ventaja de los datos digitales es que pueden ser cuantificados y manipulados usando técnicas de procesamiento de imágenes. Las imágenes de satélite u otras grabadas en CCT pueden ser presentadas en un formato de película positiva o fotografiada directamente de la pantalla del monitor.

B. Percepción Remota Aérea

[1. Fotografía aérea](#)

[2. Radar](#)

[3. Barredores electrónicos térmicos en infrarrojo](#)

[4. Ventajas y limitaciones de fotografías, radar y barredores electrónicos térmicos IR](#)

La percepción remota aérea, es el proceso de obtener información tal como fotografías e imágenes, con sensores a bordo de aeronaves. Los sistemas aéreos disponibles incluyen cámaras aéreas, barredores electrónicos multispectrales, barredores electrónicos térmicos infrarrojos (TIR), radiómetros pasivos para

producir imágenes con microondas y radares aéreos de vista lateral (SLAR). Los sistemas que ofrecen los datos más prácticos y útiles en el contexto de la planificación para el desarrollo integrado y evaluación de peligros naturales son las cámaras aéreas, los barredores electrónicos multispectrales, los barredores electrónicos térmicos (TIR) y el SLAR. Esta sección describe las características de la fotografía e imágenes obtenidas con estos tres sistemas.

La disponibilidad de imágenes de percepción remota aérea varía según el tipo de datos requeridos. La fotografía aérea está disponible para muchas áreas de estudio en la mayor parte del mundo, aunque en algunas ocasiones deberá ser autorizada para uso no militar por el gobierno del país objeto del estudio. Las imágenes de radar suelen tener también carácter reservado.

La adquisición de datos infrarrojos (IR) y de radar es más complicada que la adquisición de fotografías aéreas, aunque para una área extensa, el radar puede resultar menos costoso. Debido a los sistemas especializados y al personal calificado que se necesita para producir imágenes IR y SLAR, tales datos suelen estar a disposición de un número limitado de organizaciones que son dueñas de los sistemas o los alquilan. El costo de movilizar aeronaves, equipos y tripulación es elevado, pero el costo de la cobertura de datos por kilómetro en línea o por unidad de área, puede resultar razonable si el área de sobrevuelo es grande.

Además del tipo, disponibilidad y costo de los datos, el planificador debe considerar las condiciones bajo las cuales se está produciendo la adquisición de datos apropiados. Cada tipo de sensor tiene una hora óptima del día, de la estación del año o una tabla de condiciones apropiadas para obtener los mejores resultados. De igual manera, para establecer la situación actual de un peligro tal como la actividad de un volcán, la interpretación de imágenes térmicas IR debe ser hecha muy poco tiempo después de su toma y las anomalías deben ser verificadas de inmediato para determinar la magnitud de las temperaturas que se correlacionan con ellas. Los datos obtenidos corrientemente, en vuelos con igual instrumental y en las mismas condiciones de clima y terreno, pueden ser usados para comparar variaciones temporales del peligro. De esta manera, se pueden determinar los cambios en los patrones térmicos.

La información de imágenes térmicas IR es la más transitoria de todos los datos de sensores. Hay una sucesión de cambios en los contrastes térmicos entre los diferentes materiales de superficie, tanto del terreno como de vegetación. Estos ocurren en ciclos diarios y estacionales y son modificados considerablemente por el clima, los suelos, las condiciones del tiempo, el relieve, la dirección de pendientes y las prácticas de uso de tierras. No obstante estas variaciones encubridoras, los contrastes térmicos resultantes de la actividad volcánica y geotérmica pueden ser analizados por un intérprete experimentado en imágenes térmicas IR.

La principal utilidad de las imágenes SLAR está en la interpretación de los elementos relativamente estables de la estructura geológica básica y geomorfológica. En consecuencia, es útil para el estudio de muchos rasgos asociados con los desastres naturales. La obtención de datos de imágenes espaciales SLAR no es normalmente posible dentro del presupuesto para el estudio de planificación, pero una cobertura previa del área de estudio puede encontrarse disponible, si es que existe, y en lo posible debería ser buscada y utilizada.

Tanto las imágenes IR como las de SLAR pueden ser utilizadas en modo estereoscópico, pero solamente cuando las líneas de vuelos adyacentes se superponen. Dado que ocurren distorsiones debido a la turbulencia del aire o altitudes diferenciales durante el desarrollo con técnicas de barrido vertical de cada imagen a medida que la aeronave se adelanta, el modelo estereoscópico no es perfecto. No obstante las distorsiones, la dimensión estereoscópica es definitivamente una ventaja para identificar y definir los peligros naturales.

1. Fotografía aérea

De todos los sensores, la fotografía aérea ofrece la interpretación más exacta de lo que ve el ojo humano, en términos de respuesta a la longitud de onda, resolución, perspectiva, visión estereoscópica y valores tonales y de color. El intérprete familiarizado con las fotografías puede interpretar fácilmente estas escenas, mientras que otros sensores, como los barredores térmicos IR y sistemas SLAR, producen imágenes cuya apariencia y base física es completamente extraña al ojo inexperto. Las fotografías aéreas son probablemente los datos de percepción remota con los cuales el planificador está más familiarizado. (Ver OEA, 1969.)

a. Escalas y longitudes de onda

Las escalas más útiles para fotografías aéreas van desde 1:5.000 hasta 1:120.000. La necesidad de información de tipo reconocimiento, sobre extensas áreas, limita el uso de las fotografías a escalas de 1:40.000 o menos.

La fotografía está limitada a longitudes de ondas ópticas compuestas de las porciones ultravioleta (UV), visible e infrarrojo cercano del espectro electromagnético (Figura 4-1). La primera y última de estas porciones son recuperables bajo condiciones especiales de películas y filtros. Las longitudes de onda cercanas a IR corresponden al segmento reflectivo de la mayor parte del infrarrojo, que también incluye longitudes de ondas emitidas o térmicas.

b. Tipos de película

Las fotografías aéreas pueden ser obtenidas con películas blanco y negro, las menos costosas, o a color convencional o color IR. El tipo de película que deberá usarse depende de su aplicabilidad al terreno particular que se está estudiando, y del costo de la película. La velocidad de la película también es factor importante, pues películas a color de baja velocidad no pueden ser utilizadas en terrenos demasiados oscuros tales como áreas con densa vegetación ubicada o rocas predominantemente oscuras.

Los dos tipos generales de películas en blanco y negro utilizados con mayor frecuencia, son las películas pancromáticas y las IR sensibles. Las películas pancromáticas, que son materiales negativos que presentan aproximadamente el mismo rango de sensibilidad a la luz que el ojo humano, son consideradas como la norma para la fotografía aérea. Es el medio más económico para la cartografía aérea y la foto-interpretación, pero puede no ser la alternativa lógica para una determinada área de estudio.

La película en blanco y negro IR sensible, a pesar de no ser de uso común, es una mejor opción para penetrar la neblina y/o una exuberante vegetación, en áreas tropicales húmedas. Proporciona mucho mejor contraste para aguas superficiales, humedad y vegetación, que la película normal y, como resultado, puede ser una herramienta efectiva en la planificación regional y en las evaluaciones de peligros naturales en áreas tropicales húmedas. Existe, sin embargo, una disminución de detalle en áreas en sombra debido al filtrado de la luz dispersa más fría (extremo azul).

En áreas de alto relieve, es mejor fotografiar cerca del mediodía con película IR. En áreas de bajo relieve, se deben tomar las fotografías cuando el sol se encuentra cerca del horizonte (10° - 30°), produciendo sombras sobre superficies de textura fina. La fotografía con ángulo solar bajo (LSAP) resaltan las características texturales de determinados tipos de roca, las discontinuidades y rasgos topográficos lineales asociados con fallas y fracturas. También se pueden definir tipos de vegetación natural y cultivada, en gran parte por la textura, lo cual proporciona información adicional respecto al terreno. Casi cualquier cámara aérea moderna puede obtener LSAP usando película pancromática o infrarrojo con filtro rojo.

La película a color se usa de varias formas para la evaluación de los peligros naturales: película negativa de la cual se producen fotos a color y transparencias positivas, incluyendo diapositivas a color. Hasta cierto punto, las películas negativas pueden ser copiadas en papel para resaltar ciertos colores y facilitar su manejo. Sin embargo, éstas no poseen la nitidez y el rango dinámico de color de las transparencias positivas, las cuales son significativamente mejores para propósitos de interpretación.

Existen dos tipos espectrales principales de película a color: la película a color natural o convencional, que cubre el espectro visible, y la película a color IR (desde el verde hasta el IR cercano). La primera se encuentra disponible como película en negativo (copias en papel) y transparencias positivas, y la segunda está disponible sólo como una transparencia positiva.

La respuesta de las películas a color IR es superior a la de las películas a color natural por varias razones. Primero, el filtro amarillo requerido para su uso apropiado elimina la luz azul que se dispersa preferencialmente por la atmósfera. Al eliminar gran parte de tal dispersión, mejora enormemente el contraste. Segundo, las diferencias de reflectancia entre los tipos de vegetación, suelos y rocas son comúnmente mayores en el componente fotográfico IR de esta película. Tercero, la absorción del infrarrojo por el agua y gran parte de las longitudes de onda roja, permiten una definición más clara de depósitos de agua y de áreas con contenido de humedad. Y cuarto, la disminución de luz dispersa en áreas en sombra realza detalles de relieve, mejorando así la interpretación de

la geomorfología. En vista de estos atributos, se prefiere la película a color IR si es que se desea fotografía aérea a color en climas tropicales húmedos.

2. Radar

El radar difiere de la aerofotografía como sensor remoto aéreo. La fotografía es un sistema de percepción remota que utiliza la reflexión natural del sol, en tanto que el radar es un sensor activo que produce su propia iluminación. El radar ilumina el terreno y luego recibe y ordena las señales reflejadas sobre una imagen que puede ser evaluada. Estas imágenes se parecen a las fotografías en blanco y negro. El mejor uso de las imágenes obtenidas con radares aéreos, en el proceso de planificación para el desarrollo y evaluaciones de peligros naturales es la identificación de características geológicas y geomorfológicas. Las imágenes de radar, así como la fotografía, presentan variaciones de tono, textura, forma y patrones que corresponden a diferencias en rasgos y estructuras en la superficie. De estos elementos, las variaciones de tono que se observan en las fotografías aéreas convencionales son las mismas que se ven con los ojos. Las variaciones de tono que presentan las imágenes de radar y que aparecen como propiedades no familiares, son el resultado de la interacción de la señal del radar con el terreno y la vegetación. Así como para poder hacer uso de fotografías aéreas no es esencial comprender del todo la teoría óptica y sus procesos propios, también es posible utilizar las imágenes de radar sin entender cabalmente lo concerniente a la radiación electromagnética.

Sin embargo, el intérprete experimentado debe saber algo sobre cómo se forma la imagen, para poder interpretarla correctamente y apreciar plenamente el potencial y las limitaciones del radar. Un intérprete capacitado sólo necesita familiarizarse con los parámetros que controlan el eco del radar, entender sus efectos sobre la señal de retorno, y reconocer los efectos de la configuración lateral del sensor sobre la geometría de la señal de retorno.

Muchas imágenes útiles de radar han sido obtenidas en longitudes de onda de las bandas X, K y Ka (ver Figura 4-2). Sin embargo, los contratistas comerciales ofrecen generalmente los sistemas de radar aéreo en la banda X. En este ancho de banda existen dos tipos básicos de sistemas: el radar de apertura real (RAR) y el radar de apertura sintética (SAR). Los radares de apertura real, o "fuerza bruta", utilizan una antena de la mayor longitud práctica posible para producir un haz de iluminación de ángulo muy delgado en la dirección azimutal (línea de vuelo). A mayor longitud de antena, más delgado será el haz azimutal. Una longitud típica es 4,5 mts., la cual se aproxima al tamaño máximo práctico para las aeronaves. Por esta razón, se desarrolló el SAR. El SAR es capaz de lograr una mayor resolución sin la necesidad de una antena físicamente grande, mediante un complicado procesamiento electrónico de la señal de radar.

La resolución resultante, unida a las pequeñas escalas a las que se pueden obtener imágenes, hace que el radar sea más útil que la observación fotográfica cuando se trata de cubrir grandes extensiones. Si bien el RAR es de diseño simple y no requiere grabación ni procesamiento sofisticado de datos, la resolución en la dirección de su alcance (range direction) es relativamente limitada si la comparamos con la del SAR de igual longitud de onda. El SAR mantiene su alta resolución a grandes distancias en la dirección de su alcance y también mantiene su resolución azimutal. La resolución con el SAR es cercana a los 10 mts en azimut y alcance.

3. Barredores electrónicos térmicos en infrarrojo

Un barredor aéreo electro-óptico que utilice un detector semi-conductor sensible a la porción térmica IR del espectro, es la mejor manera de producir imágenes que definan el patrón térmico del terreno. Los métodos alternos usan una presentación tipo televisión, tienen resolución espacial inadecuada y, por lo tanto, no pueden ser usados de manera efectiva a las altitudes de vuelo de la aeronave. También carecen de adecuada resolución térmica.

Figura 4-2

LONGITUD DE ONDAS DE RADAR Y FRECUENCIAS USADAS EN PERCEPCION REMOTA PARA SISTEMAS DE RADAR EN AERONAVES

Designación de Banda ^a	Longitud de Onda (cm)	Frecuencia (ciclos/segundo ⁻¹)
Ka (0,86cm)	0,8a 1,1	40,0 a 26,5

K	1,1 a 1,7	26,5 a 18,0
Ku	1,7 a 2,4	18,0 a 12,5
X (3,0cm, 3,2cm)	2,4 a 3,8	12,5 a 8,0
C	3,8 a 7,5	8,0 a 4,0
S	7,5 a 15,0	4,0 a 2,0
L (23,5cm, 25,0cm)	15,0 a 30,0	2,0 a 1,0
P	30,0 a 100,0	1,0 a 0,3

^a Longitudes de onda comúnmente usadas en radares de imágenes se encuentran en paréntesis.

Fuente: Sabins, Floyd F., Jr. Remote Sensing: Principles and Interpretation (New York: W.J. Freeman, 1986).

En los barredores electrónicos la resolución espacial disminuye cuando aumenta la altura sobre el terreno. La mayoría de los sistemas comerciales térmicos en infrarrojo, ofrecen resoluciones espaciales de 2m a 2,5m por cada 1.000m de altitud en el punto del nadir (el punto sobre la superficie verticalmente debajo de la cámara) del barrido. Un aumento de altitud de 2.000m produciría una resolución espacial de 4 a 5m.

Normalmente, la banda de 3,0 μ m a 3,5 μ m proporciona la mejor información sobre objetos "calientes" (respiraderos volcánicos activos, fuentes termales, etc.), mientras que la banda de 8,0 μ m a 14,0 μ m proporciona la mejor información sobre rasgos que se encuentran a temperaturas ambientales o menores (torreteras bajo cubierta de copas de árboles, manantiales cálidos, etc.). Frecuentemente en los estudios que hacen uso de IR se utilizan ambas bandas para proporcionar imágenes simultáneas.

Las propiedades del sistema de barrido electrónico aéreo IR indican que su uso práctico está restringido a bajas altitudes (menos de 3.000m) y, consecuentemente a áreas relativamente más pequeñas que las del radar o la aerofotografía. En las evaluaciones de peligros naturales, su mejor uso sería hecho en áreas que se conocen, o se sospecha, sean áreas de volcanismo o donde las condiciones anormales de humedad indican situaciones de peligro. Esto último puede incluir, por ejemplo, la acumulación de aguas a lo largo de fallas activas, o en la parte posterior de deslizamientos, o condiciones de humedad asociadas con terrenos cársticos.

Los sistemas de barrido electrónico IR tienen desventajas, pero su capacidad única respecto a imágenes térmicas es insuperable. Además, pueden proporcionar información crítica de áreas relativamente pequeñas, una vez identificadas las áreas propensas a peligros.

4. Ventajas y limitaciones de fotografías. radar y barredores electrónicos térmicos IR

a. Fotografías y radar

Tanto la fotografía aérea como el radar tienen ventajas y limitaciones. La fotografía no puede ser utilizada en cualquier momento y en cualquier condición climática, pero sí el radar. Este puede graficar miles de kilómetros cuadrados por hora con exactitud geométrica compatible con los patrones nacionales de cartografía. Cada área puede ser estudiada mucho más rápidamente por el radar que por la fotografía aérea, y el producto final proporciona una excelente visión sinóptica. Con el radar se puede medir la distancia con mayor precisión que con fotografías; se han producido mapas experimentales tan grandes como a escala 1:24.000. El proyecto RADAM del Brasil cubrió completamente el país a una escala de 1:250.000. Por otro lado la fotografía, a igual escala, muestra significativo mayor detalle y proporciona una excelente modalidad estereoscópica para propósitos de interpretación, en contraste con el modelo obtenido del radar, más limitado pero siempre útil. La fotografía aérea tiene la ventaja de ofrecer exposiciones instantáneas de una escena, superior resolución, facilidad de manejo y capacidad estereoscópica.

b. Barredores electrónicos térmicos IR

Los barredores aéreos electro-ópticos, en general, pueden cubrir el espectro electromagnético usando sensores semiconductores electrónicos, desde el UV hasta el rango IR térmico del espectro, pasando por el visible y el cercano IR. La utilidad del espectro UV en las investigaciones de peligros naturales y de recursos, tiene todavía que ser demostrada, particularmente cuando la imagen es degradada debido a la intensa dispersión de sus rayos. Los barredores electrónicos en el rango visible, son especialmente útiles cuando se combinan o manipulan dos o más bandas de onda.

Las imágenes producidas por un barredor electrónico presentan distorsiones inherentes en la escena final de la imagen reconstituida, debido a su técnica de registrar un barrido vertical sobre la cinta o película. La distorsión lateral de la línea de vuelo es corregida razonablemente en el sistema de barrido. A lo largo de la línea de vuelo, sin embargo, los rápidos cambios de altitud sobre el terreno producen muchas distorsiones durante la formación de una escena proveniente de muchas líneas de barrido. El movimiento persistente de la aeronave sobre tres ejes, con estabilización limitada, presenta el mismo problema. Estas distorsiones dan lugar a imágenes que son difíciles de interpretar y cuya ubicación también es difícil de identificar, especialmente en montañas o terrenos de bosques. No obstante estas deficiencias, el barrido electrónico desde una aeronave continúa siendo un método muy valioso para obtener imágenes térmicas en infrarrojo, con una razonable resolución espacial y térmica.

En resumen, la percepción remota aérea proporciona información de cámaras aéreas fotográficas, radar lateral y barredores electrónicos térmicos de imágenes que no tienen rival, en cuanto a resolución, en su respectiva cobertura dentro del espectro electromagnético. Estos sistemas producen imágenes que van desde el espectro visible conocido, hasta los espectros menos familiares del infrarrojo y del radar en microondas. Esta información puede ser usada junto a mapas convencionales de todo tipo para mejorar los datos disponibles al planificador.

C. Percepción remota con satélites

[1. Landsat](#)

[2. Système probatoire pour l'observation de la terre \(SPOT\)](#)

[3. Sistemas de radar por satélite](#)

[4. AVHRR](#)

[5. Cámara métrica](#)

[6. Cámara de formato grande](#)

[7. Sojuzkarta](#)

Esta sección describe varios sistemas de percepción remota que pueden ser utilizados para la integración de evaluaciones de peligros naturales en los estudios de planificación para el desarrollo. Estos sistemas son: Landsat, el satélite SPOT (Systeme Probatoire l'Observation de la Terre), sistemas de radares de satélite, el radiómetro avanzado de muy alta resolución (AVHRR) en los satélites NOAA-10 y II, la cámara métrica, la cámara de formato grande (LFC) y el Sojuzkarta. La percepción remota desde satélites ha adquirido importancia creciente desde el exitoso lanzamiento del satélite Landsat I (antes ERTS-1) en 1972. A partir de esa fecha se han desarrollado y usado con marcado éxito muchos satélites con capacidad de percepción remota.

El barredor electrónico multispectral Landsat (MSS), proporcionó las primeras imágenes prácticas desde el espacio en cuatro bandas del espectro. Las características de éste y de otros sensores Landsat se resumen en la Figura 4-3. El sensor vidicon, con haz de retorno (RBV) que acompañó al MSS en este y en los siguientes satélites de esta serie, nunca llamó la atención de los científicos y planificadores como lo hizo el MSS. La amplia cobertura aérea de los sensores Landsat y de los otros que le han seguido, conjuntamente con la capacidad de procesar digitalmente los datos de sensores, ha hecho que los datos derivados del satélite sean útiles para planificadores regionales y para otros interesados en evaluaciones de peligros naturales. Las vistas sinópticas de los

terrenos propuestos para el desarrollo, pueden ser convertidas en imágenes en un instante. Las imágenes de satélite pueden proporcionar continuidad en las condiciones de visión de extensas áreas, que no son posibles en los mosaicos de fotografías aéreas.

Además del MSS, otros sensores transportados por satélite merecen ser tratados, porque son mecanismos potenciales para la evaluación de los peligros naturales. Cada sensor tiene sus ventajas y limitaciones en la cobertura de áreas de interés y en su capacidad de resolución para definir ciertos tipos de peligros. Algunos sensores son experimentales, proporcionan cobertura aérea limitada y carecen de continuidad temporal. Sin embargo, cuando se dispone de cobertura para un área de estudio, los datos de esos sensores deben ser utilizados en conjunto con datos existentes derivados del Landsat o SPOT. Los datos derivados pueden producir un efecto sinérgico de poco costo, combinando datos de más de una parte del espectro, y bien vale la pena el gasto adicional relativamente pequeño que conlleva.

Idealmente, sería deseable utilizar un método de "múltiples etapas" en evaluaciones de recursos y peligros naturales. Esto implicaría el uso de fotografías aéreas y verificaciones en tierra, para lograr un conocimiento más detallado en lugares representativos o de demostración. Este conocimiento puede ser extrapolado sobre áreas más extensas utilizando datos derivados de Landsat u otros tipos de satélite. La Figura 4-3 presenta las características de las imágenes requeridas para la evaluación de varios peligros naturales - terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra, tsunamis, desertificación, inundaciones y huracanes, para propósitos de planificación y mitigación. Las características de las tecnologías aplicables de satélites son descritas a continuación.

1. Landsat

Dado que la serie de satélites Landsat ha estado operando por un largo período de tiempo, se cuenta con una gran base de datos disponible, tanto en cobertura aérea como en cobertura repetitiva, para diferentes estaciones del año y durante períodos de desastres naturales. La cobertura con Landsat MSS existe desde 1972 hasta el presente en cuatro bandas espectrales, con una resolución de 80m. El "thematic mapper" (graficador temático - TM) fue introducido con el Landsat 4 en 1982 con siete bandas espectrales, seis de ellas con 30m de resolución y una en el rango térmico IR, con resolución de 120m. (Figura 4-3).

Los datos de estos sensores son transmitidos digitalmente a estaciones terrestres en diferentes partes del mundo donde son grabados en cinta magnética y pre-procesados para mejorar su fidelidad radiométrica, atmosférica y geométrica. Las estaciones receptoras en tierra, que cubren América Latina y el Caribe, se encuentran en California, Maryland, Brasil y Argentina. Los centros de distribución para las imágenes de sensores Landsat se presentan en el recuadro abajo.

Aunque ninguno de los satélites existentes y sus sensores han sido diseñados especialmente para observar los peligros naturales, la variedad de bandas espectrales en los rangos visible e IR cercano del Landsat MSS y TM y los sensores HVR del SPOT, proporcionan una cobertura espectral adecuada y permiten el realce computarizado de datos para este propósito. La cobertura repetitiva o multitemporal es justificada en base a la necesidad de estudiar varios fenómenos dinámicos cuyos cambios pueden ser identificados a través del tiempo. Estos incluyen eventos de peligros naturales, patrones cambiantes en el uso de tierras y los aspectos hidrológicos y geológicos del área de estudio.

El uso de imágenes Landsat MSS y TM en evaluaciones de recursos naturales y de peligros naturales se ve facilitada por el aspecto temporal de las imágenes disponibles. Los compuestos temporales de dos o más imágenes, de fechas diferentes, permiten reconocer características relacionadas a peligros que han sufrido cambios, tales como alteraciones en llanuras inundables o lechos de ríos, grandes deslizamientos de derrubio y, también en cierto grado, el reconocimiento temprano de desastres que evolucionan con el tiempo, como es el caso de la desertificación o la sequía. El capítulo 8 ofrece una detallada discusión del uso de sensores Landsat en evaluaciones del peligro de inundación. La manipulación y combinación específica de cintas con datos MSS o TM, con varias bandas de una misma escena, puede incrementar la utilidad de los datos.

El análisis tridimensional, o la estereoscopia, casi no pueden realizarse a partir de los datos MSS y TM. Con el MSS en los Landsats 1, 2 y 3, existe un ciclo de 18 días, siendo el traslape lateral de 14% en el ecuador, aumentando hacia los polos hasta el 34% en la latitud 40° y hasta el 70% en las latitudes polares. (Traslape lateral es el grado de superposición de cobertura de imágenes adyacentes). En los Landsats 4 y 5, su menor altitud y ciclo de 16 días con mayor

espaciamiento, deviene en sólo un 7,6% de traslape lateral en el ecuador y un aumento insignificante hacia los polos, tanto para los datos MSS como TM. Desafortunadamente, las áreas a menores latitudes, que más nos interesan, tienen mínima cobertura estereoscópica.

Figura 4-3

CARACTERISTICAS DE SENSORES LANDSAT

SENSOR ^a	PLATAFORMA LANDSAT	BANDAS ESPECTRALES Y RANGO (micrómetros)		ALTITUD (km)	RESOLUCION (m)	TAMAÑO IMAGEN	REPETICION DE COBERTURA
RVB	1, 2, 3	PAN	0,505-0,750	920	79x59 ^d	185x185 ^d	cada 18 días
		1 ^b	0,475-0,575		30x30 ^a	99x99 ^a	
		2 ^c	0,580-0,680				
		3 ^c	0,090-0,830				
MSS	1, 2, 3, 4, 5	4(verde)	0,5-0,6 ^f	920 ^g	79x57 ^g	185x185 ^f	cada 18 días ^g
		5(rojo)	0,6-0,7	705 ^h	60x60 ^h	185x170 ^g	cada 16 días ^h
		6(cercano IR)	0,7-0,8		237x237 ^l		
		7 (cercano IR)	0,8-1,1				
		8(térmico)	10,4-12,6 ^b				
TM	4,5	1	0,45-0,52	705	28.5x28.5 ^k	85x170	cada 16 días
		2	0,52-0,60		120x120 ^l		
		3	0,63-0,69				
		4	0,76-0,90				
		5	1,55-1,75				
		6	10,40-12,50 ⁱ				
		7	2,08-2,35				

^a RVB, Return Beam Vidicon; MSS, Multispectral Scanner; TM, Thematic Mapper; IR, Infrared

^b Pancromático y Landsat 3 únicamente

^c Bandas 1, 2, 3 en Landsat 1 y 2 sólo

^d Landsat 1 y 2

^e Landsat 3

^f También llamadas bandas 1 a 4 en Landsat 4 y 5

^g Landsat 1 a 3

^h Landsat 4 y 5

ⁱ Banda 8 en Landsat 3

^j Térmico

^k Bandas 1 a 5 y 7

^l Banda 6 únicamente

Fuente: Adaptado de Budge, T. A Directory of Major Sensors and Their Parameters (Albuquerque, New Mexico: Technology Application Center, University of New Mexico, 1988).

Si el terreno es plano y tiene poco relieve, el escaso traslape lateral estereoscópico señalado no sería efectivo. En áreas de relieves pronunciados, cualquier cobertura estereoscópica sería bienvenida, especialmente si corresponde a una parte crítica del área del proyecto.

El haz de retorno vidicon (RBV) es un sistema de cámara de recuadros, que funciona como una cámara de televisión instantánea. No ha logrado la misma popularidad que el MSS, aún cuando proporciona información útil. Los Landsat 1 y 2 llevaron a bordo tres RBVs que registraron imágenes en verde, rojo e IR de las mismas escenas que las obtenidas con el MSS. Estas fueron capaces de producir imágenes a color IR con 80m de resolución, igual que el MSS, pero fueron decididamente inferiores debido a problemas técnicos. El Landsat 3 llevó a bordo un sistema RBV que obtuvo imágenes separadas, en blanco y negro, en cuadrantes de la escena MSS en la banda de 0,5 μ m a 0,75 μ m, una respuesta espectral del verde al rojo. La resolución en tierra fue de 40m, mucho mejor que el MSS existente y la anterior resolución del RBV, haciendo posible reconocer evidencias de peligros naturales de menor escala.

Sin embargo, la amplia respuesta del RBV no destacó ningún rasgo o característica en particular ni diferenció los tipos de vegetación o las rocas, tan bien como las bandas MSS. Su ventaja radica principalmente en proporcionar mayor resolución espacial, para cartografía a gran escala de rasgos detectables espectralmente. En este sentido, complementó los datos MSS de menor resolución que cubrían la misma área. En los Landsats 4 y 5 se prescindió completamente del sistema RBV, quedando solo los sensores MSS y TM.

FUENTES PARA IMAGENES LANDSAT

Argentina

Establecido: Noviembre 1980

Recepción: MSS

Centro de Distribución:

Comisión Nacional de investigaciones Espaciales

Centro de Procesamiento

Avenida Dorrego 4010

1425 Buenos Aires, Argentina

Teléfono: 722-5108; Telex: 17511 LANBA AR

Brasil

Establecido: Mayo 1974

Recepción y procesamiento: MSS y TM

Centro de distribución

INPE-DGI

Caixa Postal 01, Cachoeira Paulista. SP

CEP 12630. Sao Paulo. Brasil

Teléfono; (125) 611507; PBX: (125) 611377

Telex: 1233562 INPE BR

Estados Unidos

Establecido: Julio 1972

Recepción y procesamiento: MSS y TM

Centro de distribución:
 Earth Observation Satellite Company (EOSAT)
 4300 Forbes Blvd., Lanham, Maryland 20706
 Teléfono: (301) 552-0500 o 800-344-9933
 Telex: 277685 LSAAT UR

Los MSS fueron incluidos para continuar la biblioteca temporal con datos de ese tipo de sensor y su resolución espacial de 80m. El TM, con su resolución de 30m, negó toda justificación para el inefectivo y poco usado sistema RBV. No obstante su ausencia en los Landsat 4 y 5, los datos RBV de ciertas áreas tropicales con densa vegetación, pueden ser la única fuente de datos con resolución adecuada para una comparación temporal con posteriores datos TM.

La porción térmica IR del TM fue originalmente colocada en la ventana espectral de 10,4µm a 12,5µm, donde la energía radiante de la tierra es tan baja que se necesita un detector grande. Esto tuvo como resultado una celda en tierra con resolución de 120m que generalizó los detalles térmicos, limitando su valor para detectar los finos y sutiles cambios geotérmicos asociados con la actividad volcánica. La resolución térmica es de 0,5°K (grados Kelvin) que es bastante pobre de acuerdo a las normas de los barredores electrónicos aéreos IR (0,1 °K o menor). Sus mejores aplicaciones posibles en materia de evaluación de peligros naturales, serían el delineo de llanuras activas de inundación y, también, el constituir un indicio muy aproximado de actividad volcánica regional. La banda térmica infrarrojo (banda 8) en el Landsat 3 (10,4µm a 12,5µm con resolución espacial de 240m) nunca funcionó correctamente y, por lo tanto, no es de importancia alguna para las aplicaciones que aquí se discuten. La banda azul-verde (0,45µm - 0,52µm) del sistema TM (banda 1) es única entre los sensores en satélites orientados al campo de los recursos naturales. La razón de que esta banda no haya formado parte del espectro buscado desde satélites, es la severa dispersión de la luz azul, que puede degradar el contraste de la imagen cuando existe una alta humedad o alto contenido de aerosoles en la atmósfera. Sin embargo, en el agua, la luz azul tiene la mejor capacidad de penetración de todo el espectro visible.

En aguas cristalinas, libres de sedimentos, puede definir fondos marinos hasta 30 o más metros de profundidad, dependiendo principalmente del ángulo de incidencia de la iluminación solar y la reflectancia del fondo. Esta propiedad es útil para determinar las condiciones de pendientes frente a la costa, relevantes al potencial de inundación de los tsunamis.

PERCEPCION REMOTA CON SATELITE: COSTOS APROXIMADOS PARA OBTENER DATOS BASICOS (CCTs, Junio de 1989)

Sistema	Costo por km²
Landsat MSS	US\$.02
Landsat TM	US\$.11
SPOT	US\$.47-.61

Figura 4-4
CARACTERISTICAS DE SENSORES SPOT

SENSOR SPOT: MULTIESPECTRAL Y ALTA RESOLUCION VISIBLE (HRV)

Banda	Longitud de Onda (µm)	Resolución (m)	Formato de imagen
XS1	0,50-0,59	20	Una franja de terreno de 60 km con ángulo vertical de visión y hasta 80 km con ángulo de visión a ± 27° de la vertical
XS2	0,61-0,68	20	
XS3	0.79-0.89	20	

SENSOR SPOT: PANCROMATICO ALTA RESOLUCION VISIBLE (HRV-P)

Banda	Longitud de Onda (μm)	Resolución (m)	Formato de imagen
P	0,51-0,73	10	Una franja de terreno de 60 km con ángulo vertical de visión y hasta 80 km con ángulo de visión a $\pm 27^\circ$ de la vertical.

2. Système probatoire pour l'observation de la terre (SPOT)

El satélite SPOT con sus sensores de alta resolución (HRV), es similar en muchos aspectos al satélite Landsat y sus sensores MSS y TM. El sensor multiespectral HRV (XS) tiene un rango de la longitud de onda verde hasta el IR cercano. La cobertura HRV-XS es en tres bandas espectrales en vez de las cuatro del MSS, pero con una resolución espacial mucho más alta (20m versus 80m), aunque sólo cubre la novena parte del área cubierta por una toma de Landsat. Además, el SPOT lleva un sensor pancromático (HRV-P) que cubre desde el verde hasta el rojo del espectro visible, en una sola franja de terreno con 10 mts. de resolución. Ambos sensores HRV cubren una franja de 60 Km a lo largo de la trayectoria orbital. Es posible obtener cobertura simultánea adyacente con ambos sensores, produciendo así una franja de 117 Km, de ancho, aunque esta capacidad no ha sido utilizada con frecuencia. La Figura 4-4 arriba, presenta las características de los sensores SPOT y de los formatos de sus imágenes, en forma resumida.

Los sensores SPOT tienen la capacidad única de poder ser dirigidos hasta 27° a izquierda o derecha de la trayectoria orbital. Esta característica permite vistas repetidas, fuera del nadir, de una misma franja de terreno, produciendo imágenes estereopares. La relación base - altura varía desde 0,75 en el ecuador hasta 0,50 en latitudes medias. Esto da lugar a fuerte exageración vertical. Esta tercera dimensión, si estuviera disponible para una determinada área de estudio, junto con la mayor resolución de la imagen, puede significar que los sensores SPOT sean superiores a los del Landsat, si no se requiere mayor resolución espectral. Las fuentes para datos SPOT se indican en el recuadro de arriba..

FUENTES DE IMAGENES SPOT	
ARGENTINA:	Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE) Av. del Libertador 1513 Vicente López 1638 Buenos Aires, Argentina
BOLIVIA:	CIASER Casilla de Correo 2729 La Paz, Bolivia
BRASIL:	SENSORA Rua Bertolomeu Portela, 25 S/Lojas Botafogo, Rio de Janeiro CEP 2290, Brasil
CHILE:	S.A.F. Casilla 67 Correo Los Cerillos Santiago de Chile
MEXICO:	INEGI San Antonio Abad 124 Ciudad de México, 8 D.F.

PERU:	ONERN Calle 17 No. 355, Urb. El Palomar. San Isidro Lima, Peru
ESTADOS UNIDOS:	SPOT Image Corporation 1897 Preston White Drive Reston, Virginia 22091-4326, U.S.A. Teléfono: (703) 620-2200
VENEZUELA:	CPDI Edo. Miranda Apañado 40200 Caracas, Venezuela 1040 A

3. Sistemas de radar por satélite

Existe considerable cobertura con radar sobre todo el mundo y, en el futuro, podemos esperar más datos derivados del radar desde el espacio.

La familia de radares espaciales se origina con el radar Seasat (USA), que fue un sistema de apertura sintética especialmente diseñado para estudiar la superficie de los océanos. En esta capacidad, tenía un gran ángulo de depresión (promedio 70°) para estudiar la superficie relativamente plana del océano. Por esta razón, la utilidad del Seasat se extendió a las áreas de relieves bajos en tierra. Durante su corta vida, en 1978, el Seasat logró obtener una gran cantidad de datos de Europa Occidental, Norteamérica, Centro América y el Caribe.

Después del Seasat vinieron los radares para imágenes, conocidos como SIR-A y SIR-B, a bordo del Transbordador Espacial. Los datos de estos radares fueron obtenidos durante los vuelos del transbordador en 1981 y en 1984. Sus características, junto con los datos del Seasat, se ven en la Figura 4-5. SIR-A y SIR-B proporcionaron una mayor cobertura a nivel mundial, incluyendo grandes porciones de América Latina, debido a que los datos de las imágenes fueron registrados a bordo del transbordador y no enviados por telemetría a un número limitado de estaciones receptoras que estuvieran al alcance de la nave espacial, como fue el caso del radar del Seasat, satélite no tripulado.

Figura 4-5

CARACTERISTICAS DE SISTEMAS SEASAT, Y DE LOS SISTEMAS SIR-A Y SIR-B

Características	Seasat (1978)	SIR-A (1981)	SIR-B (1984)
Cobertura repetitiva	irregular hemisferio norte	poca a ninguna	poca a ninguna
Resolución	25x25 m	40x40	25x(17-58) m
Longitud de Onda (23,5cm)	Banda L	Banda L	Banda L
Cobertura en latitud	72°N - 72°S	50°N - 35°S	58°N - 58°S
Altura	790 km	250km	225 km
Ancho del barrido de la imagen	100 km		50 km 40 km

Fuente: Adaptado de Budge, T. Un Directorio de sensores principales y sus parámetros (Albuquerque, New Mexico: Technology Application Center, 1988).

FUENTES DE IMAGENES DE RADAR EN SATELITE

SIR-A y SIR-B

National Space Science Center
World Data Center A for Rockets and Satellites
Code 601
NASA/Goddard Space Flight Center
Greenbelt, Maryland 20771, U.S.A.
Telefono: (301) 286-6695

Seasat

NOAA, National Environmental Satellite
Data and Information Service
World Weather Building, Room 100
Washington, D.C. 20233, U.S.A.
Teléfono: (301) 763-8111

Las longitudes de onda larga de estos sistemas de radar permiten una penetración potencial del subsuelo entre 2m y 3m en arenas extremadamente secas (Schaber *et al.*, 1986), lo que puede ocurrir en áreas hiperáridas de América del Sur. Esta propiedad puede tener alguna aplicación en la evaluación de peligros naturales que no salten a la vista, así como en estudios integrados de planificación del desarrollo. El problema parece ser que mientras se dispone de una cantidad significativa de cobertura de radar, aún queda mucho por obtener en áreas donde se necesita esa información. Se espera que la serie SIR de adquisición de datos de radar continúe en el futuro con el SIR-C. Otros sensores de radar que serán puestos en órbita próximamente son: el Radarsat de Canadá, un radar de banda-C (6.0cm) diseñado para proporcionar cobertura estereoscópica a nivel mundial, programado para los años 90; la Agencia Europea del Espacio espera lanzar un radar de apertura sintética de banda-C a bordo del Earth Resources Satellite (ERS) en 1990; y Japón lanzará un satélite para lograr imágenes de radar en la banda-L en 1991. Por lo tanto, es de esperarse que habrá un mayor número de imágenes de radar que proporcionarán herramientas adicionales para la evaluación de los peligros naturales.

4. AVHRR

El radiómetro "Advanced Very High Resolution Radiometer" (AVHRR) a bordo de los satélites NOAA-7 a 11, normalmente no sería considerado útil para evaluaciones de peligros naturales si sólo tomamos en cuenta su baja resolución (1,1 km en el nadir). Sin embargo, el gran ancho de franja, de 2.253 km, proporciona cobertura a diario (día y noche) de las partes habitadas de la tierra (ver Figura 4-6). El ciclo de repetición de vistas, próximas al nadir, es de 9 días, pero la misma área aún es visible desde diferentes ángulos dentro de la franja de terreno cubierta desde el espacio. Esto conduce a complicadas comparaciones radiométricas y geométricas entre las distintas fechas de obtención de datos.

Este radiómetro barredor tiene 5 bandas que incluyen la banda 1 (verde a rojo), banda 2 (rojo a IR reflejado), banda 3 (IR medio), banda 4 (IR térmico) y banda 5. Las bandas más útiles son las bandas térmicas IR 4 y 5, especialmente cuando se trata de terreno húmedo o hielo. Estas han sido exitosamente utilizadas para delinear áreas de inundación, haciendo uso de técnicas de análisis temporal, dentro de las 48 horas después de una inundación de magnitud considerable (Wiesnet y Deutsch, 1986). La resolución térmica de estas bandas es mejor que la banda térmica 6 del Landsat TM, pero se pierde mucho en lo referido a resolución espacial (1.1 km versus 120m, respectivamente).

5. Cámara métrica

La cámara métrica fue un experimento de la Misión STS-9/Spacelab 1, en 1983, para determinar si se podían compilar mapas topográficos y temáticos a escalas medias (1:50.000 a 1:250.000). a partir de imágenes tomadas con cámaras desde altitudes orbitales. Debido a que la fecha de lanzamiento fue a finales de Noviembre, las condiciones de iluminación fueron pobres en muchas de las áreas-objetivo propuestas. Como resultado, se tuvo que utilizar menores velocidades de obturador que las deseadas, produciendo ciertas manchas en las imágenes. Sin embargo, se obtuvieron imágenes de alta calidad con una buena resolución fotográfica en tierra, de unos 20 m, sobre películas de formato 23 cm x 23 cm, pancromática y a color IR. El análisis ha mostrado que estas imágenes pueden ser utilizadas para cartografía a escala de 1:100.000. En esta misión, a pesar de haber tropezado con muchos problemas, se cubrió un área de más de 11 millones de km². Actualmente hay planes para modificar la cámara con el propósito de compensar el movimiento de avance de la imagen y volver a sobrevolarla. Se obtendría una resolución en tierra de unos 10 m, lo cual permitiría la cartografía a una escala tan grande como 1:50.000 (Schroeder, 1986, p. 81).

Figura 4-6 CARACTERISTICAS DEL AVHRR

Plataforma: Satelites NOAA (anteriormente Tiros)

<u>Bandas espectrales</u>	<u>Tiros-N</u>	<u>NOAA-6,8,10</u>	<u>NOAA-7,9,d,H,I,J</u>
1	0,55-0,90	0,58-0,68	0,58-0,68
2	0,725-1,00	0,725-1,00	0,725-1,00
3	3,55-3,2	3,55-3,93	3,55-3,93
4	10,50-11,50	10,50-11,50	10,30-11,30
5	ninguna	ninguna	11,50-12,50
Altitud:	833-870 km		
Resolución:	Gran Cobertura de Area (LAC): 1 km		
	Cobertura Global de Area (GAC): 4km		
Tamaño de imagen:	Franja de terreno de 2253 km		
Repetición de cobertura:	Diario, a nivel global		

FUENTES DE IMAGENES AVHRR

Satellite Data Service Division
NOAA/NESDIS/NCDC
World Weather Building, Room 100
Washington, D.C. 20233. U.S.A.
Teléfono: (301) 763-8111

FUENTES DE LA FOTOGRAFIA CON CAMARA METRICA

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für
Luft - und Raumfahrt e.V. (DFVLR)
Oberpfaffenhofen
D-8031 Wessling
Federal Republic of Germany

Por cada cuadro fotográfico se obtuvo una cobertura en tierra de 190 km x 190 km utilizando un lente de 305 mm, desde una altura de 250 km, produciendo una imagen a escala de 1:820.000. Un traslape de 60 a 80 por ciento obtenido para fines de cartografía fotográfica, es de gran valor en la interpretación de peligros naturales. La alta resolución y cobertura estereoscópica hace de este sistema de sensor fotográfico una herramienta potencialmente utilizable cuando es ampliado suficientemente.

Se cuenta con cinco líneas de fotografía con cámara métrica, que cubren partes de América Latina, y se espera disponer de fotografías espaciales adicionales de alta calidad en áreas de interés, una vez que se reanude el programa del Transbordador Espacial.

6. Cámara de formato grande

La fotografía con cámara de formato grande (LFC) fue obtenida durante un vuelo del Transbordador Espacial en Octubre 1984. El término "formato grande" se refiere al uso de película de 23 cm por 46 cm, orientada con su mayor dimensión en dirección de la línea de vuelo. Se obtuvieron 1520 fotografías en blanco y negro, con LFC, 320 a color normal y 320 a color IR, cubriendo diferentes áreas de América Latina y el Caribe. El rango de escalas de estas fotografías varía de 1:213.000 a 1:783.000, según la altura del transbordador, la cual varió entre 239 km y 370 km. El ancho de la franja del terreno cubierta fluctuó entre 179 km y 277 km y cada cuadro fotográfico abarcó entre 300 km y 558 km, en la línea de vuelo. El traslape en la dirección del vuelo fue hasta del 80 por ciento, permitiendo exageraciones verticales de 2,0,4,0, 6,0 y

7,8 veces en los modelos estereoscópicos. La mayoría de las fotografías fueron tomadas con un 60 por ciento de traslape, lo cual proporcionó una exageración vertical de 4 veces y un excelente modelo estereoscópico. La resolución espacial fue aproximadamente 3 m para película en blanco y negro y 10 m para la de color IR.

La disponibilidad de esta excelente estereofotografía, que puede ser ampliada 10 o más veces con poca pérdida de calidad de imagen, está limitada a determinadas áreas cubiertas por la proyección del Transbordador Espacial en tierra. Una parte de esta cobertura sufre presencia de nubes o densa neblina pero, a pesar de las limitaciones de cobertura y ocasionalmente de la pobre calidad, la fotografía existente debe ser examinada para su posible utilización en evaluaciones regionales de los peligros naturales y estudios de planificación.

Dado el rango de herramientas disponibles para percepción remota aérea y de satélite, sus aplicaciones varían de acuerdo a las ventajas y limitaciones de cada una de ellas. El planificador puede considerar a cada herramienta como una fuente potencial de información para mejorar evaluaciones de recursos naturales y de peligros naturales. La siguiente sección cubre algunas de las aplicaciones de las fotografías e imágenes en las evaluaciones de peligros naturales.

7. Sojuzkarta

La información del satélite Sojuzkarta consiste de fotografías tomadas con las cámaras KFA-1000 y KM-4. No se cuenta con cintas compatibles con computadora (CCTs), para el procesamiento de imágenes digitales, aunque es posible convertir los datos a formato digital haciendo uso de un barredor electrónico. Las fotografías obtenidas con la cámara KFA-1000 tienen una resolución de 5m en el modo pancromático y 10m de resolución en el modo a color; las escalas varían entre 1:220.000 y 1:280.000. La fotografía con KM-4 tiene una resolución de 6m y se encuentra disponible a escalas de 1:650.000 y

1:1.500.000. Las aplicaciones de este sensor a estudios de peligros naturales probablemente serán útiles para el monitoreo de la desertificación, de peligros de inundación y llanuras de inundación, y para estudios de deslizamientos de tierra.

FUENTES DE FOTOGRAFIA LFC

Chicago Aerial Survey, Inc,
LFC Department
2140 Wolf Road
Des Plaines, Illinois 60018, U.S.A.

Martel Laboratories
7100 30th Avenue North
St. Petersburg, Florida 33710. U.S.A.

U.S. Geological Survey
EROS Data Center
Sioux Falls, South Dakota 57198. U.S.A.

D. Aplicación de tecnologías de percepción remota a evaluaciones de peligros naturales

[1. Inundaciones](#)

[2. Huracanes](#)

[3. Terremotos](#)

[4. Erupciones volcánicas y peligros asociados](#)

[5. Deslizamientos de tierra](#)

[6. Desertificación](#)

Para la evaluación de peligros naturales, en el contexto de estudios de planificación para el desarrollo integrado, no es necesario disponer de imágenes de percepción remota en tiempo real o casi real. Lo que se requiere es habilidad para definir áreas potenciales de exposición a peligros naturales, identificando su ocurrencia en el pasado y las condiciones bajo las cuales podrían volver a ocurrir y, también, habilidad para identificar los mecanismos de prevención o mitigación los efectos de estos peligros. Esta sección considera la posibilidad práctica de detectar el potencial de inundaciones, huracanes, terremotos, erupciones volcánicas y peligros asociados, y deslizamientos de tierra, con la tecnología de percepción. Resultará evidente que algunos de estos peligros están interrelacionados, p.e., inundaciones y huracanes; terremotos, volcanes y deslizamientos de tierra.

La posibilidad de poder identificar estos peligros naturales o su potencial de ocurrencia depende de la resolución de la imagen, la escala de adquisición de los datos del sensor, la escala de trabajo, tomas sin nubosidad o neblina densa y del adecuado contraste de textura, tono o color. La disponibilidad de estéreo-modelos de la escena en estudio puede mejorar la interpretación enormemente. La Figura 4-7 muestra los atributos de percepción remota con satélites, a ser considerados en la evaluación de peligros naturales.

Luego de identificar un peligro, la formulación de medidas apropiadas de mitigación y planes de respuesta para el desarrollo, podrán requerir diferentes

conjuntos de datos de sensores remotos. Estos datos adicionales de percepción remota, probablemente incluirán mayores detalles de la infraestructura, p.e., caminos e instalaciones. Es posible que esto tenga que ser derivado de fotografías aéreas.

1. Inundaciones

Las inundaciones son el más común de los peligros naturales que puede afectar a personas, infraestructura y medio ambiente natural. Ocurren de muchas maneras y en diferentes ambientes. Las inundaciones de ríos, que son las más frecuentes, se originan por prolongadas e intensas precipitaciones, rápido derretimiento de nieve en las cabeceras de vertientes, o por el ciclo regular de deshielo durante la primavera. Otras inundaciones son causadas por precipitaciones cortas pero extremadamente fuertes sobre terrenos relativamente planos, por el reflujó de estuarios debido a mareas altas que coincidan con inundaciones marinas fruto de tormentas, por falla de presas, rebalse de presas por efecto de derrumbes en el reservorio y seiches y mareas originados en grandes lagos por acción del viento. Ocasionalmente, una erupción sobre un glacial, o en un pico volcánico cubierto de nieve, puede originar inundaciones o flujos de lodo a causa de los cuales el terreno es radicalmente modificado y cualquier desarrollo agrario es totalmente destruido, frecuentemente con cuantiosa pérdida de vidas. Ver el Capítulo 8 para una discusión más detallada sobre los peligros de inundación y, también, el Capítulo 11 para una discusión de inundaciones y flujos de lodo asociados a erupciones volcánicas.

Es imposible definir todo el potencial de inundación en un área determinada. Sin embargo, con los mejores datos pertinentes de percepción remota y un intérprete competente, se pueden encontrar o inferir evidencias de inundaciones potenciales. La evidencia más obvia del potencial de una importante inundación, además de los antecedentes históricos, es la identificación de una llanura inundable o de áreas inundables, generalmente reconocibles en imágenes de sensamiento remoto. La más valiosa aplicación de la percepción remota en las evaluaciones de peligros de inundación es, por lo tanto, la cartografía de áreas susceptibles a inundaciones.

La cobertura sinóptica con sensores de satélites, de una área de estudios de planificación es la alternativa práctica a la fotografía aérea por consideraciones de costo y tiempo. La aplicación de imágenes Landsat MSS para demarcar llanuras inundables y llanuras de inundación ya ha sido demostrada comparando imágenes anteriores a la inundación, con otras obtenidas en el punto más alto de la misma utilizando la banda 7 del Landsat MSS (IR cercano) con un visor color aditivo (Deutsch et al., 1973). Esta comparación temporal puede ser ahora realizada pixel por pixel por una computadora. El Landsat TM, con mayor resolución espacial que los MSS (30m versus 80m) y cobertura espectral adicional (7 bandas vs. 4 bandas), puede ser utilizado para cartografía mas detallada de llanuras de inundación y de áreas inundables, a escalas de 1:50.000 o mayores. Los datos TM han sido usados para discriminar las clasificaciones de cobertura del terreno (Kerber et al., 1985), para proporcionar información útil para el pronóstico de inundaciones y para modelos de daños ocasionados por inundación de zonas urbanas y agrícolas. (Gervin et al., 1985).

Figura 4-7

IMAGENES DE SATELITE APLICADAS A EVALUACIONES DE PELIGROS NATURALES

	TERREMOTOS	ERUPCIONES VOLCANICAS	DESLIZAMIENTOS DE TIERRAS	TSUNAMIS	DESERTIFICACION	INUNDACIONES	HURACANES

Capítulo 4. Percepción remota en la evaluación de peligros naturales

INFORMACION A SER OBTENIDA	Mapas de uso de tierras mapas geológicos	Mapas de áreas vulnerables a flujos de lava, caída de ceniza, caída de derrubios e incendios	Mapas de pendientes, estabilidad de pendientes, elevación geológica, tipos de suelo, áreas de embalse de agua, mapas para uso de tierras	Mapas barimétricos/topográficos	Mapas para uso de tierras, contenido de humedad en el suelo, condición de la cosecha y de la vegetación natural	Mapas de demarcación de las llanuras de inundación, clasificación de uso de tierras, datos históricos, cobertura del suelo y humedad del suelo	Mapas para uso de tierras
BANDA ESPECTRAL	Visible e IR cercano	Visible, IR cercano e IR térmico	Visible	Visible, incluyendo el azul e IR cercanos	Visible, IR cercano y microondas	IR cercano, IR térmico y microondas	Visible a IR cercano
RESOLUCION ESPACIAL	20-80m	30-80m	10-30m	30m	80m-1km	20m (para rasgos culturales), 30-80m (para uso de tierra); 1 km (para cobertura de nieve y humedad del suelo)	20m (para rasgos culturales); 30-80m (para uso de tierra)
AREA DE COBERTURA	Area grande	Area larga	Area larga	Area costera grande	Area regional grande	Area regional grande	Area grande
CAPACIDAD EN TODO CLIMA	No	No	No	No	No	No	No
VISION SINOPTICA	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
CAPACIDAD ESTEREO	Si	Si	Si	Si	Si	No	
FRECUENCIA DE OBSERVACION PARA USO EN EL ESTUDIO DE PLANIFICACION	1 a 5 años	1 a 5 años	1 a 5 años	Mensualmente	Estacional (excepto semanal para cobertura de nieve y humedad del suelo)	Anual	

Fuente: Adaptado de Richards, P.B. The Utility of Landsat-D and other Satellite Imaging Systems in Disaster Management (Washington, DC: Naval Research Laboratory, 1986).

Sin embargo, este enfoque para delinear llanuras de inundación tiene limitaciones. El área de inundación potencial así demarcada puede representar un grado no aceptable de inundación considerando el monto de las pérdidas. Por otro lado, pudieron no haber ocurrido inundaciones durante el período operativo del

sensor. En este caso, se utilizan indicadores indirectos de susceptibilidad a inundaciones. Una discusión más detallada de la susceptibilidad a inundaciones y del uso de imágenes Landsat se encuentra en el Capítulo 8. La Figura 4-8 presenta un listado de datos Landsat y otros, presumiblemente similares, como indicadores de llanuras de inundación.

Existen grandes zonas de ecosistemas tropicales húmedos para las cuales no se dispone de imágenes Landsat u otras similares, debido a la excesiva nubosidad o fuerte neblina. En algunos casos la densa vegetación tropical esconde muchos rasgos geomórficos que son muy evidentes en climas más secos. En este caso, son deseables las imágenes de radar del espacio o las que anteriormente hubieran sido obtenidas mediante observaciones aéreas. Las imágenes de radar, que tienen una resolución comparable a las del Landsat TM y SPOT pueden penetrar satisfactoriamente las nubes e identificar muchos rasgos de llanuras inundables, tanto desde el espacio como desde altitudes suborbitales. La humedad del suelo afecta notablemente el eco del radar y, conjuntamente con las variaciones de textura resaltadas por el sensor, hacen del radar una herramienta potencialmente atractiva para la cartografía de inundaciones y llanuras de inundación.

2. Huracanes

A fin de mitigar el impacto de los huracanes, el planificador debe conocer la frecuencia e intensidad de las tormentas en el área de estudio, el grado en que pueden afectar a la población y las estructuras, y cuáles sub-áreas serían las más afectadas, tales como las áreas costeras bajas, de estuarios y ribereñas amenazadas por inundaciones terrestres y marinas. Ver el capítulo 12 para una discusión más detallada de huracanes y áreas costeras.

La trayectoria de anteriores huracanes en la región, puede ser obtenida de los datos de percepción remota con los sensores abordo de los satélites de la U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA), diseñados y operados con fines meteorológicos. Estos datos ya han sido graficados por organizaciones meteorológicas en los Estados Unidos y en otros países donde los huracanes también son un peligro. Para graficar nuevos datos, el mejor sensor es el AVHRR por la cobertura de una franja de terreno de 2.700 km de ancho, dos veces al día y resolución apropiada. La banda roja es utilizable para definir nubes y vegetación en horas del día, mientras que la banda IR térmica (10,5µm a 11,5µm) es útil tanto de día como de noche para la observación de nubes.

Figura 4-8

INDICADORES LANDSAT DE LLANURAS DE INUNDACION

- Fisiografía en tierras altas
- Características de la cuenca fluvial, tales como forma, drenaje y densidad
- Grado de abandono de diques naturales
- Ocurrencia de dunas de arenas estabilizadas, sobre terrazas de río
- Configuración del canal y características geomórficas fluviales
- Areas detrás de pantanos
- Humedad en el suelo (también es indicador a corto plazo de la susceptibilidad a inundaciones)
- Variación de características del suelo
- Variación de características de vegetación
- Fronteras para uso de tierras
- Medidas de atenuación de inundaciones para el desarrollo agrícola en llanuras de inundación

Fuente: Adaptado de Rango, A. y Anderson, A.T. "Flood Hazard Studies in the Mississippi River Basin Using Remote Sensing" en Water Resources Bulletin, vol 10, 1974.

El AVHRR no es útil para planificar contingencias de huracanes en otros aspectos, porque tiene una resolución espacial limitada. Las necesidades de la planificación requieren mayor resolución que la que se puede obtener con otros sensores de satélites. Deben ser utilizadas, no importante su resolución, todas

las imágenes de las áreas inundadas por ríos, tormentas de huracanes u otras, obtenidas inmediatamente después del evento. Cualquier información que se obtenga oportunamente debe ser utilizada para demarcar las áreas problemáticas, dado que su definición es más exacta que la que se puede interpretar de datos de mayor resolución obtenidos durante períodos normales.

Se pueden predecir las áreas con potencial de inundación a lo largo de la costa y en el interior utilizando mapas topográficos a escalas tan grandes como 1:12.500. Cuando estos mapas no están a disposición, puede usarse técnicas de percepción remota. En regiones con estaciones húmedas y secas marcadas, es deseable obtener imágenes Landsat o comparables, durante la estación húmeda, bien en las bandas del IR cercano, bien usando un compuesto a color IR de imágenes Landsat MSS o TM, o las del SPOT HRV. Estas imágenes pueden ser usadas para identificar las áreas saturadas de humedad susceptibles a inundaciones, así como los terrenos más elevados y secos que son áreas potenciales de evacuación. Así mismo, la consideración de planes de desarrollo a la luz de este peligro natural potencial, puede proceder de igual manera que para las áreas expuestas a peligros de inundación. Para las evaluaciones de peligros de inundación, se podrían usar imágenes de radar del espacio o de aeronaves (si estuvieran disponibles) en vez de las imágenes Landsat MSS. Dado que en general las áreas costeras bajas y las zonas de estuarios no tienen mucho relieve, la estereoscopia normalmente no tendría un rol importante en esta situación. Sin embargo, la visión estereoscópica, aún sin un realce significativo de relieve, puede reforzar detalles de la escena, aunque a un costo considerablemente mayor.

El planificador del desarrollo también debe considerar una característica adicional de los huracanes: los fuertes vientos. Al identificar medidas para mitigar los efectos del viento, el planificador puede considerar tipo de cultivos, si existen planes para desarrollo agrícola, y/o el diseño y los materiales de construcción a ser empleados en los edificios.

3. Terremotos

La planificación del desarrollo en áreas propensas a movimientos sísmicos esta llena de problemas. Existen muchísimos asentamientos humanos en áreas de alta sismicidad. Como en el caso de otros peligros geológicos, la frecuencia de ocurrencia puede tener ciclos de décadas o siglos. Los terremotos son especialmente difíciles de predecir. Por lo tanto, el énfasis de la mitigación se pone en la planificación sobre uso de tierras (uso no intensivo en áreas peligrosas), en la resistencia e integridad de edificaciones, en los planes de respuesta a la emergencia, y en la incorporación de medidas de mitigación dentro de los esfuerzos de reconstrucción. El principal problema es la identificación de zonas propensas a daños por terremotos (ver capítulo 11 para una discusión detallada de los terremotos y su evaluación). Si bien en la mayoría de las zonas de alta sismicidad se dispone de alguna información sísmica, puede no ser suficiente para fines de planificación. Las técnicas de percepción remota y la interpretación de datos resultantes podrían proporcionar información adicional.

La actividad tectónica es la principal causa de los terremotos destructivos, seguida por los terremotos asociados a la actividad volcánica. En áreas que presenten un historial de terremotos debidos a la actividad sísmica, las fallas asociadas con dicha actividad pueden ser frecuentemente identificadas sobre imágenes de satélite. Por lo general, la fuente no es tan obvia en lugares donde ocurren terremotos vinculados con la actividad volcánica: puede deberse al movimiento de una falla cerca de la superficie o a profundidad dentro de la tierra, al colapso de una caldera o al movimiento de magma dentro del conducto volcánico.

Para identificar los peligros de terremotos es necesario tener el conocimiento que permite reconocerlos y luego escoger los sistemas de percepción remota que ayuden a demarcarlos de la mejor manera. Las imágenes del Landsat han sido usadas extensa y efectivamente para este propósito, dado que sus datos son menos costosos y más fácilmente accesibles que otros de percepción remota. Los mosaicos del radar aéreo han sido usados con éxito para la demarcación de zonas de fallamiento. En general, se pueden producir dos mosaicos por cada área: uno, con la porción de rango lejano del SLAR y el otro con la porción de rango cercano. El primero es de mayor utilidad para áreas de bajo relieve en las que se necesita resaltar rasgos en tanto que, el segundo, para áreas de alto relieve donde no se requiere el efecto de las sombras o donde este efecto puede ser más bien negativo para la imagen.

El radar es aplicable para demarcar la ubicación de depósitos no consolidados en zonas de fallas donde ocurre la mayor destrucción, y así identificar áreas donde un terremoto puede iniciar deslizamientos de tierra. Esto se logra mejor en modelos estereoscópicos, usando líneas de vuelo de radar contiguas y

superpuestas. La fotografía aérea convencional, en blanco y negro o a color, también serviría para este propósito.

Una alternativa, adecuada pero de menor bondad que el uso del radar o de la fotografía aérea, es el uso de imágenes multispectrales obtenidas con los sensores Landsat TM y/o SPOT HRV. Los compuestos a color IR o las imágenes sólo en IR cercano de estos sensores, a escalas de hasta 1:100.000, pueden ser utilizados para definir superficies de zonas de fallas activas, pero sus imágenes no son tan eficientes como las del radar. Se puede determinar la diferencia entre roca firme y material no consolidado y las áreas potenciales de deslizamientos de tierra pero, nuevamente, sólo si se dispone de cobertura estereoscópica. Los sensores SPOT pueden proporcionar esa capacidad.

Si bien las imágenes de radar son una fuente ideal de datos, la cobertura es extremadamente limitada y la contratación de radares aéreos es, por lo general, excesivamente cara. Los Landsat TM y MSS son la fuente de datos más práctica, simplemente debido a su disponibilidad, y ambos tienen resolución suficiente para los estudios de planificación regional.

4. Erupciones volcánicas y peligros asociados

Muchos peligros están asociados con las condiciones derivadas de la actividad volcánica. Los volcanes activos presentan peligros como la liberación inmediata de cenizas expulsadas, lava, flujos piroclásticos o gases calientes venenosos; terremotos volcánicos; y, el peligro de flujos de lodo e inundaciones que provienen del rápido deshielo producido alrededor de la chimenea del volcán durante la erupción. Algunos peligros secundarios pueden amenazar tanto durante la actividad volcánica como en época de inactividad. Estos incluyen deslizamientos de tierra debido a acumulaciones inestables de tefra, que pueden precipitarse por causa de lluvias prolongadas o por movimientos sísmicos. En el Capítulo 11 se ofrece una discusión más detallada de los peligros volcánicos y su evaluación.

Cada volcán tiene su propio comportamiento peculiar en el marco de sus características magmáticas y tectónicas. La predicción del comportamiento de un volcán es sumamente difícil, y la mejor evidencia respecto a la frecuencia y severidad de su actividad es el archivo histórico de sus erupciones. Actualmente, las erupciones inminentes son mejor detectadas mediante el monitoreo sísmico in situ. Algunas clasificaciones distinguen entre volcanes activos, inactivos, dormidos o extintos. Pero, considerando que algunas de las erupciones más catastróficas se deben a volcanes "extintos", muchos volcanólogos han abandonado tal clasificación, y aceptan la diferencia simple que existe entre actividad periódica a corto y a largo plazo.

Gawarecki et al., (1965, p.22) fueron los primeros en detectar el calor volcánico mediante la percepción remota de satélite, utilizando imágenes de IR térmico de un radiómetro IR de alta resolución (HRIR). La interpretación de los datos de percepción remota puede conducir al reconocimiento de eventos catastróficos pasados asociados con volcanes activos recientemente, en términos geológicos, como es el caso de los Andes y las Antillas Menores. Esa información, aunada a datos históricos disponibles, puede ser utilizada como base para evaluar los riesgos de un área con peligro potencial relacionado a los volcanes.

La variada naturaleza y tamaño de los peligros volcánicos requiere del uso de diferentes tipos de sensores, tanto de satélites como de aeronaves. Debe alentarse el uso de la fotografía para el análisis del área relativamente pequeña, circundante a los volcanes. La cobertura aérea estereoscópica, en blanco y negro pancromático, a escalas entre 1:25.000 y 1:60.000, es generalmente adecuada para reconocer y cartografiar evidencias geomórficas de actividad reciente y sus peligros asociados. La fotografía a color, y también a color IR, puede ser útil para determinar los posibles efectos de la actividad volcánica en la vegetación circundante, pero la menor velocidad de la película, menor resolución y su alto costo reducen en gran parte cualquier ventaja.

El barredor térmico aéreo IR es, probablemente, la herramienta más valiosa para examinar el estado geotérmico de un volcán. Es posible detectar tanto el calor interior y subyacente como su desplazamiento. Debido a que la resolución disminuye rápidamente conforme aumenta la altitud (unos 2m por cada 1.000m), las observaciones deben hacerse a altitudes bajas, por debajo de los 2.000 metros.

Un patrón en IR del calor geotérmico en la vecindad de un volcán, es una indicación de la actividad térmica que caracteriza a muchos volcanes inactivos. Una gran cantidad de volcanes considerados extintos tendrían que ser reclasificados si las observaciones aéreas con IR descubrieran emisiones anormalmente

altas, en IR, sea de los cráteres en la cima o de los costados. Los cambios en los patrones térmicos para un volcán, sólo pueden ser obtenidos en base a observaciones aéreas de IR, realizadas en forma periódica y bajo condiciones similares durante la toma de datos. Los cambios de temperatura y emisión de gases, sin embargo, pueden ser monitoreados desde lugares adecuados en tierra, elegidos en base a las imágenes térmicas, lo cual hace innecesarios los sobrevuelos periódicos. El monitoreo electrónico continuo de estas estaciones es posible por medio de la retransmisión de datos usando un satélite geoestacionario, otra fase de la percepción remota.

Las bandas térmicas IR actualmente disponibles en los sensores de satélite, no tienen resolución espacial y térmica adecuada como para que se les asigne valor significativo en la detección de los cambios dinámicos de la actividad geotérmica volcánica. Sin embargo, además de la percepción remota del calor geotérmico, otras técnicas son útiles en la preparación de mapas de zonificación de peligros volcánicos y en la mitigación de los mismos. Las técnicas de mitigación que requieren foto-interpretación y mapas topográficos, incluyen la predicción del recorrido de flujos potenciales de lodo o lava y la restricción del desarrollo en esas áreas.

5. Deslizamientos de tierra

Los deslizamientos de tierra, o movimientos masivos de rocas y material no consolidado, tal como suelos, lodo y derrubio volcánico, son mucho más comunes de lo que generalmente es percibido por la población. Muchas personas son concientes de los deslizamientos catastróficos, pero pocas saben que los pequeños deslizamientos son un problema constante para aquellos involucrados en actividades de diseño y construcción. Estos profesionales, frecuentemente, pueden agravar el problema de los deslizamientos de tierra por deficiente planificación, diseño o prácticas de construcción. A menudo, el ingeniero y el constructor también se ven forzados a situaciones difíciles de construcción o desarrollo como resultado de haber ignorado el peligro potencial de los deslizamientos de tierra. Esto se puede evitar si se reconoce el peligro desde un comienzo y se da la consulta efectiva entre planificadores y el equipo de construcción antes de la planificación detallada del desarrollo. Ver el Capítulo 10 para una discusión más detallada de los peligros de deslizamientos de tierra.

El movimiento masivo de roca firme y materiales no consolidados tiene como resultado diferentes tipos, magnitudes y velocidades de desplazamientos. El área con peligro potencial de deslizamientos normalmente presenta evidencias de ocurrencias previas, o existen datos históricos. Desafortunadamente, algunos tipos de deslizamiento, especialmente los más pequeños, no pueden ser definidos con imágenes de sensores remotos o con fotografías aéreas. Suele ocurrir que las huellas dejadas por los grandes deslizamientos son evidentes, y aunque los rasgos de los deslizamientos más pequeños puedan no ser individualmente distinguibles, la apariencia áspera general de una pendiente específica puede sugerir que ocurrieron movimientos masivos. Si se dispone de un buen mapa geológico a una escala razonable (1:50.000 o mayor), se podrían examinar los tipos de rocas y/o formaciones susceptibles a deslizamientos para encontrar evidencia de movimientos. Un ejemplo de esto sería encontrar pizarras en una zona de pendientes más pronunciadas que lo normal, lo cual implicaría una fuerte posibilidad de antecedentes de deslizamientos de tierra. El examen de vestigios de ríos frecuentemente muestra desplazamiento en sus cursos debido a deslizamientos. Si uno pudiera separar aquellos segmentos del río tectónicamente controlados, en muchos casos se tornarían evidentes los desplazamientos debidos a deslizamientos o derrumbes.

Los típicos rasgos que conllevan la ocurrencia de deslizamientos incluyen bloques caóticos de roca firme cuya única fuente parece estar pendiente arriba; los farallones o huellas cuyos extremos apuntan hacia abajo en pendientes que parecen normales; protuberancias anormales con vegetación perturbada en la base de la pendiente; grandes depósitos de rocas sedimentarias competentes, u otro tipo de roca estratificada, desplazadas hacia abajo sin evidencia alguna de asociación tectónica; y lenguas de flujos de lodo que se extienden a partir de la base de una huella obviamente erosionada, compuesta de material relativamente no consolidado. Un buen conocimiento de la geología estructural del área de estudio permite poner en perspectiva estas anomalías superficiales. Tal como se señala en el Capítulo 10, la susceptibilidad a deslizamientos de tierra es propia del área. Los deslizamientos pueden ocurrir en pendientes suaves así como fuertes, según las características del terreno.

La mayoría de los debates sobre deslizamientos no consideran el problema de dolinas u hoyadas (sinkholes), que son una forma de deslizamiento de colapso circular. Las áreas carsticas en las que esto ocurre son fáciles de identificar, aún en algunas imágenes de satélite (MSS, TM, SPOT, etc.), debido a su apariencia picada y a la evidencia de drenaje principalmente interno. A pesar de la obvia existencia de muchas dolinas, varias de éstas, de tamaño pequeño,

son individualmente muy sutiles y no fácilmente reconocibles. Frecuentemente, estos son lugares de colapso y de posteriores daños a cualquier estructura que sobreyace cuando las aguas subterráneas son utilizadas para satisfacer necesidades de desarrollo, lo cual conduce a la profundización de la napa freática y propicia la inestabilidad del terreno.

La resolución espacial requerida para el reconocimiento de los principales rasgos de deslizamientos de tierra es de unos 10 metros (Richards, 1982). Sin embargo, tal reconocimiento depende en gran medida de la habilidad y experiencia del intérprete y es facilitada si se dispone de cobertura estereoscópica, cuya adquisición puede resultar costosa. El requerimiento de cobertura estereoscópica y de determinada resolución excluye el uso de la mayoría de las imágenes de sensores en satélites si bien los grandes deslizamientos en bloque pueden ser detectados en imágenes de Landsat MSS y TM.

Dado el requerimiento de resolución espacial, las imágenes del SPOT HRV-P (modo pancromático), pueden ser útiles dada su resolución de 10 mts. Sin embargo, su amplia cobertura en banda ancha no conduce al contraste adecuado en escenas que incluyan a los trópicos con densa vegetación, que son lugares donde ocurren la mayor parte de los peligros potenciales. Este hecho está compensado ligeramente si se dispone de cobertura estereoscópica. Es importante comprender que esta capacidad se logra con una programación específica del satélite SPOT y que la cobertura estereoscópica no es normalmente obtenida durante la operación del sensor.

La detección de rasgos de deslizamientos se logra más fácilmente utilizando sensores en aeronaves. La fotografía aérea con su cobertura estereoscópica normal es el mejor sistema de sensores para definir grandes y pequeños deslizamientos. Pueden utilizarse escalas aerofotográficas tan pequeñas como 1:60.000. Las películas pancromáticas en blanco y negro o IR son adecuadas en la mayoría de los casos, pero las de color IR podrían ser mejor en ciertas situaciones. Las emulsiones IR - sensibles, como ya se ha mencionado, eliminan gran parte de la neblina que se encuentra en los trópicos húmedos. En los modelos estereoscópicos IR aéreos, las aguas al descubierto u otra humedad detrás de derrumbes recientes, son resaltadas como una anomalía, en blanco y negro o a color. La fotografía a color IR podría, en raras ocasiones, demostrar la presión sobre la vegetación a causa de recientes movimientos. Si las escalas son lo suficientemente grandes, también se podría detectar la deformación de los árboles por la progresiva inclinación de la pendiente del suelo.

Un detector más sensible de la humedad, asociada con deslizamientos es el barredor electrónico de IR térmico. Este sensor es especialmente útil para localizar áreas de infiltración que lubrican los deslizamientos. Esto es particularmente efectivo durante la noche, cuando existe la máxima diferencia de temperatura entre el terreno y el agua subterránea que emerge a la superficie. A pesar de su utilidad, muchos factores descartan el uso generalizado del barredor térmico IR. Estos factores incluyen la baja altitud requerida para obtener una resolución espacial razonable, el gran número de líneas de vuelo requerido para la extensa área involucrada, y las distorsiones geométricas inherentes al sistema. Si el terreno por interpretar presenta cierto relieve y carece de características especiales, estas distorsiones se convierten en un problema aún más serio para la interpretación de los datos, al hacer muy difícil la localización de los rasgos.

El SLAR, especialmente el radar de banda-X de apertura sintética, con su resolución nominal de 10m, puede ser marginalmente útil en modo estereoscópico debido a su habilidad para definir algunas texturas mayores relacionadas con los deslizamientos. En algunos ambientes propensos a nubosidad, los radares pueden ser el único sensor que proporcione información interpretable.

6. Desertificación

La desertificación ocurre cuando un ecosistema experimenta disminución o pérdida de productividad. Este proceso puede tener un componente natural y otro antrópico, que se pueden reforzar uno al otro, creando un efecto sinérgico (ver Capítulo 9). El grado de riesgo de desertificación está directamente relacionado a ciertas condiciones naturales tales como clima, topografía, vegetación natural, suelos, e hidrología, así como a la intensidad y tipo de actividad antrópica en el área. La desertificación está entre los problemas más serios de la región. Esta tendencia exige tomar en creciente consideración los procesos de desertificación en los estudios de planificación para el desarrollo integrado. La percepción remota, espacial y aéreo, proporciona herramientas valiosas para evaluar áreas propensas a la desertificación. Las transparencias en película, fotografías, y datos digitales pueden ser usadas para el propósito de ubicar, evaluar y monitorear el deterioro de las condiciones naturales en una área determinada. La información sobre estas condiciones puede ser obtenida a partir de

mediciones directas o inferida de indicadores (claves para el reconocimiento de un proceso de desertificación).

Para describir, evaluar y decidir sobre el tipo de acción a tomarse, los siguientes puntos deben ser considerados:

- Ubicación: incluye la identificación de áreas que están actualmente bajo proceso de desertificación y áreas que se supone están expuestas a las fuerzas que conducen al deterioro.
- Evaluación: Involucra la identificación y cuantificación de tipos de cobertura de vegetación, suelos, formas de terreno y patrones de cambio en el uso de tierras. La vulnerabilidad al cambio, velocidad de cambio, y dirección del cambio en patrones de desertificación, pueden ser estudiados en base a ésta evaluación.
- Monitoreo: Se logra con la detección y medición de cambios en las características del entorno durante un período de tiempo. Se hacen comparaciones entre condiciones presentes y condiciones previamente observadas, con el propósito de conocer la reducción en la productividad biológica.

El capítulo 9 presenta una técnica de evaluación inicial usando información comúnmente disponible en las etapas tempranas de la planificación para el desarrollo integrado. Un método más detallado, debe tomar en consideración cuatro conjuntos de datos para el estudio de desertificación de una área dada: datos que se obtienen al final de la estación húmeda, datos que se obtienen al final de la estación seca, y los datos para ambas estaciones que se hubieran obtenido cinco o diez años antes (López Ocaña, 1989). La selección de datos para un área dada estará directamente relacionada con el nivel de detalle deseado, el tamaño del área, el grado de precisión y exactitud requerido y tiempo disponible.

La fotografía aérea a gran escala, provee una buena cantidad de detalles para este tipo de estudio. Los vuelos de reconocimiento sistemáticos pueden ser usados para el monitoreo ambiental y la evaluación de recursos. Los sensores de radar y barredores infrarrojos pueden ser usados para monitorear la humedad del suelo y otros indicadores de la desertificación. Sin embargo, adquirir este tipo de datos es costosa y consume mucho tiempo.

El uso de imágenes de satélite es recomendado para las primeras etapas de un estudio detallado de desertificación, ya que ofrece una visión general de toda la región. El refuerzo con computadora, compuestos a falso color y las clasificaciones, pueden proporcionar información útil. Se pueden lograr refuerzos ópticos, pero éstos carecen de un control cuantitativo que sí se logra con modelos automatizados. Los datos estadísticos obtenidos de un análisis cuantitativo mediante el uso del sistema de información geográfica SIG, (ver Capítulo 5) pueden ser expresados como un histograma, un gráfico, una tabulación, o una nueva imagen.

Las imágenes AVHRR están comercialmente disponibles y han sido usadas para estudios de cambios de vegetación. Una resolución en superficie de 1 a 4 km representa limitación para hacer estudios de áreas continentales grandes. Otros estudios han hecho uso de los datos del Nimbus para demarcar patrones de humedad y linderos de la vegetación. Los datos del satélite GOES (Satélite Ambiental Operacional Geoestacionario) han sido usados eficientemente para localizar y medir plumas de polvo; también las imágenes del Seasat SAR han sido aplicadas en la demarcación de la morfología de grandes dunas.

Los datos de Landsat MSS y TM, y de SPOT han demostrado ser útiles y costo-efectivos para evaluaciones regionales. Las transparencias de Landsat, bandas 5 y 7, han sido utilizadas para monitorear cambios superficiales en áreas que están en proceso de desertificación, y para graficar los actuales cuerpos de agua y antiguos sistemas de drenaje. Las variaciones temporales tonales del Landsat MSS han sido correlacionadas con variaciones en el campo. El desplazamiento de líneas de dunas de arena se detectó usando el Landsat con un método multitemporal. Los cambios de albedo en terrenos áridos han sido calculados usando datos digitales Landsat: los fenómenos que tienden a disminuir la productividad (mayor erosión, pérdida de la densidad de vegetación, deposición de sedimentación eólica) también tienden a parecer más brillantes sobre la imagen. Por el contrario, los fenómenos que propician el aumento de productividad (mayor vegetación, humedad de suelo), tienden a oscurecer el color de la tierra. De esta manera las variaciones en brillo pueden ser detectadas en un área durante un período de tiempo. Estos datos también pueden ser calibrados con datos de superficie obtenidos de las áreas donde ha ocurrido el cambio.

La percepción remota aérea y espacial proporcionan elementos valiosos para estudios de desertificación aunque, como para cualquier otro estudio

relacionado con peligros naturales, deben ser combinados con datos recogidos en superficie. El uso de métodos de percepción remota debe minimizar la necesidad de datos en superficie, ahorrando tiempo y resultando, así, relativamente poco costoso por unidad de dato. La combinación de datos de percepción remota obtenidos en superficie puede, por lo tanto, ser la base para la evaluación.

Referencias

American Society of Photogrammetry (ASP). Manual of Remote Sensing, 2nd ed. (Falls Church, Virginia: ASP, 1983).

Bertaud, M.A. The Use of Satellite Images for Urban Planning. A Case Study from Karachi, Pakistan. The World Bank Technical Note (Washington, D.C.: The World Bank, 1989).

Budge, T. A Directory of Major Sensors and Their Parameters (Albuquerque, New Mexico: Technology Application Center, University of New Mexico, 1988).

Carter, D., et al. "Space Applications for Disaster Mitigation and Management" in Acta Astronautica, Vol. 19, No. 3 (Great Britain: Pergamon Press, 1989), pp. 229-249.

Deutsch, M., et al. "Mapping of the 1973 Mississippi River Floods from the Earth Resources Satellite (ERTS)" in Proceedings No. 17 - Remote Sensing and Water Resources Management (Bethesda, Maryland: American Water Resources Association, 1973). pp. 39-54.

Deutsch, M., et al. "Quick Response Monitoring of Flood Disasters from Satellite Imagery" in Proceedings of the Twentieth International Symposium on Remote Sensing of the Environment (Ann Arbor, Michigan, 1986).

Gawarecki, S.J., et al. "Infrared Spectral Returns and Imagery of the Earth from Space and Their Applications to Geologic Problems" in Scientific Experiments for Manned Orbital Flight. Science and Technology Series, American Astronautical Society. Vol. 4 (1965), pp. 13-33.

Gawarecki, S.J., Moxham, R.M., Morgan, J.Q., and Parker, D.C. "An Infrared Survey of Irazu Volcano and Vicinity, Costa Rica" in Proceedings of the 14th International Symposium on Remote Sensing of the Environment (San Jose, Costa Rica, April 1980), pp. 1901-1912.

Gervin, J.C., et al. "The Effect of Thematic Mapper Spectral Properties on Land Cover Mapping for Hydrologic Modeling" in Proceedings of the U.S. Army Corps of Engineers Fifth Remote Sensing Symposium (Ft. Belvoir, Virginia: Water Resources Support Center, 1985), pp. 249-260.

Hassan, H., and Luscombe, W. "Disaster Information and Technology Transfer in Developing Countries" in Proceedings of the Colloquium on the Environment and Natural Disaster Management (Washington, D.C.: The World Bank, 1990).

Kerber, A.G., et al. "Floodplain Land Cover Mapping Using Thematic Mapper Data" in Proceedings of the U.S. Army Corps of Engineers Fifth Remote Sensing Symposium (Ft. Belvoir, Virginia: Water Resources Support Center, 1985), pp. 262-271.

Kruus, J.M., et al. "Flood Applications of Satellite Imagery" in Deutsch, M., Wiesnet, D.R., and Rango, A.R. (eds.), Satellite Hydrology (Bethesda, Maryland: American Water Resources Association, 1981), pp. 292-301.

Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W. Remote Sensing and Image Interpretation (Somerset, New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 1987).

López Ocaña, C. Desertification Risks Assessment in Development Planning. Unpublished manuscript (Washington, D.C.: World Resources Institute, 1989).

Morgan, G. Satellite Remote Sensing Technology for Natural Hazards Preparedness and Emergency Response Planning. World Bank, Environment Operation and Strategy Division (Washington, D.C.: World Bank, May 1989).

Nossin, J. "Aerospace Survey of Natural Hazards: the New Possibilities" in The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) Journal, 1989-3/4 (Enschede, The Netherlands: ITC, 1989).

Rango, A., and Anderson. A.T. "Flood Hazard Studies in the Mississippi River Basin Using Remote Sensing" in Water Resources Bulletin, Vol. 10, No. 5 (1974), pp. 1060-1081.

Organization of American States. Physical Resource Investigations for Economic Development (Washington, D.C.: Organization of American States, 1969).

Richards, P. B. The Utility of Landsat-D and Other Satellite Imaging Systems in Disaster Management, Final Report. NASA Goddard Space Flight Center Disaster Management Workshop, NASA DPR S-70677 (Washington, D.C.: Naval Research Laboratory, March 29-30, 1982).

Sabins, F. F., Jr. Remote Sensing: Principles and Interpretation (New York: W.H. Freeman, 1986).

Schaber, G.G., et al. "Shuttle Imaging Radar: Physical Controls on Signal Penetration and Subsurface Scattering in the Eastern Sahara" in IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing, Vol. GE-24 (1986), pp. 603-623.

Schroeder. M. "Spacelab Metric Camera Experiments" in Satellite Remote Sensing for Resources Development. (Gaithersburg, Maryland: Graham and Trotman Ltd., 1986), pp. 81-92.

Schuster, R.L., and Krizek, R.J. (eds.). Landslides: Analysis and Control. Transportation Research Board Special Report 176 (Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1978).

Sollers, S.C., Rango, A., and Henninger, D.L. "Selecting Reconnaissance Strategies for Floodplain Surveys" in Water Resources Bulletin, Vol. 14, No. 2 (1978), pp. 359-373.

Water, L. "Uses of Satellite Technology in Disaster Management" in Communication When It's Needed the Most: How New Technology Could Help in Sudden Disasters. Report of the International Disaster Communications Project (Washington, D.C.: The Annenberg Washington Program, 1990).

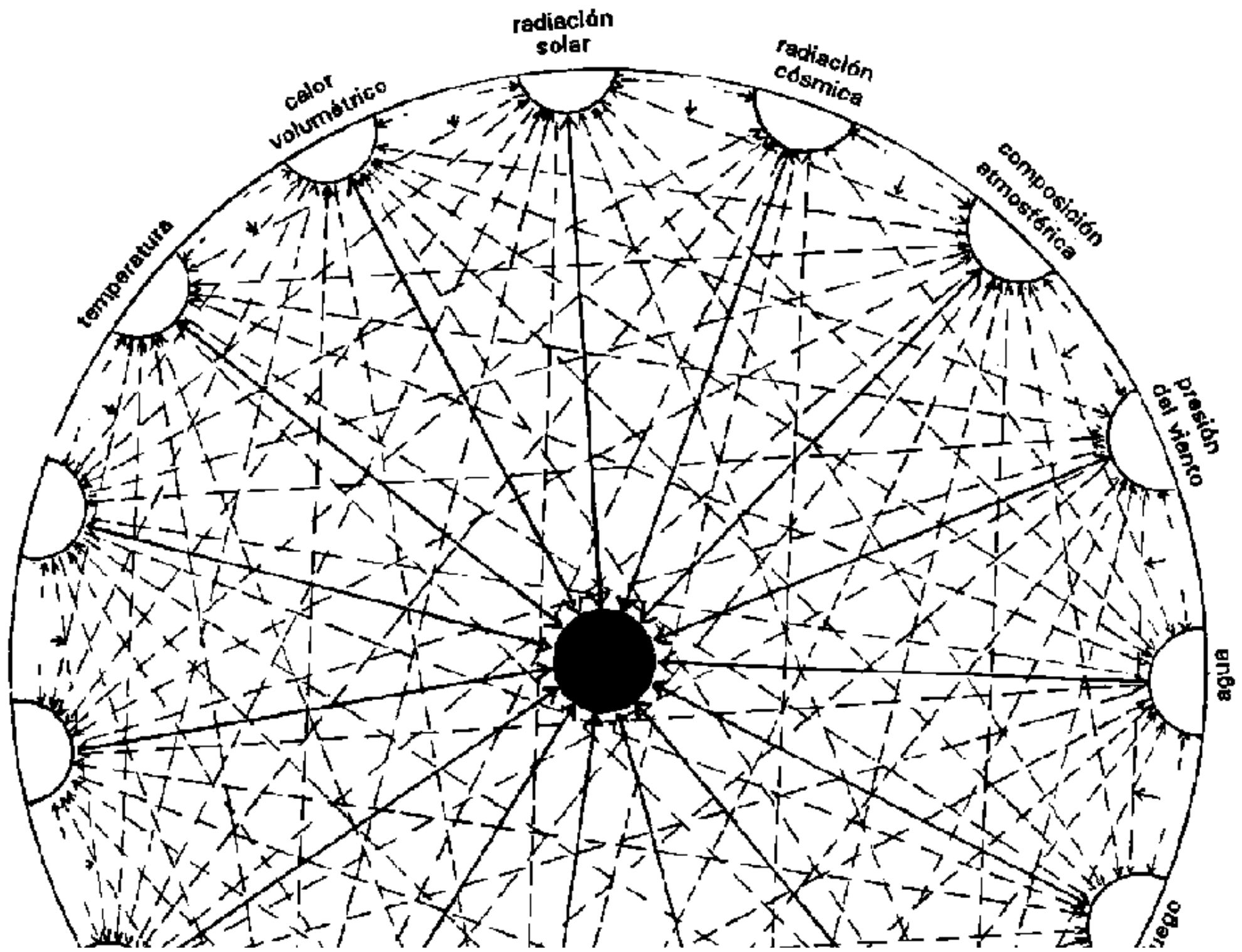
Weber, C. "Remote Sensing and Natural Hazards. Contribution of Spatial Imagery to the Evaluation and Mitigation of Geological Hazards" in Proceedings of the 27th International Geological Congress, Vol. 18 (Moscow: VNU Science Press, 1984), pp. 211-228.

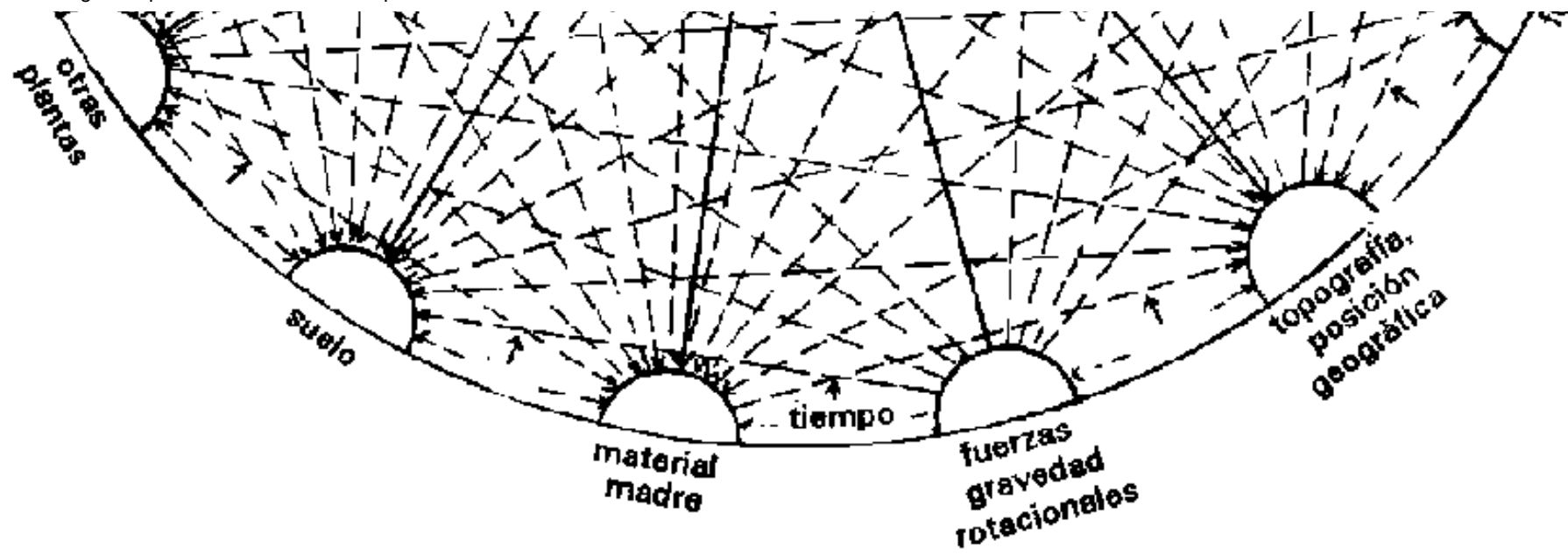
Wiesnet, D.R., and Deutsch, M. "Flood Monitoring in South America from the Landsat, NOAA and Nimbus Satellites" in XXVI COSPAR 86 (Toulouse, France, 1986).

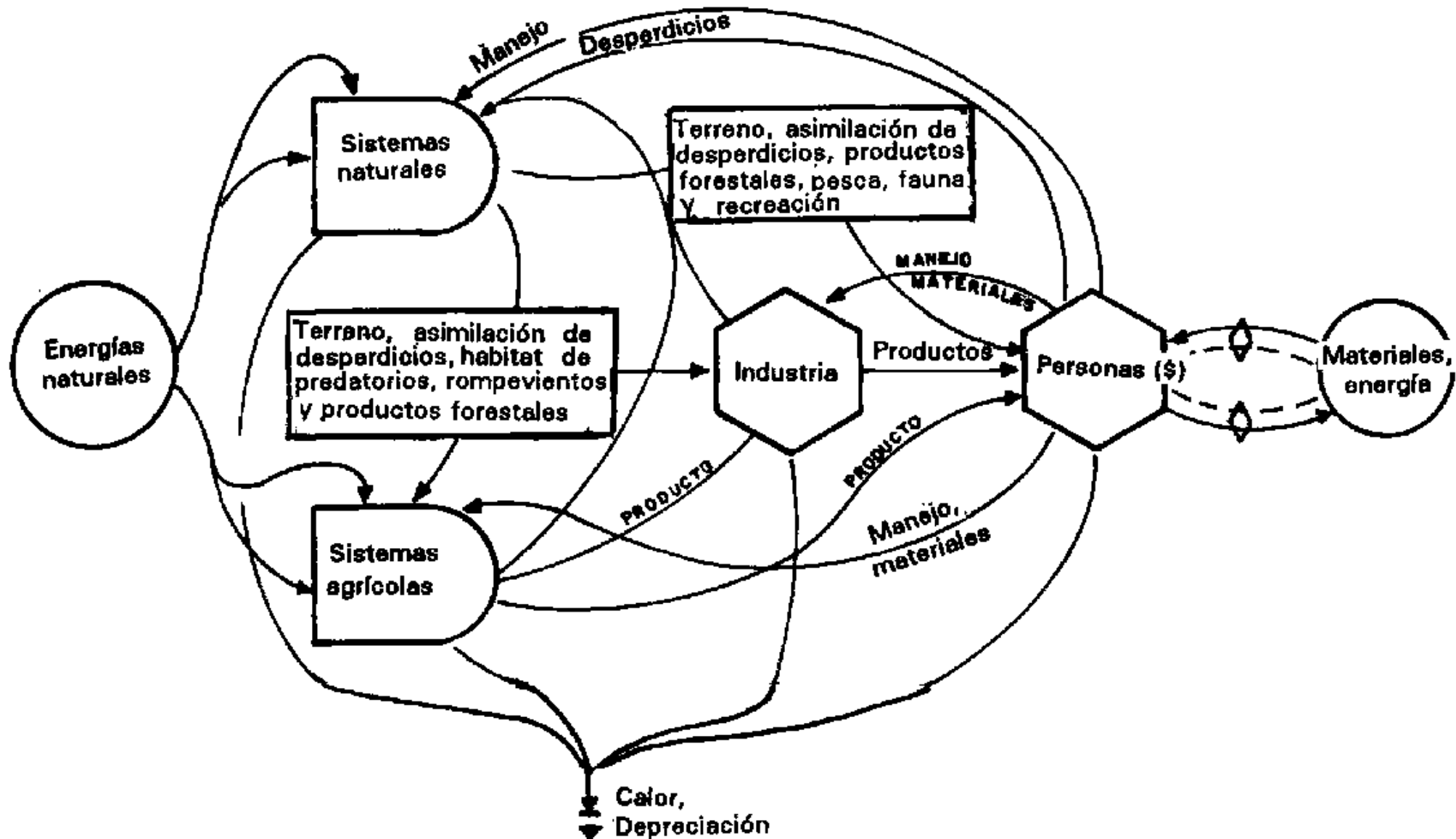
Wiesnet, D.R., Scott, R.B., and Matson, M. "The NOAA Satellites: A Largely Neglected Tool in the Land Sciences" in XXIV COSPAR 82 (Ottawa, 1982).

Zimmerman, P. "The Role of Remote Sensing in Disaster Relief" in Communication When It's Needed Most: How New Technology Could Help in Sudden Disasters. Report of the International Disaster Communications Project (Washington, D.C.: The Annenberg Washington Program, 1990).

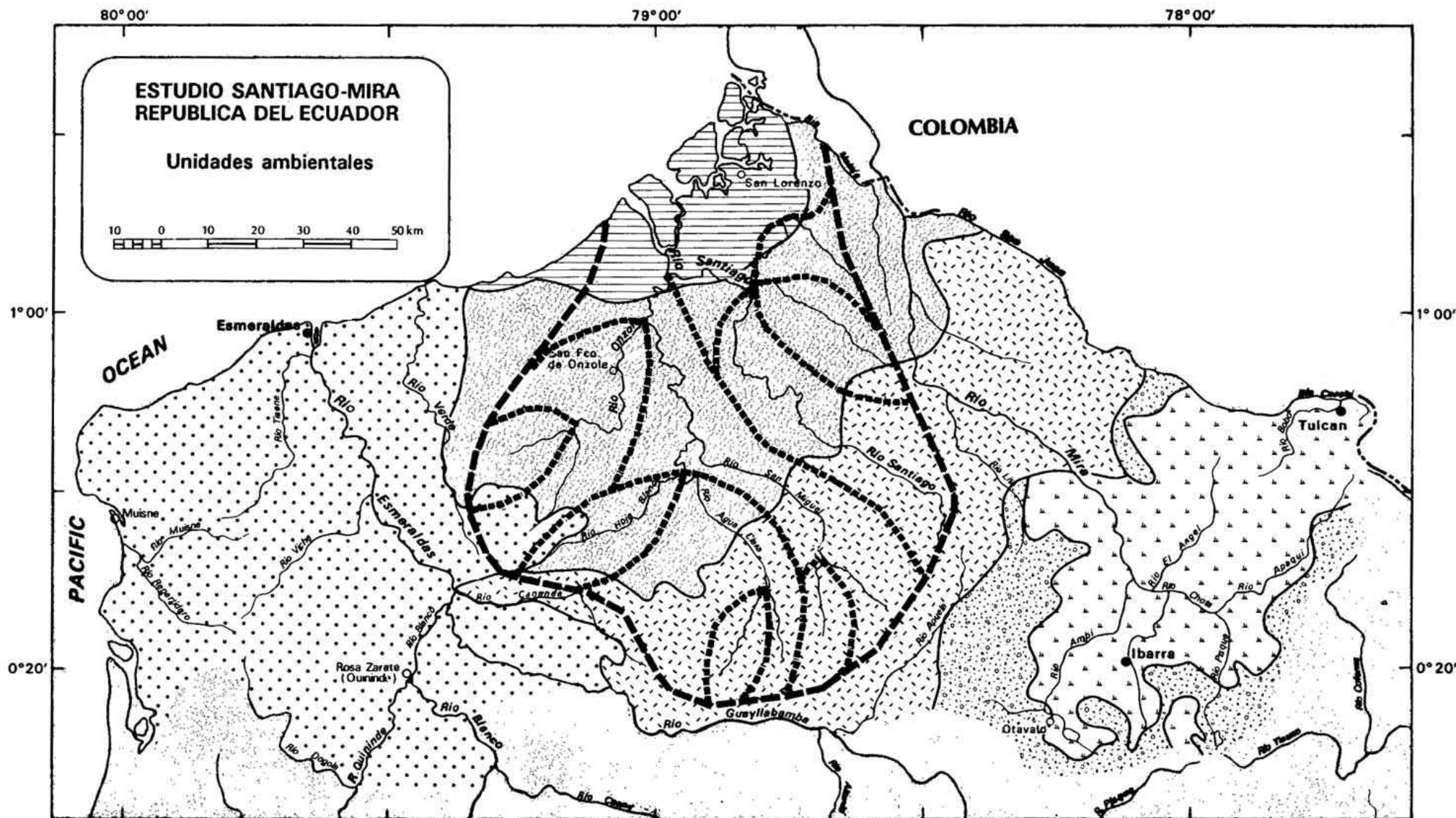














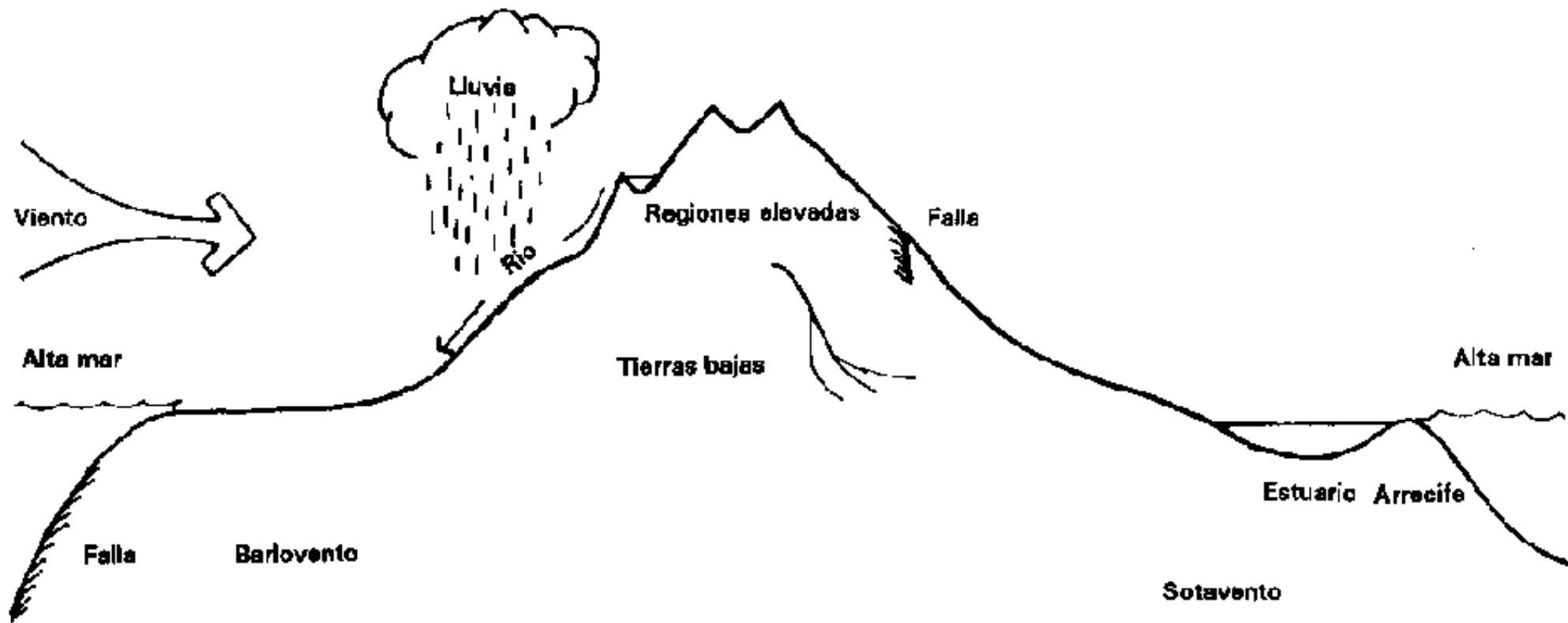


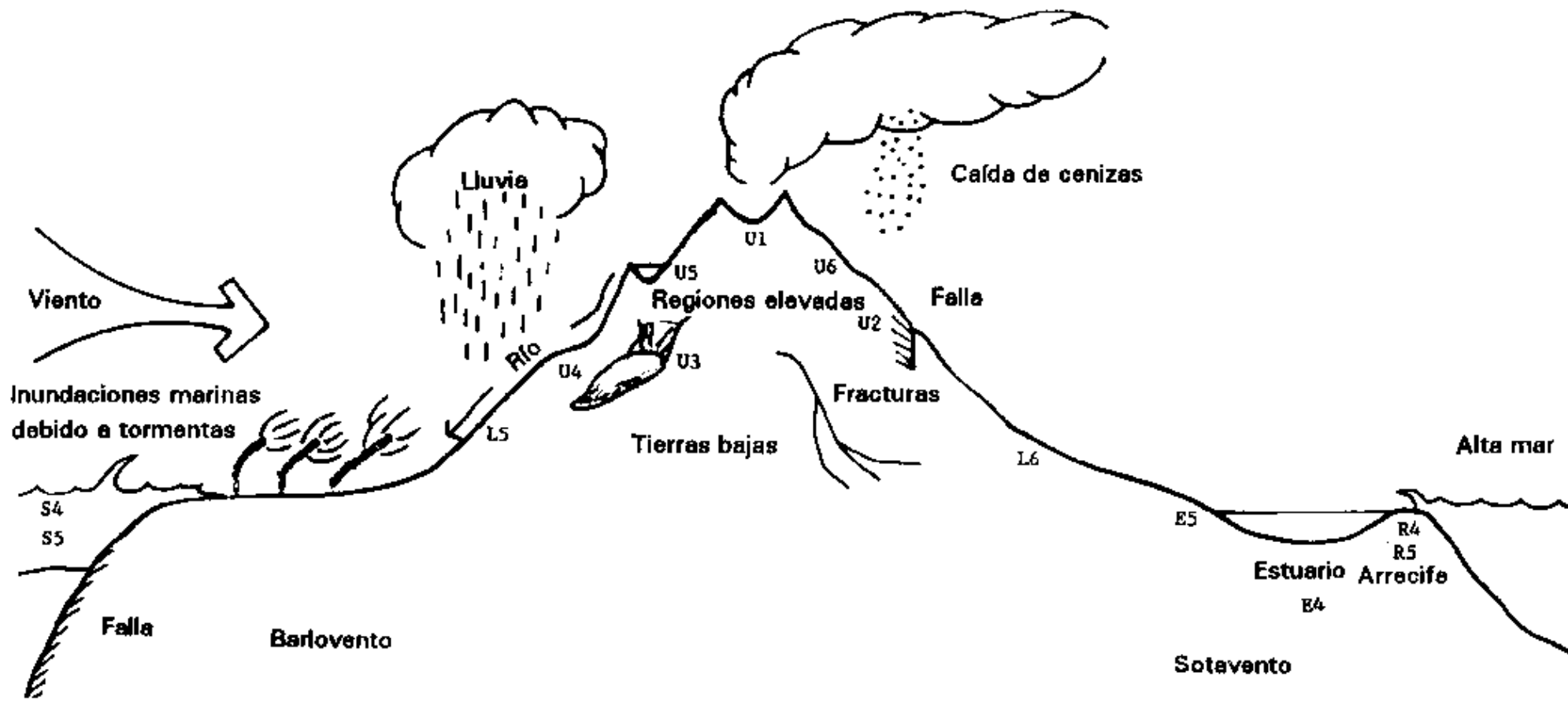
Orden del estudio de suelo					
	5to. Orden	4to. Orden	3er. Orden	2do. Orden	1er Orden
Tipo de estudio	← Reconocimiento →		Semidetallado	Detallado	Intensivo
Escala del Estudio	1:300.000- 1:1.000.000	1:125.000- 1:300.000	1:32.000 1:125.000	1:12.000 1:32.000	1:1.000- 1:12.000
Dimensión de unidad a ser graficada	35-50 km ²	500-500.000 ha	10-1000 ha	1,0-1,6 ha	0,5 ha o menor
Tipo de unidad a ser graficada	Asociaciones de fases de sub-grupos/grandes grupos, sub-órdenes, órdenes.	Asociaciones de familias de series de suelos	Asociaciones de fases de series de suelos	Sociedades de fases de series de suelos	Fases de series de suelos
Uso en la planificación para el desarrollo	← Inventario de recursos →		← Ubicación del Proyecto →	← Estudios de factibilidad →	← Estudios de gestión →
Común en las fuentes potenciales de los datos de sensoramiento remoto	Landsat 1-5 MSS y TM (imágenes)	← Landsat 1-5 MSS y TM (digital) →		← Landsat 4 y 5 TM (digital) →	
	← NOAA 6/7 →	← Fotografía aérea (altitud elevada) →		← Fotografía aérea (altitud baja) →	
Riesgos socio-económicos y de uso de la tierra	Categorías generales para el uso de la tierra	Uso regional de la tierra	Conjuntos de aldeas	Campos de pastoreo de campos abiertos	Campos de las aldeas, áreas residenciales de las aldeas



LEYENDA

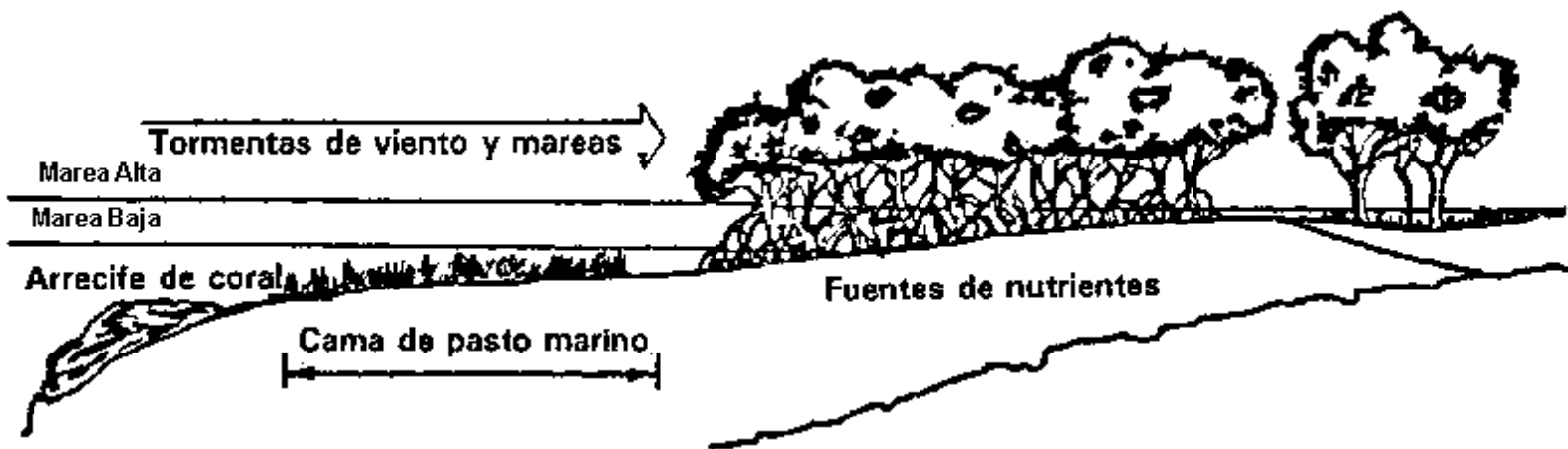
- | | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------------------------|
|  | Estuarios |  | Espolones de montaña |
|  | Tierras costeras secas de pastos |  | Valles inter-montaña |
|  | Bosque en tierras bajas |  | Páramo o planicie alpina |
|  | Límite de la cuenca fluvial |  | Límites de las cuencas fluviales |

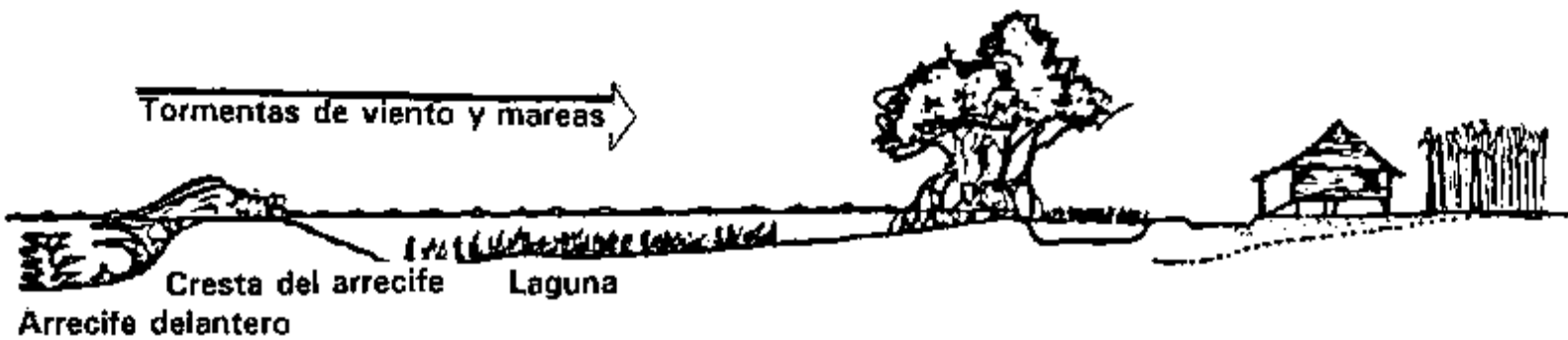




LEYENDA
ECOSISTEMA Y PELIGROS NATURALES ASOCIADOS

- | | |
|--|--|
| U1 Regiones elevadas y actividad volcánica | L6 Tierras bajas y desertificación |
| U2 Regiones elevadas y terremotos | E4 Estuarios y huracanes |
| U3 Regiones elevadas y deslizamientos | E5 Estuarios e inundaciones terrestre y marina |
| U4 Regiones elevadas y huracanes | R4 Arrecife y huracanes |
| U5 Regiones elevadas e inundación sobre tierra | R5 Arrecife e inundaciones terrestre y marina |
| U6 Regiones elevadas y desertificación | S4 Alta mar y huracanes |
| L5 Tierras bajas e inundación sobre tierra y mar | S5 Alta mar e inundaciones terrestre y marina |







Capítulo 5. Sistemas de información geográfica en el manejo de peligros naturales

[A. Conceptos básicos del SIG](#)

[B. Uso de sistemas de información geográfica en las evaluaciones de peligros naturales y planificación para el desarrollo integrado](#)

[C. Lineamientos para preparar un SIG](#)

[Conclusiones](#)

[Referencias](#)

RESUMEN

Este capítulo presenta al planificador el concepto y las aplicaciones de sistemas de información geográfica (SIG) en el manejo de peligros naturales, dentro del contexto de la planificación integrada para el desarrollo. El capítulo también trata sobre la adquisición de un SIG, los elementos relevantes para tomar la decisión y los aspectos básicos sobre cómo seleccionar, instalar y usar tal sistema.

Eventos naturales como terremotos y huracanes pueden ser peligrosos para el hombre. Los desastres que los peligros naturales pueden causar resultan, en gran parte, resultado de acciones del hombre que aumentan la vulnerabilidad o, también, omisiones humanas en materia de anticipar y mitigar el daño potencial de estos eventos. En capítulos anteriores quedó claro que este libro hace algo más que describir los peligros: trata sobre cómo incorporar esta información en la planificación del desarrollo para reducir el impacto de los peligros naturales. Los planificadores están familiarizados con la cantidad desconcertante de información dispar que tienen que analizar y evaluar en el proceso de planificación. Este proceso se complica, sin embargo, cuando se debe considerar datos enteramente nuevos sobre evaluación de diferentes peligros naturales, se estudien uno por uno o interrelacionados. También se complica por la necesidad de satisfacer lo siguiente: analizar estos peligros en relación con el desarrollo existente o planeado; seleccionar las formas de mitigación del daño que pueden causar los peligros; realizar un análisis económico de alternativas de mitigación versus ninguna mitigación; y, determinar el impacto de tales alternativas sobre la factibilidad económica y financiera del proyecto.

Al lado de estas complicaciones adicionales, existen también técnicas de manejo de información para que el planificador no sea abrumado por ella. Entre ellas están los sistemas de información geográfica SIG, una herramienta sistemática para referir geográficamente una serie de "estratos" de información, a fin de facilitar la sobreposición, cuantificación y síntesis de los datos, así como de orientar las decisiones.

Este capítulo muestra la efectividad de los sistemas de información geográfica, específicamente los sistemas basados en computadoras personales (PC), como herramienta para el manejo de los peligros naturales en el contexto de la planificación del desarrollo integrado. Este capítulo está dirigido a dos audiencias diferentes: A los planificadores les muestra la utilidad de esta herramienta, proporcionándoles ejemplos prácticos de aplicaciones extraídas directamente de las experiencias de los mismos planificadores. A quienes toman decisiones en las

agencias de planificación, les dice que si su agencia no tiene actualmente acceso a un SIG, ciertamente debería estar pensando en ello. Los asistentes técnicos encontrarán aquí lo necesario para presentar argumentos fundamentados sobre el uso del SIG ante quienes toman las decisiones.

Hay varias razones para que las agencias en los países de América Latina y el Caribe se beneficien con un SIG:

- Puede ser sorprendentemente barato: se pueden evitar equipos muy costosos y técnicos altamente especializados seleccionando adecuadamente el sistema y su aplicación. La principal restricción puede no ser falta de fondos sino falta de personal y equipo apropiado;
- Se puede multiplicar la productividad de un técnico;
- Puede dar resultados de mejor calidad que los que se obtienen manualmente, sea cual fuere el costo respectivo. Puede facilitar la toma de decisiones y mejorar la coordinación entre agencias cuando la eficiencia es lo que más interesa.

En el supuesto que algunos lectores no estén familiarizados con el SIG, el capítulo repasa primero algunos conceptos básicos que cubren las operaciones, funciones y elementos de un sistema. Luego se presenta una serie de ejemplos de aplicaciones para el manejo de peligros naturales a nivel nacional, sub-nacional y local, a fin que el lector entienda los beneficios y las limitaciones de un SIG. Se ofrece un procedimiento de tres etapas para tomar una decisión sobre la adquisición o actualización de capacidad de un SIG: (1) evaluación de las necesidades de la institución y de posibles usuarios asociados, y determinación de aplicaciones y objetivos del SIG; (2) análisis de costos y beneficios de la adquisición; (3) pautas para la selección y combinación de equipos y programas apropiados. El capítulo termina con una breve discusión de cómo poner en marcha un sistema.

El capítulo no intenta sustituir los diversos manuales técnicos sobre como seleccionar y operar un SIG. Una vez que la institución ha decidido considerar la adquisición de un sistema, necesitará información más específica, literatura suplementaria o asistencia técnica.

A. Conceptos básicos del SIG

[1. ¿Que es un SIG?](#)

[2. Operaciones y funciones del SIG](#)

[3. Elementos de un SIG](#)

1. ¿Que es un SIG?

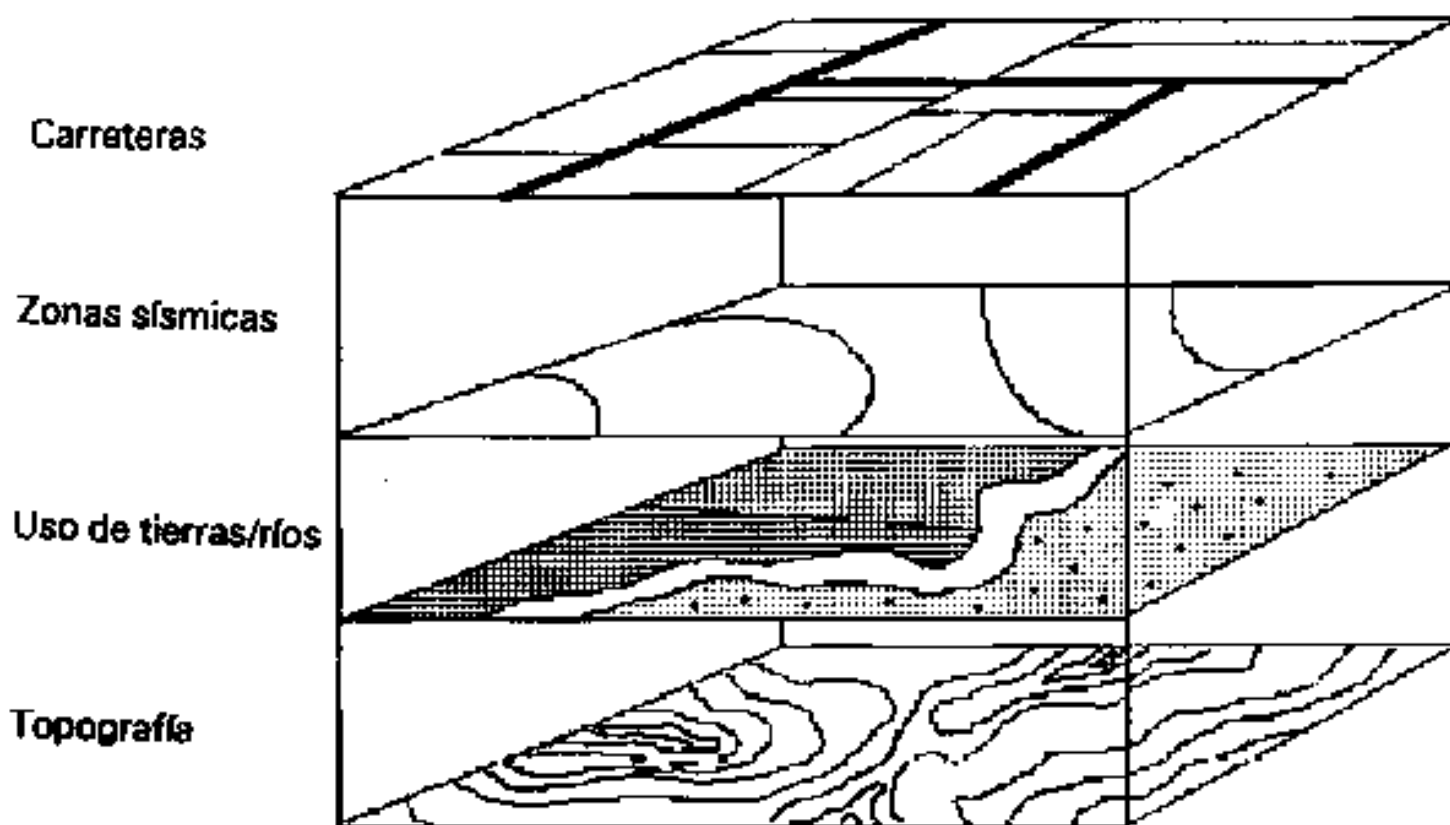
El concepto de sistema de información geográfica (SIG) no es nuevo. Primero, fue conceptualmente aplicado para identificar cambios al hacer análisis simultáneo de mapas producidos en diferentes fechas sobre el mismo tema. El concepto de SIG estuvo también ya en uso, cuando mapas con diferentes tipos de información para una misma área, fueron superpuestos como transparencias para ubicar sus interrelaciones. Lo que es nuevo, y progresa rápidamente, es la tecnología avanzada de las computadoras, que permite el examen frecuente de grandes áreas, a bajo costo y con una creciente cantidad de datos. La digitalización, manipulación de información, interpretación y reproducción de mapas, son pasos en la generación de un SIG que ahora se pueden dar rápidamente, casi en tiempo real.

Un SIG es, en esencia, igual a un panel muy grande con casillas idénticas y abiertas, en el que cada casilla representa una determinada área sobre la superficie de la tierra. A medida que se identifica elementos de información aplicables al área sobre un atributo en particular (suelos, precipitación, población), se los deposita en la correspondiente casilla. Como teóricamente no existe límite respecto a la cantidad de información que puede ser

depositada en cada casilla, es posible acumular gran cantidad de datos de manera ordenada. Después de asignar unos cuantos atributos al sistema de casilleros, resulta evidente que se ha generado una colección de datos cartográficos susceptibles de yuxtaposición, para observar las relaciones espaciales entre los diferentes atributos, es decir, eventos peligrosos, recursos naturales y fenómenos socio-económicos (ver Figura 5-1).

Hay muchos tipos de SIG, algunos más apropiados que otros para estudios de planificación del desarrollo integrado y para el manejo de peligros naturales. En el nivel más elemental, hay muchas técnicas manuales sencillas para superponer transparencias de mapas, tal como la técnica propuesta por McHarg en *Design with Nature*, herramienta comprobadamente valiosa. Sin embargo, la cantidad de información que se necesita para el manejo de los peligros y la planificación del desarrollo puede ser tan abrumadora que es casi imposible manejarla manualmente. En el otro extremo se encuentran los sistemas computerizados, altamente sofisticados, que pueden analizar datos científicos de referencia tales como las imágenes de satélites y producir, con graficadores, mapas a gran escala de excelente calidad cartográfica. Tales sistemas son costosos, difíciles de operar y pueden exceder las necesidades de muchas oficinas de planificación.

Figura 5-1: CARACTERÍSTICAS DE SOBREPONICION DE UN SIG



Entre los SIG computerizados, aquellos basados en una computadora personal (PC) se encuentran más a la mano y son relativamente más sencillos de operar. Tienen capacidad para generar mapas a diferentes escalas y tabular información adecuada para análisis repetitivo, diseño de proyectos y toma de decisiones. Aunque un SIG en una PC puede producir mapas de calidad cartográfica o con suficiente detalle para diseños de ingeniería, es lo más efectivo para los grupos de planificación encargados de analizar temas de peligros naturales en los proyectos integrados de desarrollo.

Los datos manejados por un SIG en computadora son ordenados, sea por técnicas de "raster" o de vectores. El modelo "raster" utiliza un cuadrículado para referir y almacenar la información. Un área de estudio es dividida en pequeñas áreas o matriz de células cuadradas (a veces rectangulares) idénticas en tamaño, y la información -los atributos presentados con códigos numéricos- es almacenada en cada compartimento para cada estrato o atributo en la base de datos. Un compartimento puede mostrar bien el rasgo dominante que se encuentra en esa unidad, o la

distribución porcentual de todos los atributos que se encuentran en la misma unidad. Los sistemas basados en raster definen las relaciones espaciales entre variables más claramente que los basados en vectores, pero la inferior resolución por causa de la estructura celular reduce la exactitud espacial.

Los datos de vectores son una traducción más aproximada al mapa original. Estos sistemas refieren toda la información como puntos, rayas o polígonos y asignan un conjunto único de coordenadas X, Y a cada atributo. Generalmente, los programas de cómputo del sistema vector tienen capacidad para ampliar una pequeña porción del mapa y mostrar mayor detalle, o para reducir una área y mostrarla en el contexto regional. Los datos de vectores pueden ofrecer gran número de opciones posibles para una más fácil sobreposición de transparencias con estratos de datos. El modelo de vectores presenta las áreas graficadas de manera más exacta que un sistema raster pero, porque cada estrato está definido de manera singular, es considerablemente más difícil analizar la información de diferentes estratos.

La selección de un SIG basado en raster o en vectores depende de las necesidades del usuario. Los sistemas de vector, sin embargo, demandan operadores altamente capacitados y también pueden requerir más tiempo y equipos más costosos, particularmente para los procedimientos de producción. Los programas de cómputo SIG basados en vectores, son también más complejos que aquellos para sistemas raster y deben ser controlados durante su uso en todos los casos. Depende del planificador, o de quien toma las decisiones, escoger cual sistema es el más apropiado.

2. Operaciones y funciones del SIG

a. Ingreso de datos

El ingreso de datos se refiere a todas las operaciones por medio de las cuales los datos espaciales de mapas, sensores remotos y otras fuentes son convertidos a un formato digital. Entre los diferentes dispositivos comúnmente utilizados para esta operación están los teclados, digitalizadores, barredores electrónicos, CCTS, y terminales interactivos o unidades de despliegue visual (VDU). Dados su costo relativamente bajo, eficiencia, y facilidad de operación, la digitización es la mejor opción de ingreso de datos para los fines de planificación del desarrollo.

Se deben ingresar dos tipos diferentes de datos al SIG: referencias geográficas y atributos. Los datos de referencias geográficas son las coordenadas (sea en términos de latitud y longitud o columnas y líneas) que fijan la ubicación de la información que se está ingresando. Los datos de atributos asignan un código numérico a cada casilla o conjunto de coordenadas y a cada variable, sea para representar los valores actuales (p.e., 200 mm de precipitación, 1.250 metros de elevación) o para connotar tipos de datos categóricos (usos del terreno, tipo de vegetación, etc.). La rutina de ingreso de datos requiere una cantidad considerable de tiempo, ya sea el ingreso manual con teclado, digitización, o por barrido electrónico.

b. Almacenamiento de datos

Almacenamiento de datos se refiere al modo como los datos espaciales son estructurados y organizados dentro del SIG, de acuerdo a la ubicación, interrelación, y diseño de atributos. Las computadoras permiten que se almacenen gran cantidad de datos, sea en el disco duro de la computadora o en diskettes portátiles.

c. Manipulación y procesamiento de datos

La manipulación y procesamiento de datos se hace para obtener información útil de los datos previamente ingresados al sistema. La manipulación de datos abarca dos tipos de operaciones: (1) operaciones para eliminar errores y actualizar conjuntos de datos actuales (editar); y (2) operaciones que hacen uso de técnicas analíticas para dar respuesta a preguntas específicas formuladas por el usuario. El proceso de manipulación puede ser desde una simple sobreposición de dos o más mapas, hasta una extracción compleja de elementos de información dispersos, de una gran variedad de fuentes.

d. Producción de datos

La producción de datos se refiere a la exhibición o presentación de datos empleando formatos comúnmente utilizados incluyendo mapas, gráficos, informes, tablas y cartas, sea en forma impresa o como imagen en pantalla, o como un archivo de textos trasladables a otros programas de cómputo para mayor análisis.

3. Elementos de un SIG

a. Componentes: equipos y programas de computación

Los equipos en una estación básica de trabajo SIG consisten de: (1) Una unidad central de procesamiento (CPU) donde se realizan todas las operaciones; (2) un digitalizador, que consiste de una tableta o mesa donde los datos analógicos se convierten a formato digital; (3) un teclado por medio del cual se ingresan instrucciones y comandos así como datos; (4) una impresora o graficadora para producir copias impresas de los productos deseados; (5) un "drive" - disco o cinta magnética para almacenar datos y programas de cómputo, para la incorporación de datos y para comunicación con otros sistemas; y (6) una unidad de despliegue visual (VDU) o sea, un monitor, donde se ve la información interactivamente. Se encuentran disponibles varios paquetes de programas SIG en un amplio espectro de costos y capacidades. Se discuten en la Sección C la selección de la combinación apropiada de componentes de equipos y programas de cómputo SIG, para satisfacer las necesidades del usuario.

b. Usuarios y sus necesidades

Los planificadores deben evaluar cuidadosamente sus necesidades SIG y las aplicaciones propuestas, antes de tomar la decisión de adquirir e instalar un SIG. Una vez que se ha llegado a una conclusión positiva, la configuración de equipos y programas debe ser diseñada en base a aquellas necesidades y aplicaciones, teniendo en cuenta las limitaciones de los recursos financieros y humanos disponibles para adquirir y operar el sistema.

Es posible que los costos de un SIG excedan los beneficios para una agencia dada. En tales circunstancias, vale la pena determinar si entre varias agencias podrían hacer uso de un mismo SIG. El Apéndice A ofrece una lista de usuarios de datos de peligros naturales. Los usuarios potenciales tienen que estar de acuerdo respecto a cuales datos deben ser compilados, los formatos para los datos, las normas de precisión, etc. Como resultado de ello, se compatibilizan los requerimientos de datos de varios usuarios y el valor de los datos aumenta proporcionadamente.

Compartir la información tiene costos y beneficios. La negociación con otros usuarios puede ser una tarea penosa y, las concesiones, inevitablemente dan lugar a que ningún usuario obtenga el equipo que precisamente le acomoda para su propio uso. En este sentido es importante establecer una relación de trabajo confortable entre quienes comparten el uso de un SIG.

c. Información y fuentes de información

Los mapas de referencias generales y la información sobre peligros naturales y recursos naturales deberían formar una "biblioteca de conocimientos" para cualquier SIG. La mayoría de las áreas de América Latina y del Caribe tienen fuentes referenciales generales con esos datos. Virtualmente todos los países tienen mapas topográficos, mapas de carreteras, mapas generalizados de suelos, algún tipo de información climática y, por lo menos, el componente de ubicación respecto a los peligros naturales (p.e., la ubicación de volcanes activos, líneas de fallamiento, áreas potencialmente inundables, áreas de frecuentes deslizamientos de tierras, áreas de anteriores tsunamis, etc.). Los datos de lugares de peligros naturales pueden ser compatibilizados en un SIG con información previamente obtenida respecto a recursos naturales, poblaciones e infraestructura, a fin de proporcionar a los planificadores lo necesario para una evaluación preliminar de los posibles impactos de eventos naturales.

Aún cuando parte de esta información se encuentra disponible en casi todos los países y puede ser complementada con datos de satélites, queda la pregunta de si ya se cuenta con datos suficientes para justificar un SIG. El principal

valor de un SIG está en poder procesar y analizar cantidades de datos que resultan excesivos para el manejo manual. A fin de determinar la aplicabilidad de un SIG, la institución deberá decidir si el principal obstáculo para el manejo de los peligros es el procesamiento de los datos o, meramente, la falta de datos.

B. Uso de sistemas de información geográfica en las evaluaciones de peligros naturales y planificación para el desarrollo integrado

- [1. Aplicaciones del SIG a nivel nacional](#)
- [2. Aplicaciones del SIG a nivel subnacional](#)
- [3. Aplicaciones del SIG a nivel local](#)
- [4. Uso de una base de datos geo-referenciada](#)

Las aplicaciones del SIG en el manejo de peligros naturales y planificación del desarrollo sólo están limitadas por la cantidad de información disponible y por la imaginación del analista. Generalmente, con la información fácilmente disponible sobre eventos naturales (p.e., registro de anteriores desastres), investigación científica (artículos, ponencias, boletines, etc.) y cartografía de peligros (fallas sísmicas, ubicación de volcanes, llanuras de inundación, patrones de erosión, etc.) se tiene material suficiente para llevar a cabo una evaluación preliminar con un SIG del estado de los peligros naturales y orientar las actividades de planificación del desarrollo. (Ver Capítulos 4 a 12 y Apéndice A para las fuentes de información).

A nivel nacional se puede usar el SIG para propiciar la familiarización general con el área de estudio, proporcionando al planificador una referencia respecto al estado de los peligros en su conjunto y facilitando la identificación de áreas que requieran un estudio adicional para evaluar los efectos de los peligros naturales sobre el manejo de recursos naturales y el potencial de desarrollo. De igual manera, el SIG puede ser usado en las evaluaciones de peligros a nivel sub-nacional para el análisis de recursos e identificación de proyectos. A nivel local, los planificadores pueden usar un SIG para formular proyectos de inversión y establecer estrategias específicas de mitigación para actividades de prevención de desastres. Los siguientes ejemplos de aplicaciones de la OEA sirven para demostrar la versatilidad de esta herramienta y sugerir a los planificadores algunas aplicaciones que podrían cubrir las necesidades de sus respectivas instituciones.

APLICACIONES DEL SIG A NIVEL NACIONAL

Evaluación de la vulnerabilidad del sector

Los administradores de agencias sectoriales públicas y privadas comparten una preocupación respecto a la vulnerabilidad de sus sectores a eventos peligrosos: ¿Donde se encuentran los puntos débiles? ¿Donde podrían ocurrir los daños? ¿Cuál es el impacto de perder los servicios X en la ciudad y durante 2 días? ¿Qué inversión en mitigación resolvería ese problema? ¿Cuál es el costo-beneficio de esa inversión?. Como un ejemplo, en 1989 la Dirección Sectorial de Energía de Costa Rica (DSE) solicitó asistencia a la OEA para el análisis de vulnerabilidad del sector energía a los peligros naturales. El estudio fue realizado usando dos métodos: (1) exámenes de campo y/o entrevistas con personal del sector energía; y (2) el uso de un SIG para sobreponer la información de infraestructura del sub-sector energía a la de determinados peligros.

El ejercicio con el SIG, confirmado por los resultados obtenidos de observaciones de campo, claramente mostró la posibilidad de que se corten importantes tramos de las principales líneas de transmisión debido a deslizamientos de tierra, y señaló las áreas críticas donde las actividades de mitigación o reducción de peligros, deberían llevarse

a cabo (ver Figura 5-1). Aunque los análisis con el SIG no se efectuaron para todos los peligros y sub-sectores, era obvio que el resultado habría sido virtualmente igual a los resultados de los exámenes de campo, para aquellos peligros aparatosos tales como terremotos, huracanes y sequías, pero menos preciso para los peligros menos impactantes tales como inundaciones en estrechos vallas de ríos. Se considera que si los datos de peligros hubieran estado disponibles, a una escala de 1:50,000, resultados del SIG, para todos los peligros habrían sido iguales, (aunque se hubiera necesitado tiempo adicional para ingresar los datos).

Si bien no se tiene la intención de sustituir las observaciones de campo con el SIG, éste método mostró, sin embargo, algunas ventajas espectaculares en cuanto a tiempo de trabajo de técnicos, especialmente en este caso donde sólo se utilizó información existente. Además, el SIG produjo mapas a todo color, mostrando el impacto potencial de los deslizamientos de tierra sobre el sub-sector electricidad, los que fueron muy útiles para explicar los resultados y movilizar las acciones posteriores.

1. Aplicaciones del SIG a nivel nacional

El uso del SIG para combinar información sobre peligros naturales, recursos naturales, población e infraestructura puede ayudar a los planificadores a identificar áreas menos expuestas a los peligros y más aptas para actividades de desarrollo, áreas que requieren evaluación adicional de los peligros, y áreas donde deberían priorizarse las estrategias de mitigación. Un mapa de peligro sísmico por ejemplo, aún a este nivel, puede indicar a los planificadores la ubicación y extensión de áreas donde se deben evitar fuertes inversiones de capital o áreas donde se deben considerar sólo las actividades menos susceptibles a terremotos, tsunamis o volcanes.

De igual manera, en áreas expuestas a peligros, el uso de un SIG sobreponiendo información de peligros, datos socio-económicos y de infraestructura, puede revelar el número de personas o el tipo de infraestructura en riesgo. Esta clase de ejercicio fue realizado en 1989 por la OEA/DDRMA en varios de los Estados Miembros de la OEA. Se demostró, por ejemplo, que en el Perú más de 15 millones de personas viven en áreas expuestas a terremotos con un potencial de intensidad sísmica de VI o mayor, que cerca de 930.000 personas se encuentran en riesgo potencial de un tsunami con una ola de 5 metros o más de altura y que 650.000 personas viven dentro de un radio de 30 km alrededor de volcanes activos. Con la superposición de información de infraestructura, este mismo tipo de análisis identificó los servicios y los recursos vitales en las áreas de alto riesgo y, con adecuada información sectorial, se puede ampliar aún más este estudio para calcular las pérdidas potenciales en inversiones de capital, empleo, flujo de ingresos, e ingresos en moneda extranjera.

Se necesitó poco tiempo para producir los mapas: fueron necesarios dos días para codificar, digitar y editar los mapas y sólo unos minutos para el análisis. Aún más, con la información ingresada al sistema, los peligros adicionales o cambios en los parámetros se pueden procesar en pocos minutos (p.e., a un radio de 40 km en vez de 30 km alrededor de un volcán), mientras que se necesitaría todo un juego nuevo de dibujos y cálculos si se emplearan técnicas manuales. La Figura 5-2 ofrece algunos ejemplos de aplicaciones del SIG a nivel nacional y subnacional.

2. Aplicaciones del SIG a nivel subnacional

A nivel subnacional de planificación, la tecnología SIG puede ser empleada en evaluaciones de peligros naturales que identifiquen dónde tienen mayor probabilidad de ocurrir los fenómenos naturales peligrosos. Esto, combinado con información sobre recursos naturales, población e infraestructura, puede permitir a los planificadores evaluar el riesgo que presentan los peligros naturales e identificar elementos

Figura 5-2

EJEMPLOS DE APLICACIONES DEL SIG EN EL MANEJO DE PELIGROS NATURALES A NIVEL NACIONAL Y SUBNACIONAL DE LA PLANIFICACION

FUNCION	APLICACIONES POTENCIALES	EJEMPLOS
<u>Evaluación</u>	Fuentes de información su exposición de datos	Considerando la forma del terreno, pendiente, uso de tierras, cobertura de vegetación y dirección del viento, ¿qué área será probablemente afectada si el volcán erupciona?
	Índice de información	Hacer una lista de todos los hospitales disponibles que no se encuentran dentro de un radio de 30 km del volcán
	Dar cuenta de la situación	Evaluación periódica de la actividad volcánica
	Monitoreo del cambio	¿Cómo ha cambiado durante los últimos 5 años el borde del desierto con la sabana? ¿Qué cambios en clima y uso de tierras podrían explicar el proceso actual de desertificación?
<u>Análisis</u>	Apoyo a la investigación	¿Qué factores determinan la actividad de deslizamientos en esta área? ¿Qué zonas son susceptibles a deslizamientos de tierra?
	Pronóstico	¿Cuáles centros de población probablemente serán afectados por el huracán? ¿Cuál será el probable trayecto del flujo de lava en caso de que ocurra una erupción volcánica?
	Desarrollo de políticas	¿Cuáles áreas en esta región urbana en expansión deben ser limitadas a desarrollo de baja densidad?
	Asignación de la ayuda	¿Dónde se deberán priorizar las estrategias de mitigación?
	Evaluación de proyectos	Si continúa la tendencia a la erosión, ¿cuál será el impacto económico sobre el proyecto? ¿Cuáles son los costos y beneficios de instituir o no instituir medidas de control de erosión?

Fuente: Adaptado de United Nations Environmental Program (UNEP). GRID (1985).

APLICACIONES DEL SIG A NIVEL SUBNACIONAL

Expansión urbana en área expuesta a deslizamientos de tierra

Tegucigalpa, capital de Honduras, es muy accidentada geográficamente y está sobre terreno geológicamente inestable que constantemente sufre de deslizamientos dañinos de tierra. En 1977 un estudio de la OAS/DRDE identificó más de 300 deslizamientos que cubrían una extensión de aproximadamente 1.350 ha en el área metropolitana y determinó que 20% de esa área presentaba una susceptibilidad entre alta y extrema al peligro de deslizamientos de tierra. Desde entonces la situación se ha agravado por la creciente migración del campo a la ciudad, que genera ocupación de terrenos de ladera con mucha pendiente y de estabilidad cuestionable. Los funcionarios de la ciudad enfrentaban dos tareas urgentes: identificar áreas de expansión urbana sin peligro de deslizamientos para nuevos programas de asentamientos y reasentamientos, y demarcar áreas de máxima prioridad para aplicar medidas de mitigación del peligro.

Ingresando información sobre uso de tierras, susceptibilidad a peligros de deslizamientos, topografía, pendientes, y áreas protegidas, se creó una base de datos SIG para identificar áreas potencialmente adecuadas para la expansión urbana. Los funcionarios de la ciudad podrían luego establecer criterios mínimos para áreas de nuevo desarrollo (p.e., no más del 5% del área pueda estar sujeta a peligros de deslizamientos, ningún camino de acceso

puede estar ubicado a distancia menor de 330 m de una pendiente del 20%). Usando el SIG, se identificó las áreas que satisfacen esos criterios. Se determinó, también, el número de personas que vive en áreas de peligro alto a extremo de deslizamientos, y esta fue la información básica para seleccionar áreas prioritarias donde implementar medidas de prevención (reubicación, construcción, reforzamiento, etc.)

Para este ejercicio sobe obvias las ventajas de usar el SIG y no la cartografía manual. El SIG no sólo es gran ahorro de tiempo (para la sobreposición, exposición, evaluación y análisis de áreas peligrosas), sino que ofrece flexibilidad para la selección de normas mínimas. La factibilidad de las normas tentativamente seleccionadas puede ser puesta a prueba y, también, pueden ser reajustadas. Usando un SIG, este proceso toma minutos; manualmente, se necesitaría una semana de dibujo y cálculo. críticos en áreas de alto riesgo. Esta información puede luego ser usada para proponer actividades de desarrollo menos vulnerables o estrategias de mitigación que reduzcan la vulnerabilidad a niveles aceptables.

Por ejemplo, en un estudio de deslizamientos de tierra, los datos sobre el grado de la pendiente, composición de la roca, hidrología y otros factores, pueden ser combinados con datos de anteriores deslizamientos para determinar las condiciones bajo las cuales pudieran ocurrir nuevos deslizamientos (ver Capítulo 10). Analizar todas las posibles combinaciones con técnicas manuales es una tarea virtualmente imposible de hacer; así pues, normalmente se analizan sólo dos factores, y las unidades compuestas se combinan con un mapa de inventario de deslizamientos. Con un SIG, sin embargo, es posible analizar un número casi ilimitado de factores asociados a eventos históricos y a las condiciones actuales, incluyendo el uso actual de la tierra, la presencia de infraestructura, etc. La OAS/DDRMA usó esta tecnología para sobreponer transparencias de mapas de geología, grado de pendientes, orientación de pendientes, hidrología y vegetación, y luego sobreponer los resultados sobre un mapa de inventario de deslizamientos, a fin de identificar los factores asociados con los deslizamientos en el pasado y en el presente. El mapa de zonificación de peligros de deslizamiento resultante, proporciona a los planificadores una designación del grado de propensión a deslizamientos para una área determinada.

Respecto a las inundaciones, se pueden usar el SIG y los datos de percepción remota para identificar áreas inundables, graficar las inundaciones que ocurren, demarcar inundaciones del pasado, y predecir futuras (ver Capítulo 4 y 8). El SIG puede combinar la información sobre pendientes, regímenes de precipitación, y la capacidad de acarreo de los ríos para modelar los niveles de inundación. La información de síntesis, obtenida de un estudio integrado puede ayudar a los planificadores y a quienes toman decisiones a decidir donde construir una presa o un reservorio para controlar las inundaciones.

Asimismo, un mapa que muestre la ubicación de los volcanes puede ser ingresado al SIG; en el registro de cada volcán se puede añadir sus atributos tales como periodicidad, índice de explosividad (VEI), efectos en el pasado y otros, en una base de datos que guarde relación. Combinando esos datos con información sobre asentamientos humanos o densidades de población, uso de tierras, pendientes, presencia de barreras naturales, y otros datos de recursos naturales o socioeconómicos, el SIG puede generar mapas y/o tabulaciones presentando las áreas libres de peligro (es decir áreas fuera de cierto radio o área de impacto de un volcán activo, áreas con pendientes menores de 25%, áreas con densa cobertura de vegetación, etc.). Finalmente, se puede combinar la información sobre otros peligros para crear nuevos subconjuntos de datos, cada uno de acuerdo con las diferentes normas mínimas preestablecidas para el desarrollo.

3. Aplicaciones del SIG a nivel local

A este nivel, el SIG puede ser utilizado en el estudio de la prefactibilidad y factibilidad de proyectos sectoriales y en actividades de manejo de recursos naturales. Puede ayudar a los planificadores a identificar medidas específicas de mitigación para proyectos de inversión de alto riesgo; y también puede ser usado para conocer la ubicación de instalaciones críticas vulnerables y facilitar la implementación de los preparativos de emergencia y actividades de respuesta. En centros poblados, por ejemplo, las bases de datos SIG a gran escala (resoluciones de 100 m² por unidad) pueden mostrar la ubicación de edificios altos, hospitales, estaciones de policía, albergues, estaciones

contra incendios, y otros elementos de los servicios vitales. Combinando estos datos con el mapa de evaluación de peligros - previamente compilado o generado con el SIG - los planificadores pueden identificar los recursos críticos en las áreas de alto riesgo y formular adecuadamente estrategias de mitigación. (Ver Figura 5-3)

APLICACIONES DEL SIG A NIVEL LOCAL

Planificación para el asentamiento y reasentamiento de agricultores en una área vulnerable a la erosión

Los proyectos de asentamientos en tierras, comúnmente comprenden objetivos múltiples y complejos. Cuando se defina la distribución equitativa de tierras en términos de rendimiento y no de tamaño de la parcela, se tiene que insertar en la ecuación la capacidad de la tierra y las prácticas para su manejo. Si además se consideran los peligros naturales, como debe ocurrir para que el proyecto sea sostenible y equitativo a largo plazo, el número de factores resulta demasiado pesado para el análisis manual. En 1985, un estudio de la OEA preparó archivos de datos SIG para el Proyecto del Valle Mabouya, ubicado en la parte centro-oriental de Santa Lucía. El proyecto, que incluía el asentamiento de un gran número de agricultores sobre terrenos de plantaciones antiguas, expuestas a erosión, trató de identificar los usos actuales de la tierra, en conflicto con la capacidad del terreno o los riesgos de erosión, a fin de mejorar el manejo de algunas parcelas, reubicar al resto de los agricultores en otras parcelas, y mejorar la equidad en la distribución de la tierra.

Se ingresaron ocho mapas codificados en el sistema: ecología, asentamientos humanos, capacidad de la tierra, zonas de vida, recursos de agua, peligro de erosión, uso actual de tierras y vegetación, y una estrategia para el desarrollo propuesto. Se produjeron tres mapas de síntesis sobreponiendo el de uso actual de la tierra al de capacidad de la tierra, el de uso actual de la tierra al de peligro de erosión, y el de estrategia para el desarrollo al de peligro de erosión.

El proceso SIG halló que las grandes parcelas comerciales ocupaban el 76% de todas las tierras aptas para cultivo sin restricciones o con restricciones moderadas, mientras que el 99 % de las tierras ocupadas por pequeñas granjas fue clasificado como severamente limitado o peor. Al comparar con el mapa de peligros de erosiones severas, los mapas de síntesis mostraron que el 2% del área dedicada a la agricultura comercial se encontraba afectada en contraste con el 30% del área de pequeñas granjas mixtas.

Este modesto ejercicio SIG, haciendo uso de información fácilmente disponible, fue una pequeña fracción del estudio en su conjunto pero, sin embargo, demostró claramente que se necesitaría una redistribución de tierras para alcanzar el objetivo del proyecto. También proporcionó los datos necesarios para una redistribución equitativa así como para la introducción de mejores prácticas de manejo de suelos.

Es crítica la decisión sobre el tipo de información a ser usada para describir las variables incluidas en la base de datos, bien a escala real, bien en dimensiones simbólicas. Los datos a escala real deben prevalecer sobre la información simbólica, especialmente en este punto de la planificación, cuando se requiere de información precisa para evaluar el riesgo a que están sometidos ciertos proyectos específicos de inversión. Por ejemplo, las elevaciones de llanuras inundables representadas a escalas menores de 1:50.000 serán solamente aproximadas.

Cualquier cálculo SIG u operación que incluya mediciones en unidades (área, perímetro, distancia, etc.) debe ser suficientemente exacto para proporcionar a los planificadores una clara y precisa ilustración del proyecto, en conjunto y en relación a la situación de los peligros específicos en el área de estudio. Las evaluaciones de los peligros en llanuras de inundación combinan mapas temáticos (p.e., suelos, geología, topografía, población, infraestructura, etc.) y requieren una representación precisa de la elevación de la llanura de inundación, para poder indicar donde se encuentran las áreas de probables inundaciones y cuáles son los probables componentes de poblaciones, recursos naturales e infraestructura que podrían ser afectados por una inundación. La Figura 5-4 presenta ejemplos de aplicaciones SIG realizados por la OAS/DDRMA.

4. Uso de una base de datos geo-referenciada

Una base de datos geo-referenciada (GRDB) es un programa de microcomputadora (PC) que combina el manejo de datos con la presentación de mapas, permitiendo a planificadores y a funcionarios encargados de las emergencias, exhibir gráficamente las áreas de impacto de peligros y relacionarlas con personas y propiedades en riesgo. Aunque un GRDB también usa puntos, líneas y símbolos poligonales para presentar datos, difiere de un SIG en el hecho que no tiene capacidad de sobreposición. Sin embargo, el GRDB es adecuado para planificar emergencias, rehabilitación post-desastre y trabajos de reconstrucción, dadas su capacidad para manejar y combinar grandes bases de datos con exhibición de mapas; y, también, su capacidad para utilizar textos que relacionen los elementos en cuestión (áreas de impacto del peligro, ubicación de albergues, centros de salud, estaciones contra incendios, estaciones de policía, etc.) con la información descriptiva respectiva.

Figura 5-3

EJEMPLOS DE APLICACIONES SIG EN EL MANEJO DE PELIGROS NATURALES AL NIVEL LOCAL DE LA PLANIFICACION

FUNCION	APLICACIONES POTENCIALES	EJEMPLOS
Exposición de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Ayuda en el análisis de la distribución espacial de la infraestructura socioeconómica de los fenómenos de peligros naturales. - Uso de mapas temáticos para dar mayor realce a informes y/o presentaciones - Enlazar con otras bases de datos para lograr información más específica 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuáles elementos de los servicios vitales se encuentran en áreas de alto riesgo? - ¿Qué poblaciones podrían ser afectadas? - ¿Dónde se encuentran los hospitales o centros de socorro más cercanos en caso de un evento?
Información sobre terrenos Almacenamiento y recuperación	<ul style="list-style-type: none"> - Archivar, mantener y actualizar datos relacionados con terrenos (propiedad de la tierra, registros de anteriores eventos naturales, usos permisibles, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar todas las parcelas que han tenido problema de inundaciones en el pasado - Mostrar todos los usos no adecuados en el área residencial
Manejo zonal y distrital	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener y actualizar mapas distritales, tales como mapas de zonificación o mapas de llanuras inundables - Determinar y hacer cumplir los reglamentos de uso de tierras y normas de construcción 	<ul style="list-style-type: none"> - Hacer una lista de los nombres de todos los dueños de parcelas con áreas dentro de los 30 m de un río o línea de fallamiento - ¿Cuáles parcelas se encuentran en áreas de alto y extremo peligro de deslizamientos de tierras?
Selección del lugar	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de Sitios potenciales para usos particulares 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Dónde se encuentran las parcelas vacantes, libres de peligros, de por lo menos X ha y por lo menos a Y metros de un camino principal, que tengan por lo menos Z camas de hospital, dentro de un radio de 10 km.?

Evaluación del impacto de peligros	- Identificación de los impactos de peligros geográficamente determinados	- ¿Cuáles unidades del área residencial serán afectadas por una inundación cada 20 años?
Desarrollo Conformidad y Modelamiento de tierras	- Análisis de la conveniencia para el desarrollo de determinadas parcelas	- Considerando la pendiente, tipo de suelo, altitud, drenaje y cercanía al desarrollo, ¿cuáles áreas son las más probables a ser priorizadas para el desarrollo? ¿Qué problemas potenciales podrían surgir?

Fuente: Adaptado de Levine J., and Landis, J. "Geographic Information Systems for Local Planning" in Journal of the American Planning Association (Spring, 1989) pp. 209-220.

Figura 5-4

ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS/DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL Y MEDIO AMBIENTE EJEMPLOS DE APLICACIONES DEL SIG EN LA EVALUACION DE PELIGROS Y LA PLANIFICACION DEL DESARROLLO

UBICACION	ESCALA	OBJETIVOS	DATOS USADOS	RESULTADOS
Colombia Puerto Bogotá, Departamento de Cundinamarca	1:3.000 (16,8 M ² por célula)	Identificación de áreas urbanas libres de peligros para la reubicación de 34 familias actualmente bajo alto riesgo de deslizamiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa base - Mapa del perímetro urbano - Mapa de censo urbano - Mapa geológico - Mapa de peligros naturales - Mapa de zonas de riesgo - Información sobre uso de la tierra - Densidad de población 	Identificación de lugares de posible reubicación para 34 familias. Los lugares en cuestión tenían que satisfacer los siguientes requerimientos: no encontrarse en zona peligrosa, estar a 100 m. de distancia del río, dentro de los límites urbanos, y en áreas no ocupadas o con baja densidad poblacional.
Ecuador: Sector agrícola Estudio de vulnerabilidad	1:2.000.000 (1 km ² por célula)	Determinación de la vulnerabilidad del sector agrícola en términos de ingresos, empleos, ganancia en moneda extranjera, y seguridad de alimentación. Identificación de posibles estrategias de mitigación.	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa político - Mapa de red de caminos y de facilidades de almacenamiento - Mapas de peligros de inundación, erosión, sequía, deslizamientos de tierra, sísmicos y volcánicos - Areas de producción de cosechas (26 sistemas de cultivo) - Datos socio-económicos 	La selección de 49 posibles eventos críticos para mayor estudio y/o formulación de estrategias de mitigación a nivel de perfil. Apoyo institucional subsiguiente delineado.

Honduras: Valle Jesús de Otoro, Departamento de Intibuca	1:60.000 (2,08 ha por célula)	Identificación de áreas sujetas a inundaciones y erosión para la selección de proyectos de producción agrícola.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso actual de la tierra - Uso proyectado de la tierra - Suelos - Asentamientos humanos - Llanuras de inundación 	66% de la tierra actualmente ocupada o planeada para inversión de agricultura con irrigación se encontró estar en áreas susceptibles a inundaciones
Paraguay: Sección suroeste del Chaco Paraguayo	1:500.000 (208 ha por célula)	Identificación de áreas peligrosas para la definición de capacidad de uso de terreno y selección de proyectos de agricultura.	<ul style="list-style-type: none"> - Mapas de suelos - Tipología forestal - Usos alternativos forestales - Zonas agrícolas - Capacidad del uso de la tierra 	Identificación y cuantificación de área bajo diferentes grados de limitaciones o restricciones en áreas previamente reconocidas como las más adecuadas por su respectiva capacidad de producción.
Santa Lucía: Proyecto del Valle Mabouya	1:10.000 (2,1 ha por célula)	Identificación de usos de terreno actual y propuesto en conflicto con la capacidad del terreno y/o riesgos de erosión; selección y distribución de lugares para reasentamiento de granjas	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamientos humanos - Capacidad de la tierra - Uso actual de la tierra - Riesgo de erosión - Recursos de agua - Zonas de vida - Ecología - Estrategia de desarrollo 	El 99% de la tierra ocupada por pequeñas granjas fue clasificada como severamente restringida o no adecuada para cultivo. El 2% de la tierra para agricultura comercial versus el 30% de la tierra para pequeñas granjas se encontraba afectado por el peligro severo o crítico de erosión.

USO DE UNA BASE DE DATOS GEO-REFERENCIADA DURANTE LA SECUELA DE UN DESASTRE

Después de un desastre, es esencial una pronta respuesta para analizar la situación y formular un programa viable de rehabilitación. En 1988, después que el huracán Gilbert azotó Jamaica, el Gobierno tuvo que encarar la abrumadora tarea de asignar una gran variedad de recursos de socorro a las instituciones y a la población, así como de coordinar el esfuerzo de rehabilitación entre todas las instituciones y agencias involucradas. A pedido del Gobierno, la OEA ayudo a instalar un sistema de base de datos geo-referenciados para organizar la recopilación y el análisis de los archivos de evaluaciones de daños, que luego serían usados para ayudar a manejar los esfuerzos de rehabilitación y reconstrucción.

La configuración inicial del sistema consistió de 8 mapas de computadora, a escalas que variaban desde 1; 1 millón (todo el país) a 1:44.000 (una área agrandada de Kingston), con la red de carreteras y datos individuales para cada pueblo y asentamiento. Se necesitó un equipo de tres personas durante cuatro días para armar la base de datos y entrenar a los usuarios. El sistema fue puesto en servicio de inmediato y fue la base para la coordinación entre todas las agencias participantes en «I programa de ayuda de emergencia.

Posteriormente, el sistema fue expandido para incluir la ubicación de instalaciones críticas (centras de salud, albergues, policía, incendio) y redes de servicios vitales (agua y electricidad) para el área de Kingston. Con la ayuda del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se instalaron once sistemas más, en importantes departamentos de gobierno, directamente involucrados en la distribución de la ayuda y la reconstrucción. También se instalaron enlaces directos telefónicos y de radio entre todos los sistemas, haciendo posible la consulta fácil y el intercambio de información. Desde entonces, el mapa base se ha expandido a más de 130 mapas que cubren todo el país a una escala de 1:50.000, con mayores escalas para centros poblados y zonas económicas importantes.

Aunque se necesitará algún tiempo para cuantificar los beneficios de este sistema, es claro que Jamaica ahora posee un poderoso sistema informativo que puede ser usado no solo como apoyo para las decisiones de las oficinas de manejo de emergencias, sino también como herramienta de planificación que puede ayudar a las entidades de gobierno a planear y coordinar mejor la planificación del desarrollo, así como las actividades de preparativos y respuesta a la emergencia.

A través de un GRDB, se puede acceder a la información para actualizar los datos y la utilización por parte de todas las entidades involucradas. De esta manera, las oficinas de manejo de emergencias pueden tener un acceso casi inmediato a un inventario actualizado de asentamientos, de servicios vitales, áreas de impacto de peligros y requerimientos especiales de emergencias, facilitando el inventario y el despliegue de los recursos para la emergencia; los ministerios sectoriales y las compañías de servicios públicos pueden preparar planes y proyectos más efectivos al tener acceso a datos actualizados de poblaciones e infraestructura y las entidades centrales de planificación pueden usar el sistema como una herramienta para la coordinación de la reconstrucción.

Este tipo de sistema fue empleado en Jamaica después del desastre del Huracán Gilbert como un mecanismo para coordinar la ayuda (ver recuadro más arriba). En Costa Rica, el Ministerio de Recursos

Naturales y Minas solicitó a la OEA que proporcione un GRDB para monitorear la vulnerabilidad a eventos naturales de la infraestructura de energía del país. Aunque hay beneficios claros en el uso de GRDB para el manejo de emergencias, su transformación como herramienta en la planificación de desarrollo necesitará del tiempo, cooperación, y apoyo de todas las agencias involucradas.

C. Lineamientos para preparar un SIG

- [1. Efectuar una evaluación de necesidades, definir aplicaciones propuestas y los objetivos](#)
- [2. Ejecutar un análisis económico para la adquisición de un SIG](#)
- [3. Seleccionar entre alternativas de sistemas y equipos](#)
- [4. Establecer una base de datos](#)

Los beneficios de un SIG pueden ser tan atractivos que la decisión para adquirir un sistema puede tomarse sin mucho titubeo. En la mayoría de los casos, sin embargo, sólo se puede llegar a una decisión después de un análisis detallado. La siguiente sección introduce un proceso sistemático para tomar la decisión respecto a la adquisición de un SIG. Los usuarios potenciales deben de recordar que no siempre un SIG es la herramienta correcta para una situación dada, y no necesariamente ha de pagar su costo.

1. Efectuar una evaluación de necesidades, definir aplicaciones propuestas y los objetivos

Antes de decidirse por la adquisición o uso de un sistema, los planificadores deben hacer una evaluación cuidadosa de sus necesidades de un SIG. Esta debe incluir la definición de como sus actividades y decisiones de planificación serán apoyadas usando un SIG. Deben definirse los objetivos específicos y las aplicaciones del SIG. Las preguntas indicadas en el recuadro siguiente pueden ayudar a esta tarea.

PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES PARA EVALUAR LA NECESIDAD DE UN SIG

- ¿Qué decisiones de planificación deben tomarse?
- ¿Cuáles decisiones involucran el uso de información graficada y de información susceptible a ser presentada en forma de mapas?
- ¿Qué información no puede ser manejada eficientemente con técnicas manuales?
- ¿Cuáles actividades de manejo de información serán apoyadas por el SIG propuesto?
- ¿Cuáles serán el número y los tipos de decisiones que serán apoyados por un SIG?
- ¿Será usado el SIG principalmente para el análisis? ¿Se requiere una calidad cartográfica para el producto resultante?
- ¿Hasta qué grado ayudará el SIG a lograr los objetivos deseados?
- ¿Quiénes serán los usuarios de la información generada por el SIG? ¿Cuántos grupos de usuarios habrán?
- ¿En términos de la información, tiempo y requerimientos de entrenamiento, qué se requiere para lograr los resultados deseados?
- ¿Existe el presupuesto y el apoyo de personal?
- ¿Qué agencias están participando en proyectos similares?
- ¿Hasta qué grado ayudará un SIG a atraer el interés de otras agencias y facilitar la cooperación?

PREGUNTAS QUE AYUDARAN A EVALUAR SI UN SIG DISPONIBLE ES ADECUADO

- ¿Qué tipo de sistema es?
- ¿Qué equipos y programas se usan?
- ¿Son sus necesidades compatibles con las necesidades de los nuevos usuarios?
- ¿Existe la capacidad técnica institucional para servir a los nuevos usuarios?
- ¿Cuáles son los arreglos institucionales que permitirían el uso de éste SIG?
- ¿Quiénes son los usuarios actuales? ¿Hasta qué grado es compatible la red actual de usuarios con la red que se propone?
- ¿Qué datos contiene?
- ¿Hasta qué grado satisfacen los datos actualmente en el sistema las necesidades identificadas?

Si la investigación preliminar indica que obtener y usar el SIG es una buena opción para una determinada agencia, se deberá usar el método más costo-efectivo para hacerlo. Una opción frecuentemente ignorada es determinar si se dispone de algún sistema existente. En el caso de que fuera sub-utilizado un SIG existente, el dueño podría encontrar atractiva una oferta para compartir el tiempo de uso, particularmente si la entidad contribuye con datos y análisis a la sociedad. Si no existe un SIG adecuado, otra alternativa es que un grupo de instituciones establezcan un SIG que satisfaga sus necesidades comunes. Obviamente, la disyuntiva en ambos casos es el menor costo versus la independencia de acción, pero si la asociación también conlleva mejores relaciones de trabajo y datos compatibles a un grupo de entidades que trabajan sobre problemas comunes, estos beneficios pueden justificar el sacrificio de la independencia. Las preguntas en el recuadro ofrecen a los planificadores algunas luces para saber si un sistema existente satisface sus necesidades.

Otra oportunidad para reducir el costo de inversión es el uso de equipos existentes. Si hubiere una computadora disponible, ¿es compatible con el SIG propuesto? ¿Cuáles son los costos económicos e institucionales de compartir el tiempo y de los inconvenientes?

ELEMENTOS IMPORTANTES NECESARIOS EN LA PLANIFICACION PARA ADQUIRIR UN SIG

CALCULOS DE COSTO

- ¿Cuál es el costo de los programas?
- ¿Qué configuración de equipos es necesaria para satisfacer los requerimientos de los programas?
- ¿Se necesita una nueva computadora? ¿Qué opciones deben ser incluidas? ¿Cuál es el costo de adquirir una nueva computadora versus actualizar una que ya existe?
- ¿Cuáles son los costos estimados de reparación y mantenimiento de equipos y apoyo de programas?
- ¿Cuáles son los requerimientos de personal para la instalación y funcionamiento de un SIG?
- ¿Se utilizará personal presente o se tendrá que contratar nuevo personal? ¿Se necesita un programador?
- ¿Cuáles son los costos estimados de entrenamiento?
- ¿Cuál es el costo de asignar personal al mantenimiento de equipos y de programas?
- ¿Cuál es el costo esperado para el proceso de ingresar datos? ¿Qué cantidad de personal necesita ser contratado o asignado para digitalizar la Información?
- ¿Cuál es el costo en mantener los datos generados en y para el sistema?
- ¿Existe un lugar seguro y adecuado para la protección de las computadoras y de archivos de datos?

CALCULO DE LOS BENEFICIOS:

- ¿Cuáles son las pérdidas de producción o de beneficios mayormente asociados con la falta de información? ¿Cómo compara esto con la información que estaría disponible si se contara con un SIG?
- ¿Cuáles son los ahorros de costos al sustituir con un SIG los procesos de cartografía, intensivos en mano de obra?
- ¿Cuáles son los beneficios de integrar información más actualizada en el proceso de toma de decisiones, y de poder realizar análisis de sensibilidad sobre las opciones del plan de desarrollo propuesto?

Una vez que una institución ha tomado decisiones tentativas para adquirir un SIG, sea por sí sola o en sociedad, debe de llevar a cabo un análisis económico de la propuesta.

2. Ejecutar un análisis económico para la adquisición de un SIG

La adquisición de un sistema SIG es una inversión en capital que puede representar varios miles de dólares. Como lo sostiene Sullivan (1985), los métodos de valoración de la inversión pueden ser aplicables a tecnologías de información tales como el SIG. Las preguntas del recuadro anterior ayudarán a los planificadores a estimar y comparar de manera general los mayores costos y beneficios asociados con la adquisición de un SIG.

El costo de mantenimiento y reparación de todos los componentes de un SIG también deben ser considerados en el análisis de inversión. Cuanto más sofisticado sea el sistema, y más remota la sede de operaciones, tanto más altos serán los costos de mantenimiento. Los programas también demandan mantenimiento, y se deben hacer arreglos para controlar el apoyo efectivo del proveedor de programas. La contratación de expertos para modificar los programas de acuerdo al proyecto debe ser considerada como una posibilidad. Un SIG es una herramienta dinámica; siempre habrán nuevos datos y nuevas capacidades a ser añadidas, que requieren esfuerzos y gastos adicionales.

3. Seleccionar entre alternativas de sistemas y equipos

Cuando se debe establecer un nuevo sistema, los planificadores deben seleccionar cuidadosamente los equipos y programas adecuados. El sistema debe ser sencillo y, por supuesto, debe adecuarse al presupuesto y limitaciones técnicas de la entidad. Los grandes digitadores y graficadores, capaces de producir mapas de calidad cartográfica, son muy costosos y difíciles de mantener. Los equipos pequeños que pueden ser tan efectivos como los modelos grandes para el análisis gráfico, están más y más disponibles a precios razonables. La Figura 5-5 presenta algunos de los criterios que deben ser considerados para la adquisición de un SIG.

Hay muchas configuraciones de SIG disponibles, algunas más costosas y más potentes que otras. Algunos programas más baratos tienen buena capacidad analítica, pero carecen de capacidad gráfica. En base a los objetivos, presupuesto y limitaciones de personal, los planificadores deben investigar las alternativas de programas SIG con una interfase sencilla, capacidades analíticas y gráficas considerables, y un precio razonable. Sea cual fuera la selección, los programas SIG deben ser probados y sus expectativas verificadas según las necesidades del usuario. Dado que los programas para los proyectos SIG pueden costar más que el equipo en el cual se correrán, las pruebas deben llevarse a cabo con la configuración de equipos que se usará.

La Figura 5-6 analiza la mayor parte de los programas SIG actualmente disponibles. Los sistemas, clasificados por costo, proporcionan información acerca del tipo de sistema operativo, del tipo de dispositivo de producción cuyo funcionamiento permite (directamente relacionado a los mapas producidos por raster o vectores) y otras capacidades tales como medición de área, análisis estadístico, y superposición geo-referenciada.

4. Establecer una base de datos

Una vez que ha sido adquirido el SIG, se debe diseñar un sistema de información. Típicamente, los usuarios que por primera vez hacen uso de un SIG tienden a insertar al sistema mucha información aparentemente apropiada, tratando de desarrollar alguna aplicación inmediata. Generalmente, los sistemas diseñados por consideraciones de suministro de datos en vez de sobre consideraciones de demanda de información, concluyen en un desarreglo del archivo de datos y una caótica e ineficiente base de datos.

Una metodología sistemática para formar una base de datos eficiente y práctica incluye i) la cuidadosa determinación de las necesidades del usuario, definiendo las aplicaciones de las necesidades en mente y, si fuera posible, ii) una evaluación del diseño o prueba en un estudio piloto (ver procedimiento de diseño del SIG que se presenta en la Figura 5-7).

a. Determinación de aplicaciones propuestas para el sistema

Algunas pequeñas agencias de planificación o proyectos específicos de mitigación, pueden requerir un simple análisis de lo que ya ha funcionado en otras partes, para definir la razón por la cual se usará el SIG y los productos que se espera producir. Las grandes organizaciones o proyectos más amplios, deben desarrollar, sin embargo, un método universal y sistemático, generalmente en base a entrevistas con la administración, los usuarios y el personal de apoyo al sistema. Las respuestas a las preguntas en el recuadro inferior pueden orientar a los planificadores a identificar aplicaciones potenciales.

b. Determinación de necesidades de datos y fuentes para las aplicaciones seleccionadas

Los datos sobre peligros naturales, información demográfica y localización de poblaciones, son de interés principal para el manejo de los peligros naturales y deben ser definidos muy al inicio del proceso. La ubicación de la infraestructura y de los asentamientos humanos, proporcionan los vínculos lógicos que hacen útil un SIG para identificar la localización de poblaciones. Cuando esta información es combinada con datos recientes detallando cambios en el uso de la tierra, se llega a un claro entendimiento de donde están ubicadas las personas, del tipo de actividades que llevan a cabo y como éstas serían afectadas por los peligros naturales. Con esta información se pueden iniciar acciones de prevención y de preparativos.

PREGUNTAS QUE AYUDARAN A LOS PLANIFICADORES A IDENTIFICAR APLICACIONES POTENCIALES DEL SIG PARA MANEJO DE PELIGROS

- ¿Qué decisiones sobre manejo de peligros se tomarán que podrían ser mejoradas mediante el uso de un SIG?
- ¿Cómo ayudará el SIG a identificar los peligros que representan una amenaza significativa y para evaluar el riesgo consiguiente?
- ¿Cómo ayudará el SIG a determinar las medidas de mitigación para proyectos de inversión y los elementos de la red de servicios vitales para las actividades de prevención de desastres?

Figura 5-5 CRITERIOS A SER CONSIDERADOS AL PLANEAR LA ADQUISICION DE UN SIG EQUIPOS

a. Unidad CPU/Sistema

- Microprocesador
- Compatibilidad con normas
- Capacidad de memoria
- "Drive" en Disco
- Sistema de Backup
- Capacidad de expansión
- Canales I/O
- Salidas de comunicación
- Términos de garantía

b. Características y periféricos

- Teclados
- Monitores terminales
- Impresoras
- Fuentes de poder
- Capacidad de redes

PROGRAMAS

a. Programas de sistema

- Compatibilidad con normas
- Capacidad
- Flexibilidad
- Expandibilidad
- Rasgos especiales
- Documentación

b. Programas para servicios

- Facilidad de uso
- Integración con el sistema total
- Idiomas disponibles
- Diagnósticos
- Control periférico

c. Programas de aplicación

- Adecuación a necesidades
- Rendimiento (capacidad, velocidad, flexibilidad)
- Capacidad de interfase
- Apoyo
- Potencial de actualización
- Documentación
- Entrenamiento y otros servicios de usuarios

COSTOS

- Precio de equipo inicial (CPU, monitor, impresor, etc.)
- Componentes adicionales (periféricos, digitizadores, adaptadores, etc.)
- Disponibilidad de componentes libres
- Contratos de mantenimiento y otros servicios
- Transporte/entregas
- Instalación
- Precio de programas
- Actualizaciones/ mejoramientos
- Entrenamiento

APOYO DEL PROVEEDOR

a. Mantenimiento

- Personal de mantenimiento (cantidad, experiencia)
- Base existente de clientes
- Facilidades de servicios
- Inventario de componentes
- Tiempo de respuesta garantizada
- Capacidad para atender el sistema en su conjunto

b. Entrenamiento

- Rango de cursos ofrecidos
- Experiencia de su personal
- Facilidades
- Documentación/ayuda

Fuente: Adaptado de USAID, Information Resources Management. Guidelines for Managing

Figura 5-6

REVISION DE LOS PROGRAMAS SIG^a

COSTO	-COMPATIBILIDAD DE SISTEMA OPERATIVO-			-COMPATIBILIDAD DE LA SALIDA-		OTRAS
	IBM (PC DOS)	SISTEMA UNIX	OTROS SISTEMAS	DOT MATRIX	GRAFICADOR	CAPACIDADES
MENOR DE \$500			IBIS(V)	IBIS	IBIS	ACGS
		SAGIS		SAGIS	SAGIS	AC S
	OSU MAP			OSU MAP		AC S
	IDRISI			IDRISI		AG S
	Adas Graphics				Atlas Graphics	A S
	EPPL7			EPPL7		ACGS
	GEOVISION			GEOVISION	GEOVISION	ACG
\$500-\$1.000	SOLIR				SOLIR	
	Mapinfo				Mapinfo	A
		GRASS		GRASS	GRASS	ACGS
	PMAP			PMAP	PMAP	ACGS
\$1.000-\$10.000	ETAK	ETAK Geocorder			ETAK Geocorder	C
	MIPS			MIPS	MIPS	GS
	FMS/AC	FMS/AC			FMS/AC	ACGS
	Ladtrak		Landtrak(V)	Landtrak	Landtrak	ACG
	GeoSight			GeoSight	GeoSight	GS
	Geopro			Geopro	Geopro	ACGS
	ILWIS			ILWIS	ILWIS	ACGS
	MOSS	MOSS	MOSS(AO, P)	MOSS	MOSS	ACGS
	MINUTP				MINUTP	C
	MAPLE	MAPLE		MAPLE	MAPLE	ACGS
			Mapgrafix(M)*		Mapgrafix	A G
	Matchmaker				Matchmaker	
MAS QUE \$10.000	TIM	TIM	TIM(X)		TIM	A G
	SPANS	SPANS		SPANS	SPANS	ACGS
	TerraPak	TerraPak	TerraPak(P)		TerraPak	CGS
		System 9	System 9 (SU)		System 9	ACGS
	Geo-Graphics	Geo-Graphics	Geo-Graphics()		Geo-Graphics	A GS
		VIPERS		VIPERS		AC S
			Infocam(V)		Infocam	ACGS

		UltiMap(AE)	UltiMap	UltiMap	ACGS
	Accugraph			Accugraph	AC
	System 600	System 600	System 600	System 600	AC S
	Geo Vision GIS	Geo Vision GIS(V)		Geo Vision GIS	ACG
		KGIS(V)			
	DeltaMap		DeltaMap	DeltaMap	ACGS
ERDAS	ERDAS	ERDAS (AV, P, V)	ERDAS		A GS
ARC/INFO	ARC/INFO	ARK/INFO	ARC/INFO	ARC/INFO	ACGS
		(AO, P, V, VC)			ACGS

- CLAVE "OTROS SISTEMAS" -

AE - AEGIS	M - Mac OS	V - VMS
AO - AOS	P - PRIMOS	VC - VM/CMS
AV - AOS VS	SU - Sun OS	X - XENIX

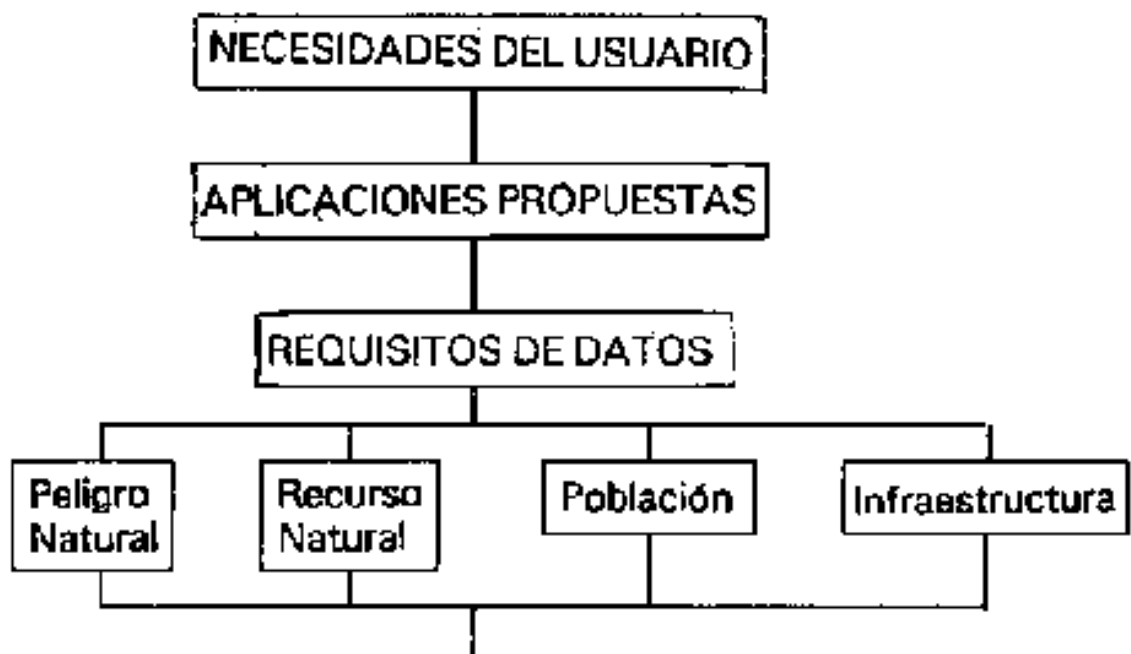
CLAVE "OTRAS CAPACIDADES"

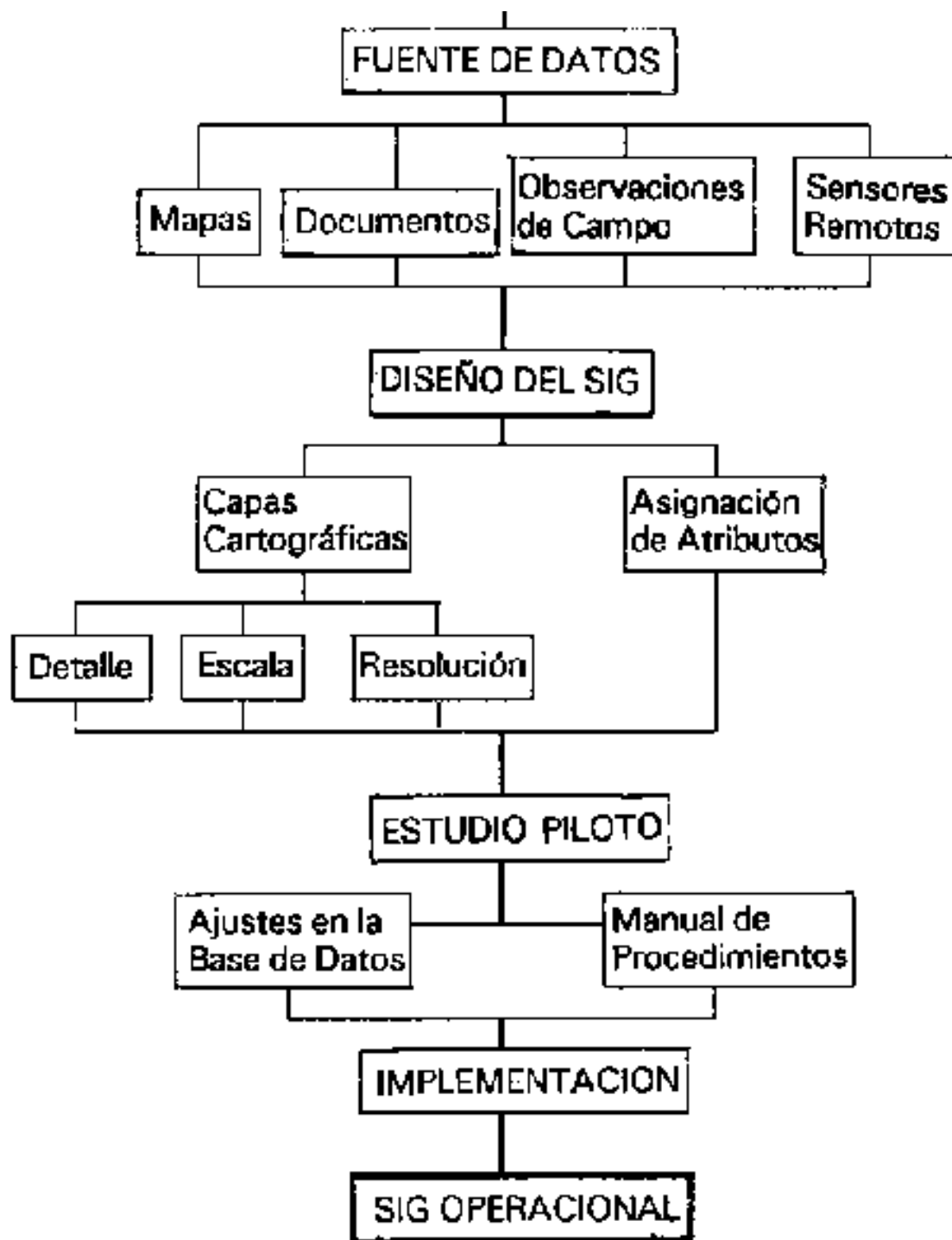
- A - Medición de área
- C - Interface del usuario para lenguaje de comandos
- G - Superposición geo-referenciada
- S - Análisis estadístico

^a En cada sección se presenta la lista de programas por orden de menor a mayor costo.

Fuente: Adaptado de "The 1988 GIS Software Survey" En GIS World, vol. 1, no. 1 (Fort Collins, Colorado: July, 1988).

Figura 5-7: PROCESO DE DISEÑO DE UN SIG





Fuente: Adaptado de Chambers, Don. "Overview of GIS Database Design" en GIS Trends, ARC News Spring 1989. (Redlands, California: Environmental Systems Research Institute, 1989).

Una vez que se ha identificado los requerimientos de información, las fuentes que proporcionarán tal información también deberán ser identificadas. Es usual que existan ya varias fuentes de información de primera mano, incluyendo mapas y otros documentos (discusión en Apéndice A); las observaciones de campo, y los sensores remotos (discusión en Capítulo 4). La Figura 5-8 es una lista de la información sobre peligros naturales generalmente disponible, que debe ser incorporada en un archivo de datos SIG.

En términos conceptuales, los programas SIG deben ser desarrollados para aceptar todo tipo de dato que eventualmente fuere necesitado. Los datos pueden estar a disposición en forma de imágenes de satélite, datos de satélites meteorológicos, fotografías aéreas, mapas generalizados topográficos, globales o regionales o de suelos, o mapas de distribución de poblaciones. Datos como estos son suficientes para construir un SIG inicial. Una vez que

se desarrolla el marco general, se pueden añadir nuevos rubros en cualquier momento.

c. Diseño de archivos de datos

El paso siguiente es diseñar los estratos cartográficos a ser ingresados al sistema y los atributos espaciales que se le asignarán. Para ello, deberán considerarse los detalles de la base de datos, escala de ingresos, y la resolución.

Los estratos cartográficos son los diferentes "mapas" o "imágenes" que deberán ser ingresados al sistema y posteriormente sobrepuestos y analizados para generar información de síntesis. Por ejemplo, los estratos cartográficos que muestran anteriores deslizamientos, características geológicas, pendientes, hidrología y cobertura de vegetación, fueron ingresados y estratificados por un SIG para crear un mapa de peligro de deslizamientos, como se describe en la Sección B.

Existen tres tipos básicos de estratos y muchas diferentes combinaciones posibles entre ellos: polígonos (llanuras de inundación, áreas de peligro de deslizamientos), líneas (líneas de fallas, ríos, redes eléctricas), y puntos (epicentros, ubicación de pozos, instalaciones hidroeléctricas). La selección del tipo de estrato correcto para una base de datos, depende de los usos anticipados y de la escala y resolución de los datos de la fuente. Un volcán, por ejemplo, puede estar representado por un punto a una escala de 1:200.000, pero bien podría ser un polígono a la escala de 1:20.000. De igual manera, las áreas inundables podrían estar representadas por líneas a lo largo de los ríos, a escalas menores de 1:50.000, pero por polígonos en mapas a escala de 1:10.000. Los planificadores deben tener en mente que las representaciones con punto y raya se pueden usar para identificar ubicaciones variables, pero que rara vez se usan para las operaciones del SIG que se basa en mediciones compartimentalizadas.

Figura 5-8
INFORMACION SOBRE PELIGROS NATURALES A SER USADA EN UN SIG

	DATOS REFERENCIALES	INFORMACION TEMATICA INTERMEDIA	INFORMACION DE SÍNTESIS
TERREMOTO	Epicentros Líneas de fallas Bordes de placas	Intensidad máxima registrada, magnitud Distribución de frecuencias y datos de "brochas"	Zonificación sísmica (datos de sacudimientos fuentes, intensidad o magnitud máxima esperada, intervalos de recurrencia)
VOLCAN	Ubicación del volcán	Anteriores impactos Historia de erupciones	Area potencial afectada (ceniza, lava, flujo piroclástico, lahar)
HURACAN	Mapa de impactos Precipitación Viento Infraestructura costera	Anteriores impactos en tierra Distribución de frecuencias de impactos en tierra	Evento de diseño (elevación de marea de inundación y elevación de inundación)
DESLIZAMIENTO DE TIERRA	Geología de basamento Pendientes Vegetación Precipitación	Anteriores impactos Inventario de deslizamientos	Susceptibilidad al peligro

INUNDACION	Precipitación Caudal de ríos Linderos de llanuras de inundación	Anteriores impactos Elevación máxima del río	Evento de diseño (elevación de inundación e intervalo de recurrencia)
DESERTIFICACION	Suelos Precipitación Evapotranspiración Producción de biomasa Cobertura de vegetación	Zonas de vida Aridez Densidad de población Densidad de fauna Uso de tierras	Zonificación de peligros

Los atributos espaciales son características identificables de la información de recursos recopilada para el SIG. Por ejemplo, los atributos considerados para la infraestructura pueden incluir caminos, fuentes, presas, etc. Para uso de tierras, diferentes unidades del mapa pueden identificar los atributos. Todos los datos de ingreso al SIG están archivados como atributo y pueden ser recuperado como rubros individuales o agregados en grupos.

Un mapa de suelos es una buena ilustración de la designación de atributos. Un atributo en el "estrato" de suelos de datos, sería la arena. Toda ocurrencia de arena estaría ubicada en el mapa. Una vez que el atributo y el material descriptivo relevante han sido registrados, el texto correspondiente deberá ser incluido en la base de datos, y no sólo en la leyenda. Esto agranda enormemente la utilidad de la información disponible para los planificadores.

Este mismo procedimiento, cuando es usado para preparar datos para más de un punto a la vez, proporciona al usuario la información necesaria para medir los cambios temporales. La falla más frecuente de los datos secuenciales en tiempo se debe a la falta de detalle en la descripción del atributo para diferentes períodos de tiempo. Así pues, es importante incluir esa información en el formato del texto dentro del sistema SIG.

Muchos de los atributos listados en algunas de las fuentes de información gráfica bien conocidas y frecuentemente usadas, pueden proporcionar amplia información para el manejo de peligros en un típico SIG. Las seis fuentes particularmente útiles son:

- estudio de uso de tierras y de suelos
- datos climáticos
- ubicación de volcanes, áreas de deslizamientos, y principales fallas geológicas
- rasgos naturales (ríos, llanuras de inundación)
- características humanas (infraestructura, población)
- información topográfica (que proporciona datos de elevación, complejidad del terreno, información sobre cuencas fluviales).

Las decisiones sobre el manejo de peligros naturales que se basan en estas seis fuentes de datos pueden servir a los requerimientos del SIG en muchas ocasiones. Como ejemplo, la información sobre suelos puede dar a conocer las características de saturación y de escurrimiento; la topografía proporciona el área de las cuencas fluviales y el relieve topográfico y, combinada con los datos de suelos, puede identificar las llanuras de inundación; los datos climáticos son particularmente útiles combinados con las características de escurrimiento de los estudios de suelos, para producir información sobre inundaciones y erosión; y los mapas de zonas de vida son útiles para evaluar los peligros de desertificación. El número de personas ubicadas sobre una llanura de inundación, los centros urbanos de apoyo que existen, la ubicación de caminos, aeropuertos, sistemas ferroviarios, etc., todo ello puede ser ingresado al sistema y analizado en forma gráfica; esta información es también útil para la preparación de planes de respuesta a la emergencia.

La combinación correcta de atributos para la toma de decisiones específicas, basadas en un SIG, puede requerir un

número sorprendentemente pequeño de fuentes de datos. Casi todas las situaciones de los peligros naturales estarán fuertemente influenciadas por uno o dos sucesos combinados. Los flujos de lodo, por ejemplo, ocurren en áreas que tienen terreno muy escarpado y suelos con alto contenido de arcilla. Las nuevas erupciones volcánicas probablemente han de ocurrir en áreas donde hay actividad sísmica históricamente alta. Los planificadores o usuarios del SIG deben entender que el propósito de un SIG no es procurar e incorporar todos los datos posibles. Esto es muy costoso, toma mucho tiempo y proporciona tal sobreabundancia de datos gráficos a los usuarios, que puede ser contraproducente. Lo que es importante es la adquisición de la cantidad suficiente de datos, que proporcione información necesaria para una rápida y efectiva toma de decisión en materia de manejo de los peligros naturales.

Demasiados detalles pueden aumentar innecesariamente el costo del SIG. Si una fuente de datos es más detallada de lo que sería útil, entonces deben de usarse datos más generalizados. Si, por ejemplo, los datos topográficos son graficados con curvas de nivel de cada 5m, pero algunas decisiones básicas serán tomadas usando curvas de nivel de 50m, entonces puede reducirse por un factor de 10 la complejidad topográfica del ingreso y recuperación de la información. Un estudio cuidadoso de los sistemas de clasificación de los datos incorporados, combinado con el análisis de los puntos críticos de diferenciación en las fuentes de datos físicos, puede reducir el volumen de los datos ingresados sin afectar la utilidad del análisis.

El detalle de la base de datos debe estar directamente correlacionado con las necesidades del equipo de planificación y debe ser dinámico por naturaleza. Un equipo de planificación encargado de evaluar la vulnerabilidad a peligros naturales podría comenzar considerando los peligros a nivel nacional y, luego, pasar a estudios más detallados en las áreas locales de alto riesgo. Por otro lado, si una área es seleccionada para la planificación del desarrollo regional, el estudio de los peligros puede comenzar a nivel regional y local. Por ejemplo, si el estudio de desarrollo está interesado en el sector transporte de una ciudad, y el área sufre de frecuentes pérdidas por deslizamientos, la base de datos establecida obviamente debe reflejar ese aspecto.

Con relación a escalas, los planificadores o usuarios del SIG pueden hacer uso de las ventajas de la flexibilidad que ofrecen algunos SIG, con el ingreso de datos a diferentes escalas y posteriormente solicitando que el sistema ajuste la escala para que esté de acuerdo con el propósito específico o con la etapa respectiva de la planificación: las escalas pequeñas a medianas, deben ser usadas para el inventario de recursos e identificación del proyecto; las escalas medianas para perfiles de proyectos y estudios de prefactibilidad; y las grandes para estudios de factibilidad, cartografía de zonas de peligros, y estudios de mitigación de peligros urbanos.

La resolución o exactitud espacial de la base de datos será reflejada por el número de compartimentos (columnas y líneas o Xs e Ys) que constituyen la base de datos. Cuanto mayor es el número de compartimentos que se usen para cubrir una área dada, tanto mayor será la resolución obtenida. Sin embargo, una alta resolución no es siempre necesaria y la comparación entre lo que se gana en términos de capacidad analítica y lo que se pierde en términos de consumo de la memoria de la computadora y del tiempo para ingresar los datos, es un factor que debe tomarse en cuenta. El tipo de adaptador gráfico, el tamaño de la memoria de la computadora, y la preferencia del usuario acerca de si debe de usarse la pantalla entera o por partes, son factores determinantes a este respecto.

Finalmente, el diseño de la base de datos debe ser probado desde el punto de vista del cumplimiento de sus funciones. A partir de una prueba piloto, no es raro obtener una cantidad significativa de rectificaciones en el diseño de la base de datos. Los lineamientos generalmente no sólo están dirigidos a la exactitud espacial de los datos y al diseño de estratos, sino también a la identificación de los posibles obstáculos para una implementación final del sistema, así como al desarrollo de procedimientos o de una metodología para llevar a cabo las tareas bajo condiciones operacionales normales.

Conclusiones

El amplio espectro de aplicaciones del SIG presentado en este capítulo, ilustra su valor como herramienta para el manejo de los peligros naturales y la planificación del desarrollo. Como ha sido demostrado, los sistemas de información geográfica pueden mejorar la calidad y poder de análisis de las evaluaciones de los peligros naturales, guiar las actividades de desarrollo y ayudar a los planificadores en la elección de medidas de mitigación y en la implementación de acciones de preparativos y respuesta a la emergencia.

Tan atractivo como puede parecer un SIG, no es una herramienta adecuada para todas las aplicaciones del planificador. Gran parte del beneficio de un sistema automatizado como éste, consiste en la habilidad de poder ejecutar cálculos espaciales repetidos. Por lo tanto, antes de tomar una decisión para adquirir un SIG, los planificadores necesitan determinar qué actividades de planificación pueden ser apoyadas con este sistema y evaluar cuidadosamente si la cantidad de cálculos espaciales y del análisis a ser ejecutado justifica automatizar el proceso. Si sólo previenen unos pocos cálculos, probablemente será mucho más costo-efectivo hacer uso de dibujantes locales para producir y sobreponer mapas y calcular los resultados.

Los SIG basados en PCs son la mejor opción para un equipo de planificación. Aún así, los planificadores deberán de elegir entre un buen número de configuraciones de equipos disponibles y capacidad de programas, precios y compatibilidades. Dadas las típicas limitaciones financieras y técnicas que prevalecen en América Latina y el Caribe, la configuración de equipo debe ser sencilla y al alcance de los recursos disponibles. Para sistemas compatibles-IBM por ejemplo, una unidad de procesamiento central (CPU), un monitor de alta resolución, un pequeño digitalizador, y una impresora opcional a color son, en general, suficientemente efectivos para las necesidades de una agencia de planificación del desarrollo y pueden ser fácilmente adquiridos, a precios razonables, en la mayoría de los países de la región. Los equipos grandes y sofisticados requieren mayor capacidad técnica, son difíciles de mantener y reparar localmente, y los atributos adicionales pueden no ser significativos para las necesidades de la institución de planificación.

De igual manera, existen muchos conjuntos de programas SIG entre los cuales se pueden escoger y, en consecuencia, una gran variedad de capacidades y precios. Generalmente, cuanto más costoso es el programa, tanto más poderosa es la capacidad analítica y más sofisticadas son las opciones de productos. Sin embargo, la capacidad adicional, particularmente en el aspecto de calidad del producto cartográfico, no siempre es necesaria, y puede no justificar el costo. Los precios van desde unos pocos cientos hasta más de cincuenta mil dólares U.S. Aunque los sistemas de poco costo carecen de ciertas características que se encuentran en los más costosos, tienen capacidades funcionales suficientes para satisfacer las necesidades básicas del análisis de las actividades de manejo de los peligros naturales. Es aconsejable comenzar con algunos de estos sistemas modestos y, posteriormente, crecer de acuerdo con las necesidades de la agencia.

Otros aspectos que deben ser considerados son la disponibilidad de datos y el apoyo institucional. Para que un SIG sea efectivo como herramienta de planificación, debe resolverse cualquier problema y dificultad en obtener datos de instituciones con distintos mandatos e intereses. Debe establecerse un buen entendimiento para compartir información entre las diferentes agencias involucradas en recopilar, generar y usar datos, para asegurar la naturaleza dinámica de un SIG.

Un último tema que los planificadores deben considerar es la dificultad que encontrarán en implementar los resultados del SIG. Cuando se traducen traducir los resultados del SIG a lineamientos de planificación, políticas o mandatos, no es raro ver que todo ello sea rechazado por razones políticas, económicas o de otra naturaleza. Esto se puede complicar aún más a nivel local. Cuando las necesidades de datos locales son generalizadas e incluidas en un SIG para una área más grande, surgen conflictos debido al conocimiento más detallado de los habitantes del área. El manejo de los peligros naturales requiere de cooperación a todo nivel para tener éxito. Convencer a los funcionarios locales y a quienes toman decisiones que el SIG puede proporcionar información oportuna, costo-efectiva y correcta, es un paso crítico que requiere apoyo y atención de todo programa relacionado con temas

de manejo de los peligros naturales.

Referencias

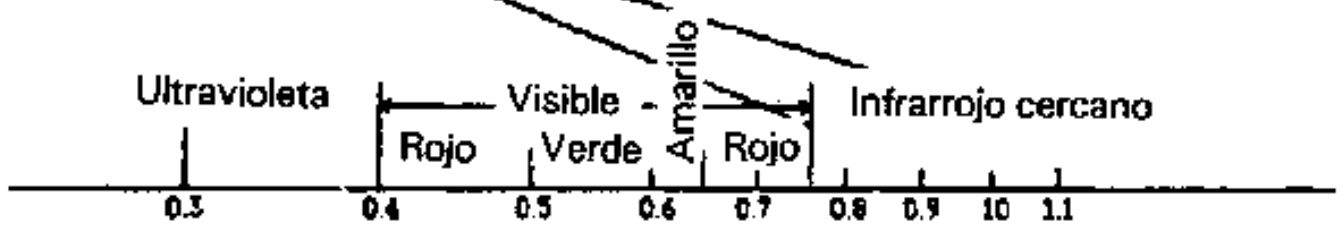
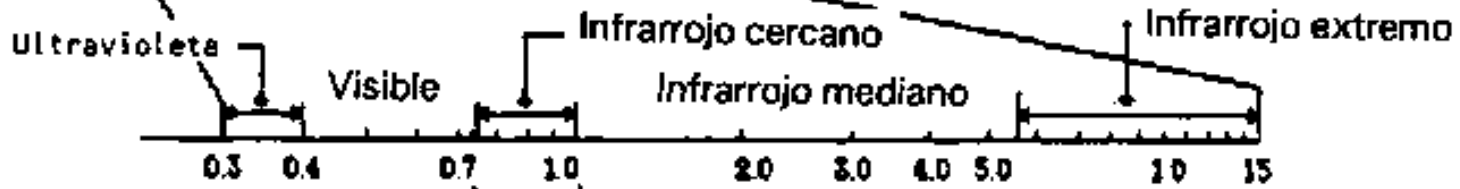
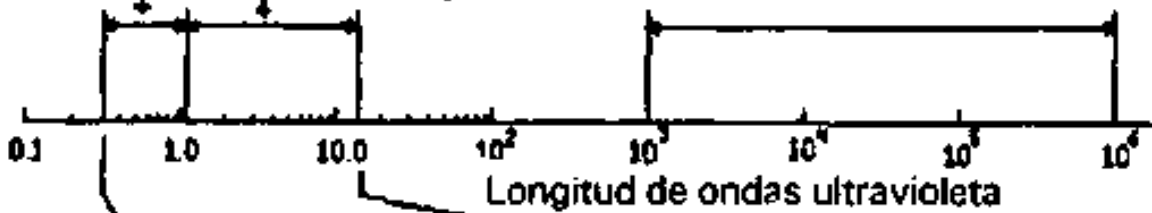
- Alexander, R., et al. "Applying Digital Cartographic and Geographic Information Systems Technology and Products to the National Earthquake Hazards Reduction Program." Final Report Atlas, Appendix B to Research Project RMMC 86-1 in Proceedings of Conference XXXVIII: A Workshop on "Earthquake Hazards Along the Wasatch Front. Utah," Salt Lake City, Utah, May 14-16,1886, Open File Report 87-154 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1987).
- Berry, J.K. "Learning Computer Assisted Map Analysis" in Geographic Information Systems Report, Part III (October 1986), pp. 39-43.
- Burrough, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment (Oxford: Clarendon Press, 1986).
- Carstensen, L.W. "Developing Regional Land Information Systems: Relational Databases and/or Geographic Information Systems" in Surveying and Mapping, vol. 46, no.1 (March 1986).
- Chambers, D. "Overview of GIS Database Design" in GIS Trends, ARC News Spring 1989. (Redlands, California: Environmental Systems Research Institute 1989).
- Devine, H.A.. and Field, R.C. "The Gist of GIS" in Journal of Forestry (1986).
- Fox, J., and Chow. J. Geographic Information Systems for Rural Development: Appropriate Technology or White Elephant? (Honolulu, Hawaii: Environment and Policy Institute, 1988).
- Frank, A. "Integrating Mechanisms for Storage and Retrieval of Land Data" in Surveying and Mapping, vol. 46, no. 2 (June 1986), pp. 107-121.
- GIS World. "The 1988 GIS Software Survey" in GIS World vol. 1, no. 1 (Fort Collins, Colorado, 1988).
- Rojas, E., et al. "Land Conservation in Developing Countries: Computer Assisted Studies in Saint Lucia" in Ambio, vol. 17, no. 4 (1988), pp. 282-288.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). Geographic Information Systems (GIS) Guidelines Document. (Washington, D.C: EPA, 1988).
- White, M.S., Jr. "Technical Requirements and Standards for a Multipurpose Geographic Data System" in The American Cartographer, vol. 11, no. 1 (1984),pp. 15-26.
- Zwart, P. "User Requirements in Land Information System Design-Some Research Issues" in Surveying and Mapping, vol. 46, no. 2 (1986), pp. 123-130.



Longitud de ondas
ópticas

Longitud de ondas
infrarrojo

Micro-ondas





Capítulo 6. Cartografía de peligros múltiples

[A. Beneficios de la cartografía de peligros múltiples](#)

[B. Preparación de mapas de peligros múltiples](#)

[C. Formato del mapa](#)

[D. Otras formas de información sobre peligros múltiples](#)

[E. Limitaciones](#)

[Conclusiones](#)

[Referencias](#)

RESUMEN

Este capítulo presenta el concepto de la cartografía de peligros múltiples. Describe los beneficios comparativos del uso de mapas de peligros múltiples frente al uso de mapas de peligros individuales y explica la preparación y uso de tales mapas.

Cuando un área está expuesta a más de un peligro, un mapa de peligros múltiples (MPM) ayuda al equipo de planificación a analizarlos todos respecto a la vulnerabilidad y el riesgo. Facilitando la interpretación de información sobre peligros, se aumenta la probabilidad de que la información sea usada en el proceso de toma de decisiones. El MPM puede ser de gran valor bien en la planificación de nuevos proyectos de desarrollo, bien en la incorporación de técnicas para reducción de peligros dentro de la actividad de desarrollo existente.

En este capítulo se discute el MPM, principalmente en relación con su uso dentro de estudios de planificación para el desarrollo integrado.

A. Beneficios de la cartografía de peligros múltiples

El propósito principal del MPM es presentar la información relacionada con diferentes peligros para un área en estudio en un sólo mapa, ofreciendo un cuadro compuesto de los peligros naturales de diferentes magnitudes así como de su frecuencia y área de impacto. Un MPM también puede ser descrito como un mapa de peligro "compuesto", "sintetizado", y "sobrepuesto". Una área determinada puede sufrir la presencia de varios peligros naturales. (La Figura 6-1 es una tabulación de fenómenos naturales que pueden ser considerados para su inclusión en tales mapas). Usar mapas individuales para dar a conocer la información sobre cada peligro, puede conllevar cierta complicación, confundiendo a los planificadores y a quienes toman decisiones, tanto por el número de mapas como por sus posibles diferencias en área

cubierta, escalas y detalle.

Muchos peligros naturales pueden ser causados por un mismo evento natural. El mecanismo que origina el evento puede interconectar varios peligros y se le puede identificar más fácilmente mediante el uso de un MPM. Las características del fenómeno natural y sus mecanismos de gatillo son sintetizados a partir de diferentes fuentes y presentados en un solo mapa.

Adicionalmente, los efectos y el impacto de un solo evento peligroso, como volcanes o terremotos, incluyen diferentes tipos de impactos, cada cual de diferente severidad y afectando localidades diferentes.

El MPM es un medio excelente para crear conciencia respecto a la mitigación de peligros múltiples. Resulta ser una herramienta analítica total para evaluar la vulnerabilidad y el riesgo, especialmente cuando se combina con la cartografía de instalaciones críticas, como se discute en el Capítulo 7.

La adopción de una estrategia de mitigación de peligros múltiples también tiene implicaciones sobre la planificación de preparativos para emergencias. Por ejemplo: proporciona una base más equitativa para asignar fondos a la planificación de desastre; estimula el uso de procedimientos de emergencia en materia de preparación, respuesta y recuperación, que sean más eficientes e integrados; y, promueve la creación de acuerdos cooperativos para involucrar a todas las agencias relevantes y grupos interesados. Debe enfatizarse que el MPM no tiene que ver con las necesidades específicas de lugar y peligro, para lo referente al diseño de ingeniería del proyecto.

El uso efectivo de la información sobre peligros naturales para evitar daños, o para reducir pérdidas, requiere un esfuerzo considerable por parte tanto de los generadores como de los usuarios de la información. A no ser que la información científica y de ingeniería sea "traducida" para el hombre común y corriente, la comunidad efectiva de usuarios estará compuesta sólo por otros científicos e ingenieros. Si los usuarios no llegan a ser capaces de interpretar y aplicar la información técnica, tal información probablemente será mal usada o dejada de lado en el proceso de planificación para el desarrollo. Los estudios de Kockelman (1975, 1976, 1979) sobre el uso de la información de Ciencias de la Tierra por ciudad, provincia, y región, por planificadores urbanos, provinciales y regionales, y por quienes toman decisiones en la región de la Bahía de San Francisco de los Estados Unidos, demuestran que el uso más efectivo de la información de peligros se logra con mapas que muestren claramente la probabilidad de ocurrencia, su lugar y severidad. Aún más, la reducción de peligros es más factible cuando las entidades cuentan con personal científico o de ingeniería. Sus conocimientos permiten el uso más amplio de la información técnica, y las agencias pueden interpretar mejor la información para sus propios fines.

Figura 6-1
EJEMPLOS DE FENOMENOS NATURALES QUE PUEDEN SER PELIGROSOS

Atmosféricos	Hidrológicos	Sísmicos
Granizo	Inundación costera	Ruptura de fallas
Huracanes	Desertificación	Sacudimiento del terreno
Tormentas eléctricas	Sequía	Esparcimiento lateral
Rayos	Erosión	Licuefacción
Tomados	Inundaciones de ríos	Seiches

Tormentas tropicales	Inundaciones por mareas de tormenta	Tsunamis
Volcánicos	Otros Geológicos	Incendios
Caída de cenizas	Avalanchas de derrubios	Arbustos
Gases	Suelos expansivos	Bosques
Flujos de lava	Caída de rocas	Sabanas
Proyectiles y explosiones laterales	Deslizamientos submarinos subsidencia	Conflagración urbana
Flujos piroclásticos		
Tefra (cenizas, escoria, lapilli)		

B. Preparación de mapas de peligros múltiples

[1. Información traducida](#)

[2. Fuentes y recopilación de información](#)

[3. Cronograma](#)

Un prerrequisito para la recopilación de información sobre peligros individuales y su presentación gráfica, es obtener o crear un mapa base sobre el cual colocar la información. Las características y ejemplos de los mapas base son discutidas en la próxima sección, que trata sobre el formato de mapas. El mapa base usualmente se selecciona durante la misión preliminar; el equipo sólo necesita seleccionar una escala adecuada para el área de estudio. Este mapa inicial también puede servir como índice para mapas de peligros más detallados. Se pueden usar varios mapas base, a diferentes escalas, según sean el área o áreas de estudio final y la escala predominante de los mapas individuales de peligros. El mapa más detallado de un peligro individual puede ser seleccionado como mapa base si es que proporciona una orientación geográfica adecuada. El mapa base usado para un MPM puede ser el mismo que el usado para el mapa de instalaciones críticas que se describe en el capítulo 7.

1. Información traducida

Mucha de la información sobre peligros se encontrará en la forma de trabajos científicos sobre el proceso y la predicción de un evento potencialmente peligroso y de observaciones del impacto de eventos anteriores (Du Bois, 1985), tales como inventarios de volcanes y registros de elevaciones máximas de inundaciones. Frecuentemente se encuentran mapas en formatos diferentes. Esta información, si bien es un prerrequisito para un MPM, no es fácilmente comprendida por todos: tiene que ser "traducida" y colocada sobre mapas para los planificadores y quienes toman las decisiones.

Una traducción útil tiene que ser presentada en un formato que sea comprensible por el equipo de planificación. Aún más importante: la información debe ser percibida como la explicación de un peligro que puede afectar adversamente la vida, la propiedad o las actividades socio-económicas. Esto se puede lograr proporcionando tres elementos - ubicación, probabilidad de ocurrencia (frecuencia o períodos de retorno) y severidad. Un planificador o una persona responsable de la toma de decisiones, evaluando un

uso de tierras específico, una estructura o una actividad socioeconómica, generalmente no está interesado en un evento potencial cuya (1) ocurrencia no se espera hasta dentro de un tiempo muy largo, (2) cuya ubicación no es conocida, o (3) cuyo tamaño o efecto no es muy grande. Estos elementos varían de acuerdo con el fenómeno, por ejemplo:

- Las áreas costeras anualmente expuestas a vientos de determinada velocidad y a inundaciones por mareas de tormentas con alcances específicos.
- Las llanuras y rutas de inundación que serán impactadas por velocidades específicas y alturas de agua debido a precipitaciones cuya duración e intensidad tienen un intervalo de recurrencia de cincuenta años.
- Las zonas de rupturas de fallas, materiales geológicos licuables y áreas susceptibles a deslizamientos de tierra que tienen un desplazamiento vertical u horizontal significativo, asociado a un supuesto sismo de magnitud específica con probabilidad de ocurrencia en un período de uno o doscientos años.

BENEFICIOS DE LA CARTOGRAFIA DE PELIGROS MULTIPLES

- Un enfoque más conciso de los efectos e impactos de los fenómenos naturales sobre una área particular, es posible durante las primeras etapas de la planificación.
- Muchos peligros, y el mecanismo de gatillo de cada cual, pueden ser vistos al mismo tiempo. Se pueden recomendar técnicas comunes de reducción o mitigación para la misma porción del área de estudio.
- Información inadecuada o faltante del peligro (ubicación, severidad o frecuencia) puede ser más fácilmente identificada.
- Una área de estudio o una sub-área puede ser expandida, reducida o eliminada.
- Las áreas de estudio pueden ser divididas en sub-áreas que requieran más información, evaluaciones adicionales, o técnicas específicas de reducción.
- Son posibles evaluaciones más realistas de los riesgos a) nuevo desarrollo
- Las técnicas adecuadas para la reducción de peligros pueden ser más fácilmente incorporadas durante la formulación del proyecto de inversión.
- La selección de usos adecuados de la tierra puede resultar más racional.

La figura 6-2 ilustra el tipo de información que se necesita. Puede que no se encuentre los tres elementos para todos los peligros. En la compilación de un MPM es de igual importancia saber lo que falta. Se puede buscar o producir información adicional pero, por lo menos, aquellas decisiones sobre desarrollo e inversión basadas en información inadecuada, deben ser anotadas.

También es importante distinguir entre un peligro definido como no presente y otro cuya presencia no puede ser adecuadamente evaluada debido a información limitada. Por ejemplo, un enfoque conservador del desarrollo, debido a información "no adecuada" del peligro, puede resultar ser contraproducente con el correr del tiempo. Si la respuesta del planificador o de quien toma la decisión respecto a un peligro potencial "exagerado", es descartar el área o recomendar un diseño resistente muy costoso, se creará un

problema de credibilidad cuando se descubra un peligro potencial "real."

2. Fuentes y recopilación de información

Hay una enorme cantidad de fuentes de información sobre peligros, incluyendo muchas bibliotecas públicas y privadas, oficinas y centros de referencia a nivel internacional, nacional, regional y de comunidades. Estas entidades pueden estar preocupadas con la infraestructura, instalaciones comunitarias, desarrollo económico, exploración de recursos, planificación para uso de tierras, preparativos para emergencias, estudios geotécnicos, respuesta a desastres, y muchas otras actividades. A veces estas fuentes coordinan la recopilación de información sobre peligros, pero no siempre se puede aspirar a ello. Muchos usuarios de la información para la planificación del desarrollo, son también los que consiguen la información sobre peligros naturales. Tinsley y Hollander (1984) han compilado una lista de agencias gubernamentales de ciencias de la tierra y han seleccionado las principales organizaciones internacionales cuyas funciones son similares a las del U.S. Geological Survey.

Se puede inferir alguna información de peligros de la información fotográfica, topográfica, geológica, hidrológica, climatológica y de suelos ya existentes para regiones pobladas. El Capítulo 10 de este manual, sobre cartografía de peligro de deslizamientos, sugiere que las autoridades locales responsables de obras públicas, actividades de selvicultura y agrícolas, son valiosas fuentes de información dada su familiaridad con problemas en el pasado.

La Organización de Estados Americanos (1969) en su libro de casos de investigaciones de recursos físicos para el desarrollo ambiental, presenta sugerencias para obtener información sobre peligros. Estas incluyen los estudios existentes sobre recursos; fotografía aérea; reconocimiento personal; estudios exploratorios, de reconocimiento, semidetallados y detallados; cartografía en base a la fotografía aérea, ortofotos y la fotogrametría; estudios geológicos; estudios de inundaciones y estudios de erosión de suelos.

La información de peligros también puede ser obtenida de datos de sensoramiento remoto (Ver capítulo 4). Varias fuentes de información sobre inundaciones, desertificación, terremotos, deslizamientos y otros peligros naturales están consignadas en el Apéndice A y en los Capítulos 8 al 12.

CARACTERISTICAS DE INFORMACION QUE SE NECESITA PARA EVALUAR FENOMENOS NATURALES

- Ubicación
- Probabilidad de ocurrencia
- Severidad

Figura 6-2

EJEMPLOS DE LOS TIPOS DE INFORMACION QUE SE NECESITAN PARA EVALUAR EL POTENCIAL DE PELIGRO DE LOS FENOMENOS NATURALES

	TERREMOTOS	DESLIZAMIENTOS DE TIERRA	HURACANES	INUNDACIONES DE RIOS

UBICACION	Epicentros Formaciones geológicas	Inventarios Formaciones geológicas Pendiente	Desprendimiento de tierras Trayectoria	Canal Trayecto de inundación Llanura de inundación Elevación
SEVERIDAD	Intensidad Magnitud Aceleración Desplazamiento	Velocidad Desplazamiento	Velocidad del viento Precipitación	Volumen Velocidad Tasa de crecidas
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	Intervalo de recurrencia Velocidades de desplazamiento Sismicidad histórica	Recurrencia de terremotos Regímenes de precipitación Velocidad de destrucción de bordes	Ocurrencia histórica	Períodos de retorno históricos Registros de inundaciones Evento de diseño

Tal como se describe en el recuadro más adelante, la recopilación de información de estas diversas fuentes incluye cuatro pasos: colección, evaluación, selección y combinación.

La visión general de los peligros naturales, por Bender (1986), en relación con el proyecto de St. Kitts y Nevis, ofrece el ejemplo de una evaluación preliminar de información de peligros disponible, basada en datos que se encontraban a mano. El estudio Santiago-Mira (OEA, 1984a) demuestra la importancia de obtener una imagen "rápida de los problemas de desarrollo de la región. Esto significa enviar a un 'hombre de avanzada' al área de estudio para determinar los principales problemas e identificar técnicos locales experimentados".

El Capítulo 10 incluye recomendaciones que son aplicables a todos los peligros, no sólo a los deslizamientos de tierra: consulta inicial con técnicos especialistas, identificación de peligros al comienzo del proceso de planificación, así como revisión inicial del tipo y contenido de la información disponible. Debido al costo y al tiempo que se necesitan para recopilar información para un MPM, se debe dar seria consideración a la colaboración con otros usuarios.

3. Cronograma

La recolección de información general sobre peligros comenzó hace muchos años como parte de programas de las agencias de asistencia para el desarrollo. Dentro de los procedimientos en vigencia para proyectos de la OEA, la recolección de información específica sobre peligros comienza cuando un estado miembro solicita formalmente asistencia técnica y ésta continúa durante el proceso de la planificación para el desarrollo integrado (ver Capítulo 1). El envío de un equipo de dos personas al campo por dos semanas, para un rápido esfuerzo de recolección de datos, representa un método de poco costo relativo para iniciar la colección de información específica sobre peligros naturales (OEA, 1984a).

RECOPIACION DE INFORMACION SOBRE PELIGROS MULTIPLES

- Recolección de mapas base e información apropiada de peligros, de las diversas fuentes Identificadas en este libro.
- Evaluación de la homogeneidad, exactitud y totalidad de la información - cobertura aérea, detalle, contenido, elementos (probabilidad, ubicación y severidad), formato y símbolos.
- Selección del mapa base y la escala a ser usada, los peligros que han de mostrarse y los símbolos para presentar esos peligros.
- Combinación de la información de peligros individuales determinados, en un MPM de manera exacta clara y conveniente.

Durante la misión preliminar, la recolección de información de peligros se puede lograr mediante:

- Estudios de campo y "sobrevuelos" del área de estudio, contactando funcionarios locales y líderes de la comunidad.
- Manteniendo contacto con funcionarios nacionales de planificación idóneos.
- "Discusiones" con contrapartes nacionales.
- Uso de personal propio o consultores experimentados para obtener una visión general.
- Determinación de la disponibilidad de datos existentes.

Durante las siguientes etapas del estudio, se debe enfatizar los criterios generales para la recolección de datos:

- Tratar de lograr el mismo nivel de detalle.
- Contestar a las preguntas específicas sobre problemas de desarrollo.
- Solicitar la colaboración de instituciones nacionales como fuente.
- Recabar la experiencia de prácticas locales.
- Identificar ideas de proyectos (o técnicas de mitigación).
- Solicitar la colaboración de universidades e instituciones locales de investigación.
- Mantener las descripciones en mínimo y dar énfasis al análisis.

C. Formato del mapa

- [1. Mapa base](#)
- [2. Escala y cobertura](#)
- [3. Peligros a ser incluidos](#)
- [4. Tipos de símbolos](#)

Los mapas son la manera más efectiva de presentar la ubicación presente y relativa. Los mapas, simplemente, pueden ser definidos como representaciones geográficas planas de información mediante el

uso de símbolos. Una buena introducción a los tipos y contenidos de mapas, sobreposición de datos y extracciones, y cartografía de uso de tierras y cobertura de tierras, puede encontrarse en el *Coastal Mapping Handbook* (Ellis, 1978). Tales aproximaciones ayudan a que el MPM no sólo indique la existencia de peligros naturales, sino a que también muestre su ubicación, severidad y probabilidad de ocurrencia de manera exacta, clara y conveniente.

El área cubierta, escala, detalle, peligros que se muestran, y el formato de un MPM pueden variar considerablemente:

- Mundo: 1:30.000.000
- Continente: 1:5.000.000, 1:2.000.000
- Región: 1:500.000, 1:200.000, 1:96.000, 1:50.000
- Comunidad o asentamiento: 1: 24.000, 1:12.000
- Sitios de construcción: 1:10.000, 1:2.500

Se ha dicho que la utilidad de un mapa está en sus omisiones. Exceptuando la información de orientación (camino, ríos, líneas de costa, nombres de localidades) el mapa debe ser tan simple y sin detalles como sea posible. Se debe resaltar la información sobre peligros naturales.

La discusión de los aspectos importantes del MPM se encuentra a continuación: mapa base, escala y cobertura, peligros a mostrarse, y tipos de símbolos que se deben usar. Se hace referencia a nueve ejemplos (Figuras 6-3 a 6-11) que podrían parecer engañosamente sencillos. Dos están a color, uno es generado por computadora, uno muestra sólo dos peligros mientras otros muestran muchos, algunos son evidentes por sí solos mientras que otros están acompañados por extensas explicaciones.

1. Mapa base

Producir un mapa base desde cero es una tarea difícil y que consume mucho tiempo; por lo tanto, es deseable usar un mapa existente o una fotografía controlada como base. Un mapa base adecuado debe ser planimétrico, es decir, con representación de la información sobre un plano, con relaciones geográficas reales y distancias horizontales mensurables; también debe tener suficiente información de referencia geográfica para orientar al usuario hacia la ubicación del peligro. La parte superior del mapa está generalmente orientada hacia el norte, pero no siempre es así. Por lo tanto, la inclusión de la flecha "Norte" es mandatoria en cada mapa.

La discusión de sistemas de referencia geográfica tales como longitud y latitud que indican las coordenadas del plano, o los sistemas de una grilla Universal Transverse Mercator (UTM), está más allá de los alcances de este capítulo. Muchas diferentes proyecciones son adecuadas y una indicación de la proyección usada para el mapa, así como un pequeño mapa insertado que muestre la ubicación del área de estudio, son instrumentos de mucha ayuda.

Las figuras 6-3 hasta 6-11 son todas mapas planimétricos y cada cual tiene suficiente información de referencia respecto a la escala y el área cubierta. Por ejemplo, el mapa del mundo (Figura 6-3) muestra fronteras nacionales y las principales ciudades; otros mapas muestran carreteras y ríos; algunos muestran nombres locales de las calles y los linderos de zonas de construcción (Figura 6-11).

Ocasionalmente se tiene a disposición un mapa base que muestre la hipsografía, es decir, las elevaciones del terreno sobre el nivel del mar (Figura 6-9). Estos mapas a veces son llamados mapas "topográficos" o "de curvas de nivel". La información sobre la elevación y las curvas de nivel puede ser interpretada para

presentar la ubicación y la severidad de inundaciones, deslizamientos, ruptura de fallas, huracanes y otros peligros potenciales. Los mapas catastrales (linderos de propiedades) pueden ser excelentes mapas base, aunque frecuentemente se encuentran a mayor escala que la necesaria para la planificación del desarrollo regional. Las fotografías aéreas controladas, foto-mapas imágenes de radar, y fotografías de satélites también pueden ser utilizadas como mapas base.

2. Escala y cobertura

La escala del mapa es la medida de reducción en tamaño de las dimensiones reales mostradas en él. La escala puede ser expresada como una proporción entre las distancias sobre el mapa y la distancia real. Por ejemplo, la escala de la Figura 6-5 es 1:500.000 lo cual significa que un centímetro sobre el mapa es igual a 500.000 centímetros (o sea 5.000 metros o 5 kilómetros) en el terreno. Los mapas a gran escala muestran menos detalle para una área grande.

Las escalas más grandes son más comunes para la planificación del desarrollo regional (1:500.000 hasta 1:50.000; Figuras 6-5 a 6-9), y para los planos de desarrollo comunal (1:24.000a 1:12.000; Figuras 6-10 y 1-11). No hay escala mejor que la otra pero algunas son más apropiadas que otras para satisfacer los requerimientos de la planificación.

La escala usada para un MPM depende no sólo de la información de peligros que se debe mostrar, sino también de la escala del mapa base. Si hay como escoger entre escalas, entonces los siguientes factores son importantes para la elección adecuada en relación con los peligros a ser considerados:

- Número de peligros.
- Elementos del peligro.
- Rango de la severidad relativa de los peligros.
- Área a ser cubierta.
- Uso del mapa conjuntamente con otros documentos de planificación.
- Función del mapa; por ejemplo, si ha de ser un mapa índice o un mapa de detalle.

Frecuentemente los mapas de peligros individuales a ser usados están hechos a escalas distintas. Esto podría hacer necesaria la ampliación o reducción de la escala del mapa base seleccionado. El uso de métodos fotográficos controlados, o de cartografía computarizada, hace que este proceso sea fácil y exacto.

3. Peligros a ser incluidos

Se puede mostrar peligros en diverso número, de acuerdo con la escala, símbolos y cobertura escogida. Sobre una hoja topográfica del mapa base (Figura 6-9) sólo se muestran los peligros de inundaciones y deslizamientos. En un mapa de 5 hojas (Figura 6-10) se muestran varios peligros y trece zonas de material geológico. Esta copiosa información de peligros es luego suplementada con dos hojas de explicaciones. Para evitar demasiada concentración de datos, los peligros pueden ser combinados manualmente (Figura 6-8), o con computadora (Figura 6-7), y en zonas regulatorias (Ver Capítulo 7).

4. Tipos de símbolos

Todo lo que se muestra sobre un MPM, así como el mapa base, son símbolos representativos de la realidad. Los símbolos son seleccionados por su legibilidad y claridad o por las características de producción del mapa; por ejemplo, artísticos (Figura 6-3), numéricos (Figura 6-4 y 6-10) convencionales (Figuras 6-5 y 6-6), impresos por computadora (Figura 6-7), innovativos (Figura 6-8), por su semejanza a inundaciones (Figura 6-9), o por simplificar reglamentaciones (Figura 6-11).

Algunos símbolos pueden dar un sentido del peligro; otros son totalmente abstractos (peligros costeros en Figura 6-8). Algunos símbolos representan combinaciones derivadas de los peligros (un índice de problemas geológicos en la Figura 6-7) o peligros combinados para facilidad de su lectura (ver Capítulo 7).

La probabilidad de ocurrencia o frecuencia se puede mostrar por isolíneas para representar el número de tormentas eléctricas por año (Figura 6-3) o para separar áreas de frecuencia de deslizamientos (Figura 6-9).

Figura 6-3: MAPA MUNDIAL DE PELIGROS NATURALES

Fuente: Munchener Ruckversicherungs-Gesellschaft- World Map of Natural Hazards, escala 1:30.000.000. (Munich, Federal Republic of Germany, 1978). Permiso para publicar.

Figura 6-4: MAPA DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS DE AMERICA DEL SUR

Fuente: Adaptado del Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Maximum Intensity Map of South America. (Santiago, Chile: CERESIS, 1985).

Figura 6-5: MAPA DE PELIGROS NATURALES DEL CHACO PARAGUAYO

Fuente: Adaptado de OEA. Proyecto de Desarrollo Urbano Paraguayo, Mapa de Riesgos Naturales del Chaco Paraguayo, Area de Programa 4-C (Washington, D.C.: Organization of American States, 1985). y ciclones por año (Figura 6-3), y el número de inundaciones en 100 años (Figura 6-9).

Se han usado áreas para mostrar la máxima intensidad sísmica en 50 años, el número de tormentas y ciclones por año (Figura 6-3), y el número de inundaciones en 100 años (Figura 6-9).

La ubicación se puede mostrar mediante el uso de símbolos geométricos básicos - punto, línea, o área. Por ejemplo, se han usado puntos para mostrar los tornados y volcanes (Figura 6-3); líneas para mostrar las trayectorias más usuales de tempestades tropicales (Figura 6-3), ruptura de fallas (Figuras 6-10 y 6-11), o tsunamis (Figura 6-3); y áreas para mostrar zonas de inundación, deslizamientos o erosión (Figuras 6-5 y 6-6).

Los puntos pueden ser utilizados para mostrar la severidad, pero para ello se usan líneas con mayor frecuencia. Así, por ejemplo, para mostrar iguales números de ventarrones invernales (Figura 6-3), la relativa severidad de peligros costeros (Figura 6-11) o la erosión costera (Figura 6-10). Se han usado áreas para indicar severidad, como por ejemplo la máxima intensidad sísmica (Figura 6-4) o una combinación de peligros (Figura 6-7). Además, se pueden usar áreas para mostrar los requerimientos o recomendaciones para estudios posteriores, por ejemplo, investigaciones en sitio para determinar la localización de ruptura de fallas (Figura 6-11), o investigaciones geotécnicas previas al desarrollo (ver

Capítulo 7).

Hay innumerables variantes de puntos, líneas y áreas que se usan para producir un MPM. Las líneas pueden ser sólidas, entrecortadas, punto y raya o de puntos y marcas de interrogación, tal como se usa convencionalmente para graficar fallas inferidas (ver Figura 6-10 y Capítulo 7). Las áreas pueden ser sombreadas (Figura 6-4 y 6-11), achuradas (Figuras 6-5, 6-6 y 6-7), coloreadas (Figuras 6-3 y 6-4), o achuradas y coloreadas (ver Capítulo 7). Se pueden ver ejemplos de las diversas representaciones de puntos, líneas y áreas en la Figura 6-11. Una discusión detallada de diseño gráfico se encuentra en Robinson, Sale y Morrison (1978).

D. Otras formas de información sobre peligros múltiples

-
- [1. Corte transversal de los efectos](#)
 - [2. Fotografías de daños](#)
 - [3. Atlas de peligros](#)
 - [4. Plan para reducción de peligros](#)
 - [5. Análisis de capacidad del terreno](#)
 - [6. Un solo evento con peligros múltiples](#)
 - [7. Serie de mapas en franjas de terreno](#)
 - [8. Foto mapas](#)
 - [9. Sistemas de información geográfica](#)
 - [10. Información procesada por computadora](#)
-

Las anteriores discusiones y ejemplos sólo se han referido a una de las formas del MPM, principalmente el mapa planimétrico de una hoja, combinando varios peligros con leyendas relativamente simples. Esta forma de MPM puede no ser siempre la más adecuada. Otras formas de información sobre peligros múltiples pueden proporcionar mayor cobertura, más detalle, o más peligros. Algunas veces la información que ayuda a tomar una decisión sobre el desarrollo o inversión ya existe, por ejemplo, estimados de costos, evidencia gráfica de daños o sugerencias sobre reducción de peligro. La información también puede estar a disposición en forma procesada o susceptible de ser procesada por computadora. A continuación se encuentra ejemplos de algunas de estas otras formas:

1. Corte transversal de los efectos

Una forma de mostrar la severidad es el corte transversal (sección) de un área afectada. Sin embargo, para que sea útil a los planificadores y quienes toman decisiones, debe estar acompañado de un mapa planimétrico que muestre la extensión del área en peligro. Por ejemplo, los efectos geológicos de rupturas de fallas, el sacudimiento del terreno, inundaciones por tsunamis, licuefacción y deslizamientos, fueron pronosticados para una recurrencia de un terremoto de magnitud 6,5. Se muestran los peligros en hojas de un mapa a escala regional (1:125.000) y se indica la severidad mediante un corte transversal (Figura 6-12) a escala de 1:150.000, en Borchardt (1975).

2. Fotografías de daños

El uso de fotografías del daño real es una técnica excelente para transmitir la percepción general de los efectos de los peligros. También se las puede usar para ilustrar los efectos específicos de fenómenos peligrosos. Por ejemplo, Hays (1981) hace uso de fotografías de edificios severamente dañados por inundaciones, huracanes, deslizamientos y subsidencia en los Estados Unidos. Zione (1985) hace uso de fotografías de estructuras tales como hospitales, pasos a desnivel, plantas eléctricas y presas que fueron severamente dañadas por diversos efectos sísmicos - sacudimiento del terreno, ruptura de fallas, licuefacción, deslizamientos de tierra y tsunamis. Steinbrugge (1982) hace uso de numerosas fotografías de construcciones dañadas, estructuras falladas, y de efectos disruptivos en el uso de edificios por causa de terremotos, deslizamientos, tsunamis y volcanes. Las fotografías del daño verdadero, causado por un tipo específico de evento, pueden ser adecuadas a un MPM para mostrar dónde han ocurrido daños similares.

3. Atlas de peligros

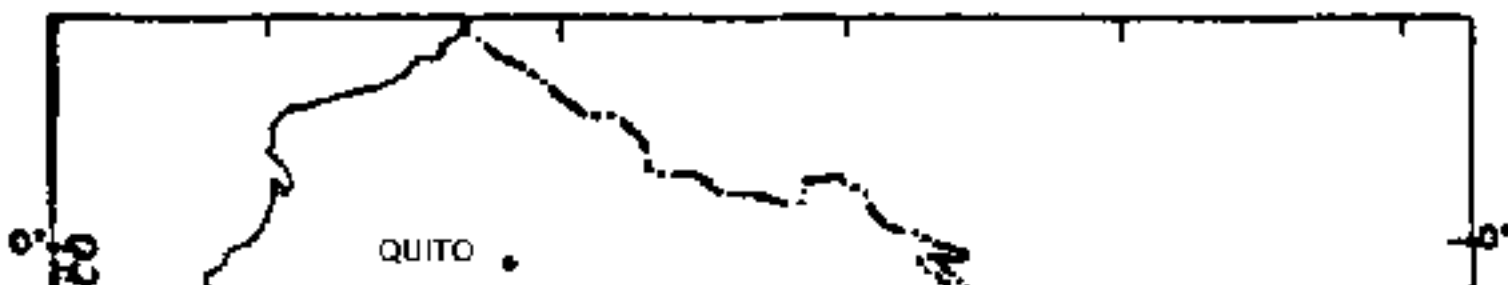
La presentación de diversos peligros en forma de atlas da lugar a mayores oportunidades para los textos, diagramas, fotografías, recomendaciones y referencias. Por ejemplo, los peligros geológicos e hidrológicos causados por fenómenos sísmicos, atmosféricos o volcánicos, son graficados a escalas de aproximadamente 1:20.000.000 o mayores. En el informe de Hays (1981), los mapas están acompañados de diagramas de los procesos, discusiones de las tendencias de pérdidas, fotografías de daños, y técnicas sugeridas de reducción.

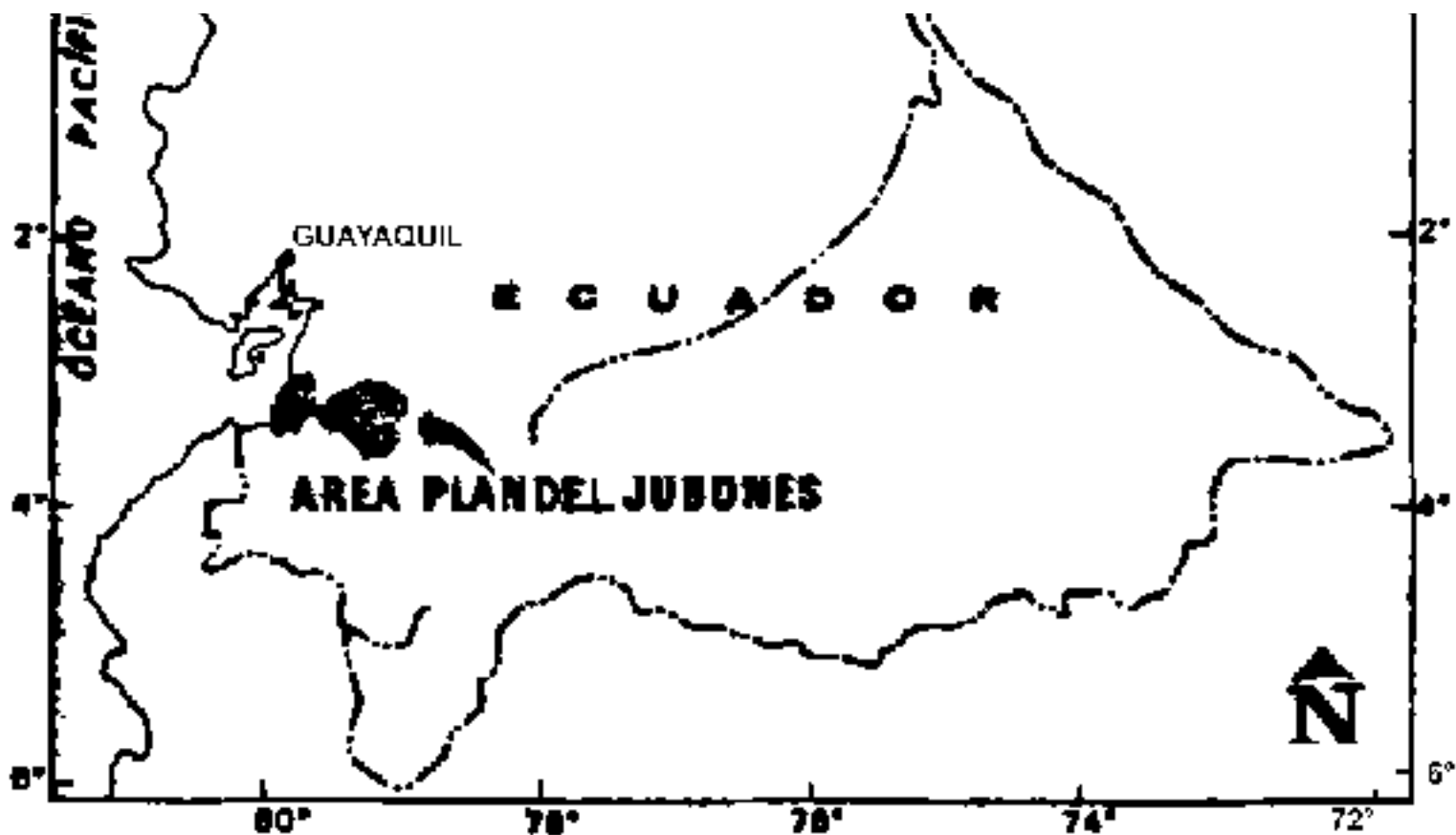
4. Plan para reducción de peligros

A veces la información de peligros múltiples se encuentra en forma de un plan de reducción de peligros que incluye información sobre peligros individuales. Por ejemplo, la naturaleza, magnitud y costos del sacudimiento del terreno y de los peligros de deslizamientos, inundaciones, erosión, suelos expansivos, ruptura de fallas, volcanes, tsunamis y subsidencias (hundimiento) son tratados en un informe de Alfors y otros (1973) para todo un estado. Los mapas de cada peligro, a escala de 1:5.000.000, están acompañados por recomendaciones sobre reducción de pérdidas, que pueden incluir la cartografía de los peligros e investigación sobre sus procesos.

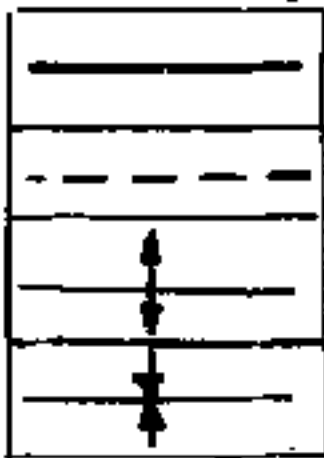
[Figura 6-6: MAPA DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES PARA JUBONES, REPUBLICA DEL ECUADOR \(a\)](#)

Figura 6-6: MAPA DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES PARA JUBONES, REPUBLICA DEL ECUADOR (b)





Leyenda:



Falla

Falla Inferida

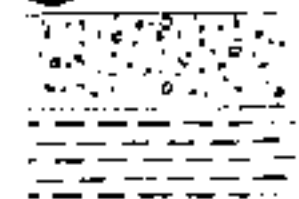
Eje Anticlinal

Eje Sinclinal

5.5

● 5 (1970)

⊙ 0 (1913)



Isolíneas de Intensidad de Terremoto

Intensidad de Terremoto (año)

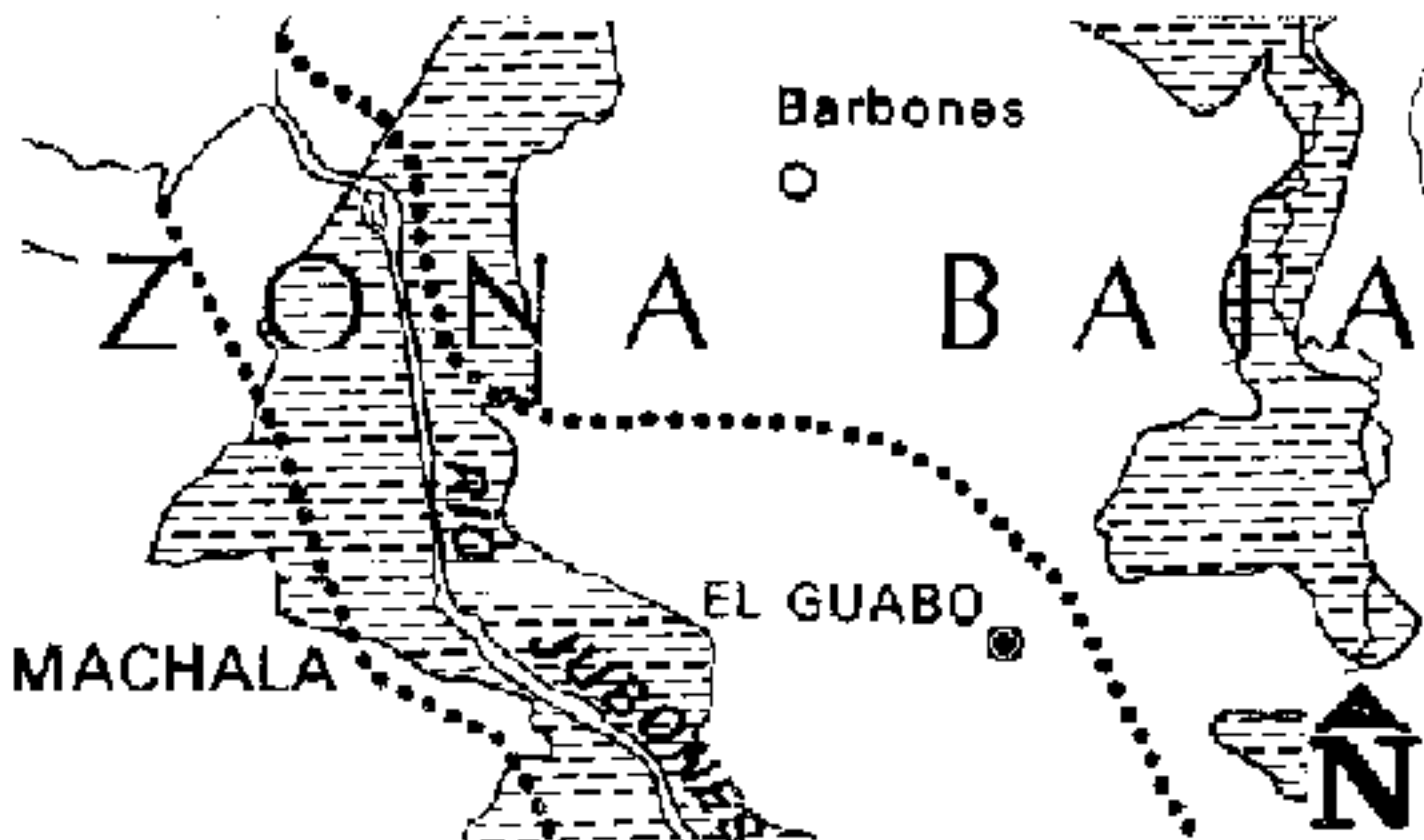
Terremoto Destructivo (año)

Deslizamiento de Tierra

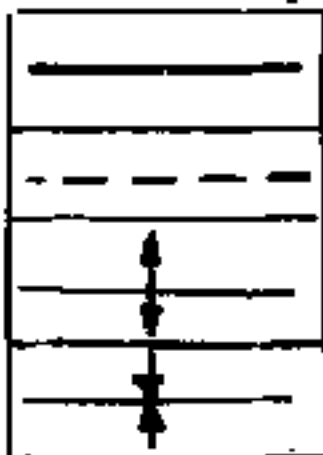
Inundación

Figura 6-6: MAPA DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES PARA

JUBONES, REPUBLICA DEL ECUADOR (c)



Leyenda:



Falla

Falla Inferida

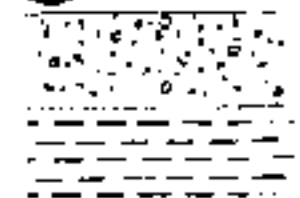
Eje Anticlinal

Eje Sinclinal

5.5

● 5 (1970)

⊙ D (1913)



Isolíneas de Intensidad de Terremoto

Intensidad de Terremoto (año)

Terremoto Destructivo (año)

Deslizamiento de Tierra

Inundación

Fuente: Adaptado de OEA. Plan Hidráulico del Jubones, República del Ecuador, Vol. III, Mapa 3-A12. (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984).

Figura 6-7: UN MAPA GENERADO POR COMPUTADORA RESUMIENDO VARIOS PELIGROS HIDROLOGICOS, SISMICOS Y OTROS PELIGROS GEOLOGICOS - INDICE DE PROBLEMAS GEOLOGICOS (GPI)

Fuente: Adaptado de Santa Barbara County Planning Department. Seismic Safety and Safety Element. (Santa Barbara, California: Santa Barbara County Planning Department, 1979).

Figura 6-8: MAPA DE PELIGROS COSTEROS PARA SANTA LUCIA

Fuente: Adaptado de OAS. Saint Lucia Coastal Hazard Map. (Washington, D.C.: Organization of American States).

Figura 6-9: MAPA DE PELIGROS NATURALES PARA LA REPUBLICA DE HONDURAS

INFORMACION SOBRE PELIGRO DE INUNDACIONES

El área inundable representa aproximadamente una ocurrencia cada 100 años, es decir, en un año dado hay un uno por ciento de probabilidad de que tal evento habrá de ocurrir. La información estuvo basada en datos de Landsat (MSS), mapas ortofotográficos (escala 1:10,000) y observaciones de campo. Ciertas zonas dentro del área no sujeta a inundaciones no han sido demarcadas porque el intervalo de 20 metros para las curvas de nivel, no permite la identificación de los niveles alcanzados por crecidas en la llanura costera.

INFORMACION SOBRE PELIGROS DE DESLIZAMIENTO

Las áreas de ocurrencia frecuente y no frecuente de deslizamientos de tierra están demarcadas con isolíneas punteadas donde los deslizamientos cubren uno por ciento de la superficie. Las áreas con menos del uno por ciento de cobertura son designadas "infrecuente", y las áreas con más del uno por ciento de cobertura son designadas "frecuente".

Fuente: Adaptado de OEA. Proyecto de Desarrollo, Islas de Bahía-Atlántida, República de Honduras, Mapa de Riesgos Naturales (Washington, D.C.: Organization of American States, 1985).

Figura 6-10: MAPA DE SINTESIS DE PELIGROS GEOTECNICOS

Leyenda: La explicación de este mapa es compleja, combinando información sobre peligros geológicos tales como fallamiento, deslizamientos, erosión costera y licuefacción, con información sobre materiales geológicos, mostrada con números en el mapa. Las unidades materiales están aún más subdivididas, tanto por sus características sísmicas como de ingeniería. Por ejemplo, las áreas designadas "2b" están sobre depósitos de abanicos aluviales que van en grado de granulación desde material sedimentario hasta grava, tienen una estabilidad de pendiente entre pobre y regular, un potencial de licuefacción moderado, estabilidad buena a moderada en términos de la intensidad del sacudimiento del terreno durante un sismo de M 7.5-8.3, y tienen buenas propiedades de cimentación.

Fuente: Adaptado de San Mateo County Planning Department and Leighton and Associates. Geotechnical Hazards Synthesis Map (San Mateo County, California: San Mateo Planning

Department and Leighton and Associates, 1974).

INFORMACION SOBRE PELIGROS NATURALES Y SIMBOLOS CORRESPONDIENTES

SÍMBOLO	Terremoto	Huracanes	Inundaciones	Deslizamientos	Volcanes
PUNTO	Lugar del epicentro	Medición de precipitación	Lugar de flujo	Lugar del deslizamiento	Volcán
LINEA	Falla	Trayectoria	Elevación de la inundación	Dirección del deslizamiento	Dirección de flujo de lava, ceniza o gas
AREA	Intensidad sísmica	Inundación por mareas de tormentas	Areas inundable	Area propensa a deslizamientos	Cobertura de ceniza, gas o flujo de lava

5. Análisis de capacidad del terreno

Los costos adicionales requeridos para reducir un peligro (y así eliminar una limitación al desarrollo) pueden ser información fundamental para una agencia financiera o un donante. Por ejemplo, un método de evaluar propuestas para uso de tierras, estimando los costos "sociales" que se atribuyen a características hidrológicas, sísmicas y otras de tipo geológico, está descrito por Laird *et al* (1979) y acompañado por mapas compuestos para una área de demostración (1:125.000). Se calculan los costos en base a técnicas de reducción, probabilidad de daños futuros u oportunidades perdidas. El costo se expresa en dólares corrientes y, por lo tanto, se cuenta con una base común para evaluar y comparar diferentes usos de tierras y diferentes restricciones y recursos. Las restricciones al desarrollo incluyen los sacudimientos del terreno, ruptura de fallas, tsunamis, seiches, deslizamientos, deslizamiento de fallas, avalanchas, inundaciones de ríos, subsidencia, licuefacción, suelos expansivos, erosión y la actividad volcánica. Los recursos incluyen los minerales, materiales de construcción, energía, agua, suelos, y entidades científicas y educacionales.

6. Un solo evento con peligros múltiples

Debe de recordarse que los efectos de un solo evento, como en el caso de volcanes y terremotos, conllevan varios peligros, cada cual de diferente severidad y afectando diferentes localidades. La consideración de un evento, por lo tanto, debe resultar en la evaluación y cartografía de diversos peligros. Las zonas de peligro para flujos de lava, nubes de cenizas, explosiones laterales, y flujos de lodo son graficadas a 1:62.500 para una erupción volcánica potencial, por Miller (1980).

7. Serie de mapas en franjas de terreno

A veces una provincia fisiográfica - terrenos altos, tierras bajas o tierras de costa - es utilizada como base para la cartografía, y se evalúan varios peligros en esa provincia. Por ejemplo, unos mil ochocientos kilómetros de costa del Océano Pacífico son graficados (1:50.000 a 1:100.000) y divididos en tres zonas de peligros, reflejando varias combinaciones de erosión costera-retiro de acantilados, derrumbes, colapso de escarpas, deslizamientos, caída de rocas, ruptura de muros marítimos, derrubio acarreado por olas, flujos de terreno, tsunamis e inundaciones por mareas de tormentas por Griggs and Savoy (1985). (Ver

Capítulo 7).

8. Foto mapas

Las ortofotos, fotografías estereoscópicas y fotografías con alguna información topográfica son de gran valor para un intérprete experimentado. Estos mapas se pueden usar no sólo como mapas base sino también para ubicar con precisión los peligros potenciales. Por ejemplo, en las fotografías se pueden ver los bordes de una llanura de inundación durante crecidas o de los daños causados por tormentas, zonas de ruptura de fallas o los deslizamientos del pasado. Esta información a veces puede ser interpretada para obtener la ubicación y la severidad.

9. Sistemas de información geográfica

La naturaleza y la capacidad de los sistemas de información geográfica (SIG) proporcionan una excelente base para procesar y presentar información en forma de mapas (Bender *et al.*, 1989). Los peligros naturales pueden ser la información procesada y presentada. Por ejemplo, el potencial de licuefacción, la estabilidad relativa de la superficie del terreno durante terremotos, las zonas de inundaciones de 100 y de 500 años, y el potencial de ruptura de superficie, fueron ingresados al SIG partiendo de datos originales a escala de 1:24.000, por Alexander *et al.*, (1987) para demostrar el uso de la tecnología de cartografía digital en la reducción de los peligros naturales. (Ver Capítulo 7).

Figura 6-11: MAPAS CATASTRALES MOSTRANDO LOS PELIGROS GEOLOGICOS Y SISMICOS

Leyenda: El área sombreada muestra una zona donde se requiere de investigación en el sitio, debido a una falla activa o potencialmente activa. Las letras indican peligros específicos que deben ser investigados y evaluados: **Dr**, área de alto potencial de desplazamientos de terreno; **Ds**, área de alto potencial de deslizamientos inducidos por sismo; **E/F**, áreas de potencial bajo a moderado de cualquier tipo de peligro geológico.

Fuente: Adaptado de Santa Clara County Department of Land Development Engineering and Surveying, (San José, California: Santa Clara County of Land Development Engineering and Surveying, 1977).

Figura 6-12: UN CORTE TRANSVERSAL LOS EFECTOS GEOLOGICOS PRONOSTICADOS DE UN TERREMOTO SUPUESTO DE MAGNITUD 6.5 EN LA FALLA DE SAN ANDREAS

Leyenda: La severidad de cada efecto sísmico es cualitativamente indicada por el grosor del subrayado, y cuantificada hasta donde lo permite el estado del arte de zonificación sísmica a escala regional (no se muestra). La severidad de los efectos pronosticados del terremoto, generalmente depende del tipo de material geológico subyacente.

Fuente: Borchardt, R.D. (ed.) Studies for Seismic Zonation of the San Francisco Bay Region, U.S. Geological Survey, Professional Paper 941-A. (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1975).

Figura 6-13: MAPA COMPUTARIZADO MOSTRANDO LA SUSCEPTIBILIDAD AL PELIGRO DE LICUEFACCION

Leyenda: Las áreas blancas y con achurado claro, dentro del área comprendida por el análisis computarizado, indican un grado leve de problemas. Las áreas achuradas, más oscuras, indican un grado moderado de problemas. No se incluyen áreas de problemas graves en el área mostrada.

Fuente: Adaptado de Santa Barbara County Planning Department, Seismic Safety and Safety Elements. (Santa Barbara, California: Santa Barbara County of Planning Department, 1979).

10. Información procesada por computadora

Las técnicas de mapeo realizado por computadora son tratadas en el Capítulo 5. Si hay disponible información precisa sobre peligros (ubicación, severidad y probabilidad de ocurrencia) a una escala apropiada, su procesamiento por computadora puede ser una técnica invaluable. Por ejemplo, diez peligros hidrológicos, sísmicos y de otra naturaleza geológica, fueron evaluados y clasificados de acuerdo con su severidad relativa. La extensión en área y severidad de los peligros fue transferida a mapas base con un cuadrulado de dos hectáreas por cada casilla (cinco acres) y los niveles de peligros individuales fueron codificados para producir mapas computarizados (1:96.000). Cada peligro evaluado fue asignado a una de estos tres niveles - alto, moderado y entre bajo o ninguno - (Figura 6-13). El Departamento de Planificación del Condado de Santa Barbara, California (1979) diseñó un sistema para clasificar los peligros en una determinada área tanto sobre base individual como colectiva, información que luego pudo ser procesada por la computadora.

Los valores índice del problema geológico (IPG) resultantes fueron obtenidos multiplicando cada peligro por un factor de ponderación que tomó en consideración la gravedad del peligro, la dificultad para atenuarlo y la frecuencia de su ocurrencia. El IPG fue calculado para cada casilla de dos hectáreas en las áreas de análisis computarizado y luego fue asignado a la categoría apropiada de severidad y exhibido sobre un mapa computarizado (Figura 6-7). Estos mapas computarizados de IPG reflejan así una adición de los niveles señalados en los mapas de peligros individuales.

E. Limitaciones

-
- [1. Credibilidad](#)
 - [2. Probabilidad, ubicación y severidad](#)
 - [3. Exactitud versus precisión](#)
 - [4. Escala](#)
 - [5. Abuso](#)
 - [6. Síntesis versus detalle](#)
 - [7. Uso de salvedades](#)
-

Este capítulo se limita sólo a ejemplos de MPM; no trata sobre las limitaciones de los mapas de peligros individuales u otra información de peligros transferida al MPM. Las siguientes discusiones están dirigidas no sólo a los usuarios del MPM sino a los autores de los MPM, por tres razones: (1) los autores son usuarios de los mapas de peligros individuales así como de otras informaciones y deben estar

igualmente concientes de sus limitaciones, (2) los autores deben estar concientes de las numerosas oportunidades existentes para el mal uso o interpretación que los usuarios pueden hacer de su producto y (3) los autores deben tratar de indicar algunas salvedades sobre el mismo MPM.

Se debe resaltar el hecho que toda la información sobre peligros que muestra un MPM, junto a la información del mapa base, son solamente símbolos - algunos convencionales, otros abstractos y algunos innovativos. Los usuarios deben leer cuidadosamente las explicaciones (a veces llamadas leyendas), todas las salvedades, y todo el texto complementario que acompaña a un mapa. El autor de un MPM es una persona clave y debe dejar un registro (o archivo) para el usuario del MPM; por ejemplo, fuentes de información utilizadas, escalas ampliadas o reducidas, y limitaciones de la información sobre peligros individuales.

1. Credibilidad

Debe de recalcar el hecho que la información que presenta un MPM es sólo uno de los factores que ha de considerar el planificador o quien toma decisiones. La información debe ser clara, conveniente y no sólo exacta sino que deberá ser percibida como tal. Por ejemplo, el Capítulo 10 incluye una nota de que "la confiabilidad puede ser cuestionada" cuando un mapa sobre peligros de deslizamientos, a escala de 1:50.000, está basado en un mapa del grado de las pendientes, a escala de 1:250.000. La ubicación, severidad y probabilidad de ocurrencia de cada peligro deben ser dadas o, si se las ignora, ello debe ser indicado claramente.

Se debe recordar que la ubicación, diseño y operación de instalaciones críticas futuras, así como el reforzamiento, abandono y operación de instalaciones críticas existentes, se verán afectados si se considera la información que presenta un MPM.

2. Probabilidad, ubicación y severidad

Debido a la naturaleza geográfica de los mapas, el requerimiento de ubicación se satisface pero no necesariamente ocurre lo mismo con la severidad y probabilidad de ocurrencia. El usuario no debe suponer que porque están dadas la severidad y la probabilidad (Figura 6-3) de eventos sísmicos y de tempestades de viento, también están dadas las correspondientes a tsunamis y volcanes; no es así.

Los elementos de probabilidad, ubicación y severidad de determinados peligros naturales pueden ser fácilmente afectados por actividades humanas. Por ejemplo, DeGraff(1985) nota que "es totalmente posible...causar la ocurrencia de una falla importante en una zona de peligro moderado. Asimismo, es posible alterar significativamente un lugar dentro de una zona alta o extrema, sin causar un deslizamiento".

Las zonas con diferentes niveles de severidad de peligro-bajo, moderado o alto - corresponden a peligros relativos, no absolutos. Además, tales niveles no son predictivos, sino que más bien indican una susceptibilidad relativa a la ocurrencia de un peligro. El Capítulo 10 anota que la "susceptibilidad" a deslizamientos sólo identifica áreas, no "cuándo" ha de ocurrir el deslizamiento.

3. Exactitud versus precisión

Un prerrequisito para la exactitud sobre ubicación de información de peligros es la exactitud del mapa base seleccionado. La información sobre peligros, disponible y transferida a un mapa MPM, puede ser exacta, pero el nivel de precisión varía enormemente. Esto no es necesariamente debido a la escala o la resolución, sino al número de investigaciones de campo, a la falta de información, el tipo de experimentos y conocimiento de los procesos involucrados. Por ejemplo, los niveles de severidad en tres zonas costeras que se muestran en la Figura 6-8 para terremotos, volcanes, inundaciones, vientos fuertes, y deslizamientos varían considerablemente cuando se examina la base histórica.

Otro ejemplo es la ubicación de los bordes de las zonas de intensidad sísmica que muestra la Figura 6-4. De acuerdo a Steinbrugge (1982), algunos observadores asignan la intensidad como el máximo en una localidad, mientras que otros asignan un promedio. Obviamente, esto conduce a variaciones en la ubicación de las líneas.

Un tercer ejemplo es el uso de una isolínea o de una isopleta para indicar la probabilidad o frecuencia. El capítulo 10 señala que tal mapa no es un sustituto para indicar un peligro potencial. A veces una alta frecuencia de deslizamientos en el pasado indica mayor probabilidad de futuros deslizamientos; otras veces puede indicar una menor probabilidad de deslizamientos futuros por el hecho de que el área se ha estabilizado.

4. Escala

Obviamente, la escala escogida determina el tamaño del área y la cantidad de información que puede ser presentada o incluida. Sin embargo, la resolución (o exactitud de la ubicación) también es afectada. Por ejemplo, si un mapa a pequeña escala (1:1.000.000) que utiliza un símbolo con líneas que tengan 1 milímetro de ancho para ruptura de fallas trayectoria de tormentas, o demarcación de zonas de peligros es ampliado diez veces (1:100.000), la línea símbolo tendrá un centímetro de ancho. De igual manera la reducción de símbolos, puntos y líneas, puede conducir a disminuir o aún, desaparecer su importancia.

El autor de un MPM debe suponer que en algún momento el mapa será ampliado o reducido. Los títulos del mapa y sus leyendas generalmente no son afectados por ampliaciones o reducciones, pero las escalas literales o numéricas sí lo son. Las escalas literales (un milímetro es igual a cien mil metros) y escalas numéricas 1:100.000 son exactas para el mapa original. Por lo tanto, se debe usar una escala gráfica en cada mapa.

Las superficies esféricas, cuando son presentadas sobre un mapa planimétrico, sólo son exactas en el lugar de contacto del plano con la superficie esférica real; se usan varias técnicas de proyección cartográfica para reducir esta distorsión. La técnica de proyección usada puede ser dada, o se pueden utilizar escalas gráficas variables para alertar a los usuarios (Figura 6-3). De acuerdo con la escala y la exactitud de la información del peligro, esta distorsión puede no ser crucial, particularmente si el mapa base tiene suficiente información geográfica para ubicar los peligros.

5. Abuso

Generalmente es difícil percibir la realidad; esta dificultad aumenta cuando se utilizan mapas. Si se considera un mapa como una realidad, resulta fácil ver los peligros en términos impersonales. La magnitud de los peligros disminuye, las personas son invisibles, las instalaciones críticas u otra información pueden parecer sólo un juego de salón.

Cuando los planificadores y quienes toman decisiones tratan a un mapa como mera simbología y dejan de lado la realidad física que él representa, los resultados pueden ser desastrosos. Por ejemplo, los planificadores para el desarrollo, o los inversionistas, pueden estar tentados de ubicar la infraestructura que se necesita para el desarrollo económico, a lo largo de una línea que parece la más directa y conveniente sobre el mapa. Tal ruta puede estar en zona de ruptura de fallas. Un símbolo con puntos, que represente una población o un número específico de personas, no conlleva información respecto a la base económica de la población o a las características de las personas- edades, nivel de educación, habilidades, sexo o fuentes de ingreso. Confiar en los mapas no es siempre lo mejor; también deben apreciarse sus limitaciones.

Los ejemplos de mal uso de mapas debido a la distorsión vertical y horizontal, densidad de símbolos, colores contrastantes, escalas, o uso de símbolos y colores que tenga poder sugestivo o connotativo, más allá de su rol denotativo, son presentados por Muehrcke (1978).

6. Síntesis versus detalle

Llenar un MPM con símbolos de diversos mapas de peligro individual puede dar la impresión de un estudio más detallado pero, por supuesto, esto no es cierto. Los mapas simplificados de peligros múltiples no sólo crean una mayor percepción acerca de la información que existe, y (más importante aún) de cual es la información que falta. Un MPM no puede sustituir estudios detallados e investigaciones específicas en el sitio. Por ejemplo, el mapa de deslizamientos y de peligro de inundaciones (1:200.000) para la cuenca fluvial del río Jubones, en el Ecuador, llama la atención sobre los peligros que afectarán al sistema de riego. No se lo puede considerar como detalle suficiente para el planeamiento del proyecto, pero si indica dónde se necesitan estudios técnicos a gran escala (1:25.000 a 1:2.500).

7. Uso de salvedades

Las salvedades respecto a las limitaciones del MPM deben aparecer preferiblemente en el mapa, pero también pueden ser incluidas en la memoria que acompaña al mapa. Los métodos usados, los supuestos y otros factores relacionados con los mapas de peligros individuales utilizados para preparar el MPM también pueden ser presentados. A continuación, se da ejemplos de salvedades que se pueden encontrar en el mapa.

- El potencial relativo de presión de expansión de materiales geológicos está presentado como guía; no puede y no debe reemplazar estudios detallados de campo ni investigaciones en laboratorio de presiones de expansión en lugares específicos.
- La relevancia de la información sobre peligros varía de acuerdo con la fecha, calidad y escala de las fotografías aéreas utilizadas para la fotointerpretación y el tipo y la cantidad de

investigaciones de campo.

- Los depósitos de deslizamientos menores de 150 metros en la dimensión más larga, no se muestran debido a que son demasiado pequeños para ser claramente identificados en las fotografías o claramente presentados en el mapa base topográfico.
- La edad de un evento volcánico relativamente bien conocido se basa en un rango de fechas en base a radiocarbón, posición estratigráfica, desarrollo de perfil de suelos, dendro-cronología y otros métodos de aproximación. Los eventos relativamente poco conocidos pueden ser aproximadamente estimados comparando su posición estratigráfica con la posición estratigráfica de eventos bien fechados.
- Algunas zonas de peligro de deslizamientos son adecuadas sólo para propósitos de planificación regional. Sirven como pauta para decidir si los deslizamientos representan un problema para un proyecto de desarrollo e identifican lugares que requieren de medidas correctivas. Las zonas señaladas no tienen intención, ni son adecuadas, para evaluar el peligro de deslizamientos para un lugar específico.
- Los bordes de inundaciones que se dibujan en los mapas interpolando entre los linderos laterales del flujo de lodo en cortes transversales adyacentes, uniendo los contornos topográficos, no son un pronóstico de que la presa de derrubio fallará o que una inundación de flujos de lodo habrá de producirse si fallara el bloqueo.
- La escala del mapa puede impedir ilustrar suficientes detalles como para permitir el uso del mapa para estudios de sitios individualizados. La evaluación del potencial de subsidencia de material geológico en lugares específicos, debe de ser realizada por un especialista de ingeniería.
- Los estudios generales sobre potencial de licuefacción, no sustituyen las evaluaciones en lugares específicos. Los mapas son a pequeña escala e indican áreas generales donde podrían estar presentes materiales susceptibles. Estos mapas son aproximaciones; sin embargo, proporcionan una guía regional para aquellas áreas donde la licuefacción debe ser considerada como un peligro potencial y donde pueden ser necesarias las investigaciones especiales.
- La magnitud del terremoto que se usa, es aquella considerada como el evento máximo que puede ser generado en una determinada área; sin embargo no se hace ninguna especulación respecto a la probabilidad de las consecuencias, en el caso de que el evento evaluado ocurriese.
- No todas las fallas activas pueden ser identificadas; aquellas activas en profundidad debido a su conocida actividad sísmica, pueden estar tan pobremente definidas en superficie que incluirlas en una zona de peligro por ruptura en superficie no es práctico.

Conclusiones

Los mapas de peligro múltiple son una herramienta importante en el proceso de la planificación para el desarrollo integrado. Cuando son combinados con el mapa de instalaciones críticas que se discute en el Capítulo 7, vienen a ser un factor determinante en la ubicación y financiamiento de nuevo desarrollo. Dejar de considerar todos los peligros naturales en el proceso de la planificación para el desarrollo, y de tomar las medidas para su reducción, conducirá eventualmente a pérdida de vidas, lesiones corporales, daño a propiedades, falla de instalaciones críticas y alteración de importantes actividades económicas. Según el tamaño del evento, su ubicación y sus efectos, el impacto real del peligro puede ser catastrófico y desastroso.

El tema ha sido planteado claramente en un reciente manual del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la OEA (1987b):

Los conflictos entre los peligros naturales y las actividades de desarrollo ... resultan de una confrontación entre eventos naturales peligrosos y la actividad humana. Los llamados "desastres naturales" ocurren porque no hemos dado la suficiente atención a los fenómenos naturales peligrosos. En realidad, el término "desastre natural" conduce a una concepción incorrecta por esta razón: culpa a la naturaleza cuando, en realidad, la culpa corresponde a quienes decidieron que se implementen proyectos bajo circunstancias que ponen en peligro alcanzar aquellos objetivos mismos para los cuales fueron diseñadas las actividades de desarrollo.

El énfasis del proceso de la planificación para el desarrollo integrado, está orientado al desarrollo de recursos naturales, energía, infraestructura, agricultura, industria, asentamientos humanos y servicios sociales (OEA, 1984a). Se da importancia principal a la recolección y evaluación de información sobre peligros naturales, para reducir su impacto adverso sobre el desarrollo. Se cree que si los peligros fueran evaluados y se incorporaran técnicas apropiadas de reducción en cada etapa del proceso de la planificación para el desarrollo integrado, los desastres sociales y económicos causados por los peligros naturales serían evitados o substantivamente reducidos.

De igual importancia es la actitud de aquellos científicos, planificadores, ingenieros y funcionarios responsables de la toma de decisiones a nivel nacional, regional y de comunidades, involucrados en la recolección y evaluación de información de peligros para nuevo desarrollo. Muchos de ellos son personas claves, con responsabilidad del desarrollo actual; el uso de información de peligros para nuevo desarrollo se incrementará en la medida que tengan interés en usar esa información para cumplir con sus responsabilidades en el sostenimiento del desarrollo existente.

Una reiteración final: el grado de credibilidad, exactitud y contenido de un MPM no es mayor que la información de los peligros individuales con la cual fue compilado el MPM. Cualquier limitación de la información sobre peligros individuales, es simple y llanamente transferida al MPM.

Referencias

** Alexander, R.H., et al. Applying Digital Cartographic and Geographic Information Systems Technology and Products to the National Earthquake Hazards Reduction Program: Proceedings of a Workshop on "Earthquake Hazards along the Wasatch Front, Utah," Open-File Report 87-154 (Reston,

Virginia: U.S. Geological Survey, 1987), pp. 100-146.

Alfors, J.T., Burnett, J.L., and Gay, T.E., Jr. "Urban Geology, Master Plan for California, the Nature, Magnitude, and Costs of Geologic Hazards in California and Recommendations for Their Mitigation" in California Division of Mines and Geology Bulletin 198 (Sacramento, California, 1973).

** Bender, S.O. St. Kitts and Nevis Forestry Development and Resource Management Planning Project: Report on Natural Hazards Assessment and Settlement Development Planning in Saint Kitts and Nevis (Washington, D.C.: Organization of American States, 1986).

* - Natural Hazard Risk Assessment and Disaster Mitigation Pilot Project in Latin America and the Caribbean Basin (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984).

Blair, M.L. "Planning for Flood-loss Reduction in the Napa Valley" in A.O. Waananen, J.T. Limerinos, W.J. Kockelman, W.E. Spangle, and M.L. Blair, Flood-prone Areas and Land-use Planning-Selected Examples from the San Francisco Bay Region, California, Professional Paper 942 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1977), pp. 46-65.

Blair, M.L., and Spangle, W.E. Seismic Safety and Land-use Planning-Selected Examples from California, Professional Paper 941-B (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).

** Borchardt, R.D. (ed.). Studies for Seismic Zonation of the San Francisco Bay Region, Professional Paper 941-A (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1975).

* Brown, R.D., Jr., and Kockelman, W.J. Geologic Principles for Prudent Land-use: A Decision maker's Guide for the San Francisco Bay Region, California, Professional Paper 946 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1983).

De Graff, J.V. Landslide Hazard on St. Lucia, West Indies (Washington, D.C.: Organization of American States, 1985).

** Du Bois, R. A Natural Hazards Assessment of the Coastal Area of Saint Lucia, West Indies (Washington, D.C.: Organization of American States, 1985).

* Ellis, M.Y. (ed.). Coastal Mapping Handbook (Washington, D.C.: U.S. Geological Survey and Office of Coastal Zone Management, 1978).

* Griggs, G., and Savoy, L. (eds.). Living With the California Coast (Durham, North Carolina: Duke University Press, 1985).

* Hays, W.W. Facing Geologic and Hydrologic Hazards, Earth-science Considerations, Professional Paper 1240-B (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981).

* Kockelman, W.J. "Some Techniques for Reducing Landslide Hazards" in Bulletin of the Association of Engineering Geologists, vol. 23, no. 1 (1986).

* - "Using Earth-science Information for Earthquake-hazard Reduction" in J.I. Ziony (ed.), Evaluating Earthquake Hazards in the Los Angeles Region-An Earth-science Perspective, Professional Paper 1360 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1985).

*- Reducing Losses from Earthquakes Through Personal Preparedness, Open-File Report 84-765 (Menlo

Park, California: U.S. Geological Survey, 1984).

- Use of U.S. Geological Survey Earth-science Products by Selected Regional Agencies in the San Francisco Bay Region, California, Open-File Report 79-221 (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1979).

- "Flood-loss Prevention and Reduction Measures" in A.O. Waananen, et al Flood-prone Areas and Land-use Planning-Selected Examples from the San Francisco Bay Region, California, Professional Paper 942 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1977), pp. 23-30.

- Use of U.S. Geological Survey Earth-science Products by County Planning Agencies in the San Francisco Bay Region, California, Open-File Report 76-547 (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1976).

- Use of U.S. Geological Survey Earth-science Products by City Planning Agencies in the San Francisco Bay Region, California, Open-File Report 75-276 (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1975).

** Kockelman, W.J., and Brabb, E.E. "Examples of Seismic Zonation in the San Francisco Bay Region" in E.E. Brabb (ed.), Progress on Seismic Zonation in the San Francisco Bay Region, Circular 807 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).

** Laird, R.T., et al. Quantitative Land-capability Analysis, Professional Paper 945 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).

Miller, C.D. Potential Hazards from Future Eruptions in the Vicinity of Mount Shasta Volcano, Northern California, 3 plates. Bulletin 1503 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1980).

** Muehrcke, P.C. Map Use: Reading, Analysis, and Interpretation (Madison, Wisconsin: J.P. Publications, 1978).

Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft. World Map of Natural Hazards, scale 1:30.000.000 (Munich, 1978).

National Research Council. Confronting Natural Disasters: An International Decade for Natural Hazard Reduction (Washington, D.C.: National Academy Press, 1987).

* - Multiple Hazard Mitigation: Report of Workshop on Mitigation Strategies for Communities Prone to Multiple Natural Hazards (Washington, D.C.: National Academy Press, 1983).

* Organization of American States, Department of Regional Development. Course on the Use of Natural Hazards Information in the Preparation of Investment Projects, vol. 1, 15 annexes (Washington, D.C.: Organization of American States, 1987a).

- Minimum Conflict: Guidelines for Planning the Use of American Humid Tropic Environments (Washington, D.C.: Organization of American States, 1987b).

** - Natural Hazards Map of the Paraguayan Chaco, Program Area 4-C scale 1:50.000 (Washington, D.C.: Organization of American States, 1985).

** - Proyecto de Desarrollo, República de Honduras, Riesgos Naturales, Map scale 1:50.000

(Washington, D.C.: Organización de los Estados Americanos, 1985).

* - Integrated Regional Development Planning: Guidelines and Case Studies from OAS Experience (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984a).

** - Saint Lucia Coastal Hazard Map, Prepared with the Collaboration of the Ministry of Agriculture, Lands, Fisheries, Co-operatives and Labour of the Government of Saint Lucia, scale 1:50.000 (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984b).

** - Plan Hidráulico del Jubones, República del Ecuador, vol. 3 (Washington, D.C.: Organización de los Estados Americanos, 1984c).

* Physical Resource Investigations for Economic Development: A Casebook of OAS Field Experience in Latin America (Washington, D.C.: Organization of American States, 1969).

** Regional Seismological Center for South America (CERESIS). Maximum Intensity Map of South America, scale 1:5,000,000 (Lima: Regional Seismological Center for South America, 1985).

** Robinson, A.H., Sale, R.D., and Morrison, J.L. Elements of Cartography, 4th ed. (New York: John Wiley and Sons, 1978).

Santa Barbara County Planning Department. Seismic Safety and Safety Elements (Santa Barbara, California, 1979).

Santa Clara County Planning Department. Public Safety Map no. 1 (San Jose, California, 1973).

San Mateo County Planning Department. Seismic and Safety Elements of the General Plan, vols. 1 and 2 (Redwood City, California, 1976).

* Steinbrugge, K.L. Earthquakes, Volcanoes, and Tsunamis (New York: Skandia American Group, 1982).

** Thompson, M.M. Maps for America, 2nd ed.: Cartographic Products of the U.S. Geological Survey and Others (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981).

Tinsley, E.J., and Hollander, J.P. Worldwide Directory of National Earth-science Agencies and Related International Organizations, Circular 934 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

** United Nations, Office of the Disaster Relief Coordinator. Disaster Mitigation: A Manual for Planners, Policy Makers, and Communities, 5 annexes (final draft) (Geneva: United Nations, 1988).

* - Natural Disasters and Vulnerability Analysis: Report of Expert Group Meeting (9-12 July 1979) (Geneva: UNDRO, 1980).

U.S. Office of Coastal Zone Management. Natural Hazard Management in Coastal Areas (Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, 1976).

Vlasic, T.C., and Spangle, W.E. "Use of Slope-stability Information in Land-use Planning" in T.H. Nilsen, et al. Relative Slope Stability and Land-use Planning in the San Francisco Bay Region, California, Professional Paper 944 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).

* Ziony, J.I. (ed.). Evaluating Earthquake Hazards in the Los Angeles Region: An Earth-science

Perspective. Professional Paper 1360 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1985).

* Referencia clave.

** Referencia clave específicamente para cartografía de peligros múltiples.





Capítulo 7. Cartografía de instalaciones críticas

[A. Características de instalaciones críticas y su rendimiento](#)

[B. Preparación y uso de mapas de instalaciones críticas](#)

[C. La combinación de mapas de instalaciones críticas y de peligros múltiples](#)

[Referencias](#)

RESUMEN

Este capítulo contiene lineamientos para la preparación de mapas de instalaciones críticas (MIC), presenta ejemplos de ellos y explica como pueden ser analizados junto a mapas de peligros múltiples para evaluar la vulnerabilidad y seleccionar las técnicas apropiadas de la reducción del peligro

La meta general de cualquier programa de desarrollo nacional, regional o comunal debe ser promocionar la salud, la seguridad y la prosperidad de las personas. Esto no podrá ser logrado si ciertas instalaciones públicas y privadas críticas para alcanzar esas metas son destruidas, dañadas o interrumpen sus servicios. Una meta específica será, pues, proteger a esas instalaciones de los fenómenos naturales peligrosos.

En el Capítulo I se ha descrito la importancia de dar atención en los estudios de planificación para el desarrollo a las instalaciones críticas y a los riesgos que sobre ellas posan los peligros naturales. La vulnerabilidad de nuevas instalaciones críticas necesarias para apoyar el desarrollo puede ser reducida evitando áreas peligrosas, diseñándolas para mayor resistencia, o haciéndolas funcionar con exposición mínima.

Las estrategias para las instalaciones críticas existentes incluyen reubicación, reforzamiento, readecuación, redundancia, revisión de operaciones, y adopción de programas de preparativos para la emergencia, la respuesta y la recuperación.

La cartografía de las instalaciones críticas (MIC), comparada o combinada con la información de un mapa de peligros múltiples (MPM: ver Capítulo 6), e integrados ambos en la preparación del proyecto, contribuyen a mejores decisiones durante las diferentes etapas del proceso de la planificación para el desarrollo. El uso de los mapas sirve para tomar decisiones sobre ubicación e, inclusive, para elaborar criterios de formulación de normas de construcción.

A. Características de instalaciones críticas y su rendimiento

[1. Definiciones](#)

[2. Características de las instalaciones críticas](#)

[3. Escenario de daños](#)

A lo largo de este manual es considerado como un desastre un evento natural que causa pérdida de vidas y destrucción de ambientes sociales y económicos, más allá del control de la población afectada. Cada año, como consecuencia de eventos naturales, se sufren gran número de víctimas y enormes pérdidas económicas. Por ejemplo, el terremoto de México en Setiembre de 1985, que afectó a la ciudad de México y siete otros estados, mató a más de 10.000 personas y causó daños estimados por encima de los US\$ 4 mil millones de dólares. Estas cifras, sin precedente en la historia sísmica de México, son un ejemplo de cómo los eventos naturales afectan áreas que tienen numerosas instalaciones productivas e importante infraestructura.

Esta sección señala las estructuras hechas por el hombre que pueden ser consideradas críticas en una emergencia por causa de eventos naturales y describe una técnica para estimar el comportamiento de instalaciones críticas al ocurrir tales eventos.

1. Definiciones

El término "instalaciones críticas" se usa en este capítulo para incluir todas aquellas estructuras u otras mejoras hechas por el ser humano que por razón de su función, tamaño, áreas de servicio o singularidad, tienen el potencial de causar daño corporal, extensos daños a la propiedad, o perturbar las actividades socioeconómicas vitales si son destruidas, dañadas o si sus servicios son repetidamente interrumpidos.

Esta definición es una versión más extensa que la propuesta por la Oficina de Políticas Científicas y Tecnológicas de los Estados Unidos en 1978. En términos del proceso de planificación para el desarrollo, es importante asegurarse que los elementos descritos en el recuadro de abajo, queden incluidos al considerar las instalaciones críticas en la planificación del proyecto.

Términos como "líneas de servicios vitales", "líneas de servicios urbanos" e "infraestructura para emergencias" se utilizan en los estudios post-desastre de daños, en la planificación de preparativos para la emergencia y evaluaciones del impacto socioeconómico. Generalmente se refieren a dos categorías en particular: transporte y servicios públicos. Estas dos categorías son de especial importancia para (1) ubicar y servir a las nuevas actividades económicas, (2) apoyar las actividades económicas existentes, (3) proporcionar las conexiones a, y el apoyo de, las instalaciones para la emergencia, (4) contribuir a cualquier actividad de preparativos para los desastres, respuesta, recuperación y reconstrucción, y (5) recibir una alta prioridad para el reforzamiento antes del desastre, para las operaciones de emergencia y para la reparación rápida después de daños e interrupciones. El término "líneas de servicios vitales" ha sido definido de varias maneras como:

CONSIDERACIONES IMPORTANTES PARA IDENTIFICAR INSTALACIONES CRÍTICAS EN EL CONTEXTO DE UN PROCESO DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO

- Estructuras singulares o grandes cuya inhabilitación podría ser catastrófica.
- Instalaciones de emergencia cuyo funcionamiento es crucial inmediatamente antes, durante y después de un desastre.
- Estructuras con alta densidad de ocupación cuya falla podría producir numerosas muertes y lesiones,
- Instalaciones necesarias para la seguridad pública.

- Los sistemas vitales para el sustento de cualquier comunidad.

- Instalaciones que son necesarias para transportar personas, útiles, energía e información, indispensables "para que una comunidad en una sociedad industrial moderna sobreviva y prospere" e "indispensables... a otras instalaciones y servicios que son críticos en un escenario de desastres, tales como hospitales, cuerpos de bomberos, y centros de operación de emergencias" (Schiff, 1984).

- (1) aquellas instalaciones de agua, alcantarillados, transporte y comunicaciones necesarias para que sobreviva la comunidad, (2) aquellos sistemas que proporcionan servicios esenciales a una comunidad, (3) aquellos servicios que son importantes en nuestras vidas diarias y que, si fueran interrumpidos, podrían causar inconveniencia general social y económica, o pérdidas, y (4) redes geográficamente extensas de las cuales depende la sociedad (Taylor et al., 1982).

- Segmentos o componentes críticos (instalaciones de producción, redes de infraestructura, y sistemas de sustento a asentamientos) que deben reconocerse como elementos prioritarios para la rehabilitación después de un desastre (Bender, 1987).

De acuerdo con Taylor et al., (1982), "los servicios contra incendios, médicos, de alimentación, de banca, educación e industriales, podrían estar incluidos como servicios vitales", y lo que es importante "no es una definición precisa de los sistemas de líneas de servicio vital, sino una cobertura de aquellos aspectos de seguridad que probablemente serán de mucha preocupación". Por ejemplo, el término "instalaciones vitales de la comunidad" ha sido usado por la Oficina de Política Científica y Tecnológica de los Estados Unidos (1978) para incluir a los hospitales, servicios contra incendios y de policía, centros de comunicación y administración, los principales talleres de reparación y ambientes de almacenamiento.

En este capítulo todas las estructuras necesarias para la salud de la comunidad, su seguridad y prosperidad, son consideradas como instalaciones críticas. La Figura 7-1 proporciona un extenso listado de instalaciones críticas, que va más allá de la definición tradicional de sistemas de servicios vitales.

2. Características de las instalaciones críticas

Cuando una instalación crítica es afectada por un evento natural o causado por el hombre, los impactos son dramáticamente incrementados si se los compara con los efectos que un evento similar podría tener sobre sistemas no críticos. En el Capítulo 1 se discuten los efectos de un evento sobre el ámbito construido en función de las características de las estructuras (ubicación, diseño, materiales empleados y

mantenimiento) y de las de los ocupantes (densidad, libertad de movimiento y salud, durante el evento). Los efectos de los eventos peligrosos sobre las instalaciones críticas dependen no sólo de éstas características sino de muchas otras que también les son propias.

Los peligros secundarios causados por las instalaciones críticas (colapso o ruptura de presas, almacenes de materiales tóxicos-químicos, etc.), la desorganización de ciertos servicios (médicos, incendios, policía, etc.), y el quebrantamiento de la infraestructura (electricidad, daños a caminos y carreteras, etc.) pueden, todos ellos, producir un creciente impacto negativo en la comunidad, más allá de la importancia de la instalación crítica por si misma.

Las instalaciones críticas que se discuten en este capítulo pueden ser destruidas, dañadas o interrumpidas por peligros tecnológicos, lo cual está más allá de los alcances de este texto. Sin embargo, es importante enfatizar que las instalaciones aquí discutidas son críticas, sea cual fuera su exposición a eventos peligrosos, debido a su función especial, tamaño, área de servicios o singularidad. Estas características pueden ser resumidas en el recuadro abajo.

Otras actividades económicas o servicios vitales nacionales o regionales, además de lo que se ha señalado arriba, varían con cada jurisdicción gubernamental, sus recursos y sus necesidades, y deben de ser incluidas en la preparación de un MIC.

Se han usado diferentes escenarios para anticipar el comportamiento de instalaciones críticas cuando ocurre

Figura 7-1

EJEMPLOS DE INSTALACIONES CRITICAS QUE PUEDEN SER ADVERSAMENTE AFECTADAS POR LOS PELIGROS NATURALES

SEGURIDAD PUBLICA Y DEFENSA

- Instalaciones de defensa civil
- Centros de comunicación
- Centros de manejo de emergencia
- Estaciones de bomberos
- Hospitales y otras instalaciones médicas
- Refugios de emergencia para la población
- Estaciones de policía y otras para la seguridad pública

OCUPACION DE ALTA DENSIDAD

- Auditorios, teatros, estadios
- Iglesias
- Centros educacionales
- Hoteles
- Edificios de oficinas
- Instituciones penales

TRANSPORTE

- Vías aéreas - aeropuertos, helipuertos
- Carreteras - puentes, túneles, caminos, pasos a desnivel, zonas de evitamiento.
- Ferrocarriles - vía férrea, túneles, puentes, patios, depósitos.

Vías de agua - canales, esclusas, puertos marítimos, barcas, puertos, diques secos, muelles.

INSTALACIONES

Comunicaciones - líneas, estaciones, imprentas, puntos de retransmisión, complejos de antenas.

Energía eléctrica - almacenamiento de agua, almacenamiento de combustible, generadores, líneas de transmisión, sub-estaciones, sistemas de instalación.

Instalaciones petroquímicas - producción, transmisión, almacenamiento, terminales.

Agua potable - conexión, transmisión, sifones, saltos de agua, tratamiento, almacenamiento.

Aguas servidas - colección, tratamiento, descarga

INDUSTRIAL

Corrosivos - manufactura, transferencia, almacenamiento y eliminación.

Explosivos - manufactura, transferencia, almacenamiento y eliminación.

Materiales inflamables - manufactura, transferencia, almacenamiento y eliminación.

Materiales radioactivos - manufactura, transferencia, almacenamiento y eliminación.

Toxinas - manufactura, transferencia, almacenamiento y eliminación.

AGRICOLA

Alimentos - almacenamiento, procesamiento, transferencia

Sistemas de riego

Almacenamiento de agua - presas, reservorios, diques y otros tipos.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES CRÍTICAS

- Poseen extensa exposición en términos de su característica lineal (p.e., ferrocarriles y tuberías).
- Son áreas de servicios que afectan a gran cantidad de personas y a las actividades socioeconómicas vitales, nacionales o regionales (p.e., sistemas de energía, sistemas de irrigación, oficinas públicas, instalaciones de agua potable).
- Hay gran cantidad de personas expuestas que requieren inmediata e intensa ayuda de expertos especializados y de recursos limitados, durante las operaciones de búsqueda y rescate (p.e., las postas médicas).
- Poseen el tamaño y la característica de uso continuo, cuya falla o interrupción puede causar peligros secundarios a áreas muy grandes y un aumento en el número de personas afectadas (p.e., inundación por ruptura de una presa, pérdida de producción de alimentos por danos al sistema de riego, conflagraciones debido a explosiones químicas).
- Son el suministro único a ciertas instalaciones de emergencia (p.e., electricidad) o el acceso único para reparar otras instalaciones críticas (p.e., carreteras).
- Existen interconexiones entre instalaciones críticas, agravando así los daños y las carencias (p.e., tuberías y líneas de transmisión).
- Existe aislamiento que causa demoras en la reparación y aumenta el tiempo fuera de servicio (p.e.,

líneas de transmisión, repetidoras).

- Son vitales para las emergencias diarias, fácilmente saturadas durante un desastre y sin alternativas disponibles en caso de daños (p.e., hospitales y centros de manejo de emergencia).
- Su operación es necesaria para una respuesta efectiva y para las actividades de recuperación durante y después de una emergencia (p.e., aeropuertos, generadores de energía). un evento peligroso y se ha estimado las pérdidas materiales de las estructuras y su contenido, así como el número de muertes y lesiones. Se dan ejemplos del uso de escenarios de daños en la siguiente sección.

3. Escenario de daños

Un escenario es generalmente una sinopsis o un esquema de lo que podría suceder; así, un "escenario de daños" puede ser considerado como una sinopsis o un esquema de un evento peligroso, y sus impactos, sobre una región o comunidad. Los siguientes escenarios y técnicas han sido diseñados para reflejar la configuración específica de un desastre en términos del peligro sísmico.

El diseño de un escenario puede suponer la ocurrencia de un fenómeno natural peligroso; luego, se puede estimar víctimas, daños a la propiedad y fallas de instalaciones críticas (Figura 7-1). Por ejemplo, la pérdida de propiedades - edificios y su contenido, muertes, lesiones que requieren hospitalización y fallas de instalaciones críticas fueron estimados para siete posibles terremotos por la U.S. Federal Emergency Management Agency (1980). Además, la National Oceanic and Atmospheric Administration (Algermissen, *et al.*, 1973) investigó las pérdidas por terremotos, el U.S. Geological Survey (1981) presentó escenarios detallados para los siete terremotos propuestos que afectarían importantes centros poblados en el Estado de California, y Blume *et al.*, (1978) pronosticaron los daños a las estructuras.

Davis *et al.*, (1982) muestran como se puede hacer uso de un escenario para evaluar los efectos de un futuro terremoto sobre las diversas instalaciones críticas. Haciendo uso de un mapa de intensidades proporcionado por el U.S. Geological Survey, la División de Minas y Geología del Estado de California preparó un escenario de planificación, basado en la repetición del gran terremoto de Fort Tejon el 9 de enero de 1857. La información cartográfica fue basada en el método descrito por Evernden *et al.*, (1981) y modificada de acuerdo con información geológica adicional. El escenario se basó en un terremoto de magnitud 8,3 en la parte sur de la falla de San Andreas.

Las zonas aproximadamente paralelas a la ruptura en superficie postulada a lo largo de la falla de San Andreas, fueron mostradas como áreas isosísmicas (es decir, áreas dentro de las cuales las intensidades sísmicas anticipadas son comparables). A cada zona se le asignó un nivel de intensidad basado en la escala Rossi-Forel. Davis *et al.* (1982). Luego mostraron la distribución de los valores de intensidad sísmica en base a la siguiente cadena hipotética de eventos: ocurre el terremoto específico, varias localidades en el área de planificación experimentan un determinado tipo de sacudimiento o falla del terreno, y ciertas instalaciones críticas sufren daños mientras otras no. Un análisis del estado de preparación fue luego utilizado para percibir algunos aspectos de la planificación, recomendar trabajos adicionales, y servir como base para hacer o mejorar planes de preparativos para la emergencia, respuesta, recuperación y reconstrucción.

Figura 7-2: CARACTERISTICAS DE LA INFORMACION PRESENTADA EN LAS FIGURAS 7-3 A 7-12

El informe del Comité Ad Hoc Joint Senate-Administration Earthquake Safety (1985) de la Universidad de California en Los Angeles (UCLA) comienza así:

Un importante terremoto en la falla de San Andreas o en una de las fallas sísmicas en la vecindad de UCLA podría causar de 1.500 a 2.000 muertes en el campus, si ocurriera durante las horas normales de clases o de trabajo. La cifra de lesionados graves podría doblar la anterior. La probabilidad de ocurrencia de un terremoto de estas dimensiones en los próximos 20 años se considera como alta. Estos estimados toman en consideración las evaluaciones expertas sobre la calidad de construcción y contenido en aulas, dormitorios y edificios de oficinas, así como en las bibliotecas y el auditorio. Este informe propone iniciar un programa a nivel de todo el campus universitario, orientado a la mitigación de una amenaza que presenta un serio peligro tanto para la vida como para la propiedad.

El informe trata sobre la vulnerabilidad del campus e incluye evaluación estructural del comportamiento y prioridades de 27 edificios; elementos no estructurales; pasos a desnivel y puentes; fuga de material químico, biológico y de radiaciones; servicios e instalaciones de energía, centro médico de UCLA y la presa de Stone Canyon.

Perkins (1987) hizo uso de los estimados de daños esperados para seleccionar tipos de construcción generalizado de la experiencia de anteriores terremotos. Los tipos de construcciones incluyeron el concreto prefabricado, almacén de concreto y de acero, y construcciones de madera. Esta información fue usada luego para producir un mapa de daños potenciales que combina varios mapas de intensidad. Los factores cumulativos de daños variaron desde un potencial "muy bajo" hasta "extremadamente alto" y fueron definidos como el costo de reparar una construcción dividido por el costo de reemplazar la misma construcción. Aunque estos mapas muestran los daños para un determinado tipo de estructura, se pueden observar diversas instalaciones críticas como carreteras, ferrocarriles, puentes, puertos y aeropuertos principales (Figura 7-7). Los factores identificados de daños esperados pueden o no ser aplicables a las instalaciones críticas.

Se puede dar atención adicional a los daños esperados preparando un inventario completo de anteriores eventos peligrosos y los daños resultantes; ver Singer *et al.*, (1983) que trata sobre peligros geológicos en Venezuela. Para cada estado, se preparó un glosario de eventos anteriores que incluye códigos para la unidad administrativa (estado), un código para la localización en el mapa, la ubicación del evento y su fecha de ocurrencia. Para cada evento se anotó su naturaleza, su evidencia física, su relación con la actividad sísmica, el tipo de daño material que ocurrió y el número de víctimas.

B. Preparación y uso de mapas de instalaciones críticas

- [1. Beneficios del graficado de instalaciones críticas](#)
- [2. Preparación de mapas de instalaciones críticas](#)
- [3. Compilación de información sobre instalaciones críticas](#)
- [4. Fuentes de información sobre instalaciones críticas](#)
- [5. Evaluación de la vulnerabilidad de instalaciones críticas](#)

Los mapas de instalaciones críticas (MIC) son una referencia gráfica que incluye información sobre la ubicación y características de estos sistemas vitales. El impacto de un evento natural sobre las instalaciones críticas es suficientemente importante para que la cartografía de tales sistemas vitales sea parte de cualquier estudio de planificación para el desarrollo. Un MIC puede ser usado para evaluar y reducir la vulnerabilidad, especialmente cuando se combina con un mapa de peligros múltiples. Tal proceso se describe detalladamente en la Sección C.

El MIC que aquí se trata es principalmente para uso de un estudio de planificación para el desarrollo integrado, por los diversos grupos de trabajo que ejecuten el estudio preparado bajo este proceso. Se hace referencia en esta sección a diez ejemplos (Figura 7-3 a 7-12). En la Figura 7-2 se muestra un resumen de las características de la información presentada en las Figuras 7-3 a 7-12.

Gran parte de la información del Capítulo 6, sobre mapas de peligros múltiples, es aplicable a las instalaciones críticas y es repetida o adaptada en esta sección para conveniencia del lector. A continuación se discuten los beneficios de graficar las instalaciones críticas, la selección del mapa base, las escalas y la cobertura más conveniente, tipos de símbolos a ser usados, instalaciones a ser presentadas, exactitud, elementos claves, recopilación y fuentes de información de instalaciones críticas.

1. Beneficios del graficado de instalaciones críticas

Los mapas son la manera más efectiva para presentar la ubicación actual y relativa de instalaciones críticas. Un MIC es un pre-requisito para considerar y reducir los peligros naturales que puedan afectar a las nuevas instalaciones críticas o a las existentes.

El propósito principal de un MIC no solamente es presentar a los planificadores y a quienes toman decisiones la ubicación de una instalación, sino mostrar su capacidad y su área de servicio de manera exacta, clara y conveniente. Al usar un MIC, se pueden incluir un buen número de instalaciones críticas susceptibles de ser revisadas simultáneamente. Cuando se combinan con mapas de peligros múltiples, también se puede proporcionar información sobre cuales áreas requieren más información, cuales requieren diferentes técnicas de reducción y cuales localidades necesitan inmediata atención cuando ocurre un evento peligroso. Los beneficios de usar un MIC están resumidos en el recuadro arriba.

Figura 7-3: MAPA DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO

Fuente: Adaptado de OEA. Proyecto de Asistencia Técnica al Departamento de Planificación Regional de SEPLACODI - República Oriental del Uruguay, Mapa de Infraestructura/Equipamiento. (Washington, D.C.: Organization of American States, 1980).

BENEFICIOS DEL USO DE MAPAS DE INSTALACIONES CRÍTICAS

- Ofrece una representación clara y conveniente de las instalaciones críticas en el área del proyecto,
- Los planes para uso de tierras pueden ser valorados antes de su implementación,
- El impacto de la infraestructura existente sobre el desarrollo potencial puede ser evaluado antes de la implementación del proyecto.
- Hace posible un enfoque más conciso de los diferentes tipos, configuración, diseño estructural y uso de instalaciones críticas en el área del proyecto.
- Son posibles cifras más realistas de la relación costo-beneficio del nuevo desarrollo.
- Permite identificar la falta de información de instalaciones críticas (ubicación, número, tamaño o capacidad, y área de servicio).
- Permite identificar (a necesidad de mayores o mejores investigaciones de los procesos o de la susceptibilidad de los peligros).
- Son identificadas las instalaciones que requieren preparativos para la emergencia y su inmediata recuperación o reparación.

2. Preparación de mapas de instalaciones críticas

Los mapas son referencias planimétricas que pueden ser preparados para incluir información sobre instalaciones críticas en áreas peligrosas. Estos mapas pueden ser usados para evaluar y reducir la vulnerabilidad, ya que pueden postular información sobre fenómenos naturales peligrosos relevante al peligro (ubicación, probabilidad y severidad) y estimar su efecto sobre numerosas instalaciones críticas.

Identificar las diversas características de las instalaciones críticas y entender cómo los eventos naturales pueden impactar a estas estructuras hechas por el hombre, es una tarea compleja que requiere mucho tiempo. Ponderar y acumular los impactos puede parecer casi imposible. En la Sección C se muestran técnicas para evaluar la vulnerabilidad de instalaciones críticas. Sin embargo, se requiere de una sencilla guía para que planificadores y quienes toman decisiones puedan preparar un MIC.

Las siguientes subsecciones describen los elementos básicos a ser considerados cuando se prepara un MIC.

a. Mapas base

Un pre-requisito para compilar información sobre instalaciones críticas y presentarlas sobre un mapa, es la selección o creación de un mapa base. Estos mapas base usualmente son identificados durante la misión preliminar; el equipo sólo necesita seleccionar la escala apropiada para el área en estudio. El mapa base usado para el MPM (ver Capítulo 6) puede ser el mismo que el usado para el MIC.

Un adecuado mapa base debe (1) ser planimétrico, es decir, una representación de información sobre un plano, con interrelaciones geográficas reales y distancias horizontales mensurables; y (2) debe incluir suficiente información sobre referencias geográficas para orientar al usuario respecto a la ubicación de la instalación a ser presentada. Las Figuras 7-3 a 7-12 son todas mapas planimétricos, cada uno de los

cuales tiene suficiente información de referencia para su escala y cobertura de área. Por ejemplo, el mapa del Uruguay del cual se toma la Figura 7-3 muestra cada ciudad; otros mapas muestran carreteras y ríos; algunos muestran inclusive el tamaño y la forma de edificios grandes (Figuras 7-11 a 7-12).

Si los mapas existentes no pueden ser adoptados para uso como mapa base, entonces se deberá elaborar uno. Este proceso puede ser costoso, dado que para una adecuada representación planimétrica, incluyendo diferentes tipos de información, se puede necesitar personal entrenado en el uso de equipos y técnicas especiales.

Donde fuera posible, el equipo de planificación deberá adoptar como mapa base uno de los muchos mapas disponibles. El Capítulo 6 proporciona muchos ejemplos de la variedad de mapas que pueden ser usados como mapa base. Se podrían considerar varios mapas base a diferentes escalas, dependiendo de las áreas finales de estudio y de la escala predominante de los mapas individuales de las instalaciones críticas. El mapa más detallado de instalaciones críticas puede ser adoptado como mapa base, si contiene adecuada orientación geográfica. Muchos mapas son creados con el norte hacia arriba, pero no todos. Por lo tanto, siempre se debe mostrar una flecha que señala el norte.

Figura 7-4: CONFIGURACION DE LA RED DE ENERGIA ELECTRICA

Fuente: Adaptado de OEA. Plan Hidráulico del Jubones, República del Ecuador, Vol I, Mapa 4-1. (Washington, D.C.: Organization of American States 1984).

A veces, las instituciones locales preparan un mapa base que presenta información de varias mejoras hechas por el hombre (Figura 7-11 y 7-12). Por ejemplo, se pueden obtener mapas base a escala de 1:2.500 a 1:10.000 para muchas áreas urbanas. El Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la OEA y otras agencias de asistencia para el desarrollo han preparado varios mapas de inventario (Figuras 7-3, 7-4, y 7-10). Estos tipos de mapa base, a veces llamados "topográficos" o "de curvas de nivel", son invaluableles pues muestran la mayoría de las instalaciones críticas. Las Figuras 7-11 y 7-12 son buenos ejemplos de mapas topográficos que muestran instalaciones críticas.

Los mapas catastrales son excelentes mapas base para un MIC dados sus escalas e información de orientación (ver Capítulo 6). Sus características, cobertura, escala, exactitud y costo son tratadas en *Physical Resource Investigation for Economic Development* (Organization of American States, 1969).

b. Técnicas para la presentación de información

Se debe enfatizar que la información que presenta un MIC es un factor importante que el planificador o quien toma decisiones debe considerar al evaluar la vulnerabilidad o la ubicación de nuevo desarrollo. Así, la información incluida en el MIC debe ser clara, y conveniente, y no sólo debe ser exacta sino que tiene que ser percibida como exacta. Son técnicas importantes para la presentación a ser consideradas al preparar un MIC, el seleccionar una escala y símbolos adecuados y evitar gran cantidad de información que puede ser difícil de analizar. A continuación se encontrará información sobre estos aspectos.

Escala y cobertura

La escala del mapa es una medida de la reducción del tamaño del ambiente real al que se muestra en el mapa. Los mapas son más pequeños que el área cartografiada y por lo tanto hay una relación entre las distancias sobre el mapa y las distancias verdaderas, por ejemplo, de 1 a 200.000. Esta relación (1:200.000) significa que un metro sobre el mapa representa 200.000 metros sobre el terreno o que un milímetro en el mapa corresponde a 200 metros. Mapas a mayor escala generalmente proporcionan

información con mayor detalle y resolución; sin embargo, cubren una área menor.

Muchas escalas diferentes son apropiadas para un MIC. Por ejemplo, el mapa del cual se tomó la Figura 7-3 muestra un país a una escala de 1:1.000.000. Sin embargo, las escalas mayores (mayor detalle) son más comunes para la planificación regional del desarrollo (1:500.000 a 1:50.000, Figuras 7-4 a 7-10), y los planes de desarrollo de una comunidad (1:50.000 a 1:24.000, Figuras 7-11 a 7-12). Los mapas a escala de 1:125.000 pueden representar un compromiso entre presentar la información de instalaciones críticas de manera simbólica y fijar su ubicación, y el tamaño del área (comparar Figuras 7-6 y 7-7).

La escala seleccionada dependerá del propósito del mapa; no hay una mejor escala, sólo la más conveniente (Figura 7-2). El recuadro abajo muestra qué escalas generalmente proporcionan información útil para cubrir ciertas áreas.

Se selecciona la escala empleada para un MIC en base a la información de las instalaciones críticas que se quieren mostrar, pero también puede depender de la escala del mapa base. El área cubierta, la escala, detalle, instalaciones críticas que se muestran y formato de un MIC varían enormemente, como se ve en las Figuras 7-3 a 7-12. A veces la cobertura está limitada por los propósitos del mapa, la jurisdicción del cartógrafo, o la legislación que lo autoriza. Por ejemplo, una percepción de peligros costeros, el descubrimiento de peligros de inundación y de ruptura de fallas, y la reglamentación para zonas de ruptura de fallas se muestran en las Figuras 7-9, 7-11 y 7-12.

Si se pueden escoger las escalas, entonces los factores en el recuadro siguiente son importantes para la selección respectiva.

Los mapas pueden ser ampliados o reducidos. En el caso de un MIC, frecuentemente se grafican varios tipos de instalaciones a diferentes escalas. Al combinar la información gráfica sobre diferentes instalaciones, puede ser necesaria una ampliación o una reducción de escala del mapa base. El uso de métodos fotográficos controlados, o de registro digital con computadora, hace que este proceso sea más fácil y más exacto.

ESCALAS UTILES PARA MAPAS	
Area Cubierta	Escalas de mapa
País	1:1.000.000-1:250.000
Región (o países isla)	1:500.000-1:50.000
Areas urbanas	1:50.000-1:2.500

Figura 7-5: MAPA DE PELIGROS MULTIPLES COMBINADO CON SERVICIOS E INSTALACIONES DE EMERGENCIA

Fuente: Adaptado de Santa Clara County Planning Department. Seismic Safety Plan. (San Jose, California: Santa Clara County Planning Department, 1975).

FACTORES A SER CONSIDERADOS PARA SELECCIONAR ESCALAS APROPIADAS DE MAPAS

- Número y tipo de instalaciones críticas a ser presentadas.
- Tamaño o capacidad de las instalaciones críticas.
- Área a ser cubierta.
- Tamaño de las hojas finales del mapa, planas o dobladas.
- Función del mapa (por ejemplo, si ha de ser un mapa índice o de detalle).

Los títulos y leyendas de los mapas generalmente no son afectados por las ampliaciones o reducciones, más no así las escalas descriptivas y numéricas. Las escalas descriptivas (un milímetro es igual a cien metros) y escalas (1:100.000) son exactas solo para el mapa original. Cuando se adapta, usa, o se prepara un mapa, siempre se debe presentar una escala gráfica.

La escala seleccionada para el mapa no solo afecta el tamaño del área y la cantidad de detalle que se puede mostrar, sino también la ubicación de la instalación crítica. Por ejemplo, si un mapa a pequeña escala (1:1.000.000) que usa una línea de un milímetro de ancho como símbolo, es ampliado diez veces (1:100.000), la línea símbolo se convierte en una línea de un centímetro de ancho. De igual manera, reducir los símbolos de puntos y líneas puede significar quitarles toda importancia y, tal vez, hacerlos desaparecer.

Símbolos

Todo lo que se presenta en un MIC así como en el mapa base es un símbolo que representa una realidad. Existen innumerables variaciones de puntos, líneas y áreas para quienes producen un MIC. Los símbolos con puntos pueden ser achurados, sombreados, coloreados, numerados o identificados por letras. Las líneas pueden ser sólidas, punteadas, a rayas, tal como lo utilizan los cartógrafos de manera convencional al preparar mapas topográficos. Las áreas pueden ser sombreadas, achuradas o en color (Figura 7-7).

Se seleccionan los símbolos para su fácil referencia y reproducción - los ejemplos incluyen números (Figura 7-3), letras, convenciones (Figuras 7-10 y 7-11), impresión con computadora (Figura 7-7 y 7-8), símbolos no convencionales (Figura 7-10), o símbolos parecidos a la forma física real (Figura 7-11). Los símbolos convencionales usados en mapas topográficos pueden mostrar instalaciones críticas; otros indican fronteras jurisdiccionales o proporcionan orientación. Algunos símbolos pueden transmitir el sentido de las instalaciones críticas; otros son totalmente abstractos (estaciones eléctricas y líneas de transmisión en la Figura 7-4). No hay símbolos mejores sólo los que más convienen.

La variedad de símbolos en un MIC está limitada sólo por las variables visuales - ubicación, forma, tamaño, color, volumen, patrón y dirección. La ubicación, tipo, capacidad, y área de servicio de cada instalación crítica deben ser mostrados o, si no se conoce, debe indicarse claramente este hecho. El recuadro siguiente presenta información sobre el uso de símbolos en un MIC.

Se debe destacar que toda la información respecto a las instalaciones que se muestra en un MIC, así como la información del mapa base, son símbolos: algunos convencionales, otros abstractos, otros innovativos. Los planificadores y quienes toman decisiones deben ser conscientes que el uso y la interpretación de los símbolos pueden ser limitados, ya que frecuentemente podrían conducir a conclusiones erradas. Por ejemplo, rellenar un MIC con símbolos de diversos mapas individuales de instalaciones críticas puede dar la impresión de que se ha desarrollado un estudio más detallado cuando,

por supuesto, podría no ser el caso. Los mapas simplificados de instalaciones críticas sólo crean conciencia sobre la información existente y, aún más importante, crean percepción respecto a la información que falta. En este sentido el equipo de planificación debe entender que un MIC no puede sustituir estudios más detallados e investigaciones específicas en determinados lugares.

Así mismo, los planificadores del desarrollo, o quienes toman decisiones, pueden estar tentados a malinterpretar los símbolos en relación con la realidad que representan. Esta práctica errada puede ser muy costosa. Por ejemplo, los planificadores del desarrollo o los inversionistas, podrían desear ubicar instalaciones críticas necesarias para el desarrollo económico, a lo largo de una línea que sobre el mapa parece ser la más directa y conveniente. Tal trazo puede coincidir con una área peligrosa. Muehrcke (1978) discute varios ejemplos de mal uso de mapas por distorsión vertical y horizontal, demasiada densidad de símbolos, colores contrastantes, escalas, o uso de símbolos y colores que tienen poderes sugestivos y connotativos más allá de su rol denotativo. Se debe apreciar las limitaciones de los mapas y, cuando sea necesario, se deben llevar a cabo investigaciones adicionales.

Una discusión detallada de diseño gráfico escapa los alcances tanto de este capítulo como del anterior sobre cartografía de peligros múltiples (Capítulo 6). Sin embargo, el lector y el cartógrafo encontrarán una excelente discusión por Robinson *et al.*, sobre el proceso del diseño, relación con las artes, objetivos, componentes, contenido, audiencias, limitaciones y elementos gráficos de los mapas.

Figura 7-6: MAPA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y DE INFRAESTRUCTURA

Fuente: Adaptado de OEA. Plan Hidráulico del Jubones, República del Ecuador, Vos. I y III, Mapa 5-A2, (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984).

PRESENTACION DE LA INFORMACION SOBRE INSTALACIONES CRITICAS

- La ubicación se puede mostrar usando símbolos geométricos básicos, tales como puntos, líneas o áreas. Por ejemplo, se han usado puntos para mostrar las ciudades donde están ubicadas las instalaciones críticas (Figuras 7-3 y 7-4); se han usado líneas para las rutas generales de líneas de transmisión eléctrica y tuberías de agua potable (Figura 7-10); y áreas para mostrar la ubicación de escuelas y pistas de aterrizaje (Figura 7-11).
- El tipo de instalación crítica se puede mostrar con puntos, por ejemplo, instalaciones educacionales y médicas (Figura 7-3), comunicaciones (Figura 7-10), e instalaciones de emergencia (Figura 7-5); se han usado líneas para mostrar diferentes tipos de carreteras (Figuras 7-11 y 7-12),
- La capacidad se puede mostrar por líneas, por ejemplo, los kilowatts de una línea de transmisión eléctrica (Figura 7-4), y se han usado áreas para mostrar el número de habitantes de asentamientos urbanos. Se han usado combinaciones de líneas de diversos anchos para mostrar tanto la dirección como el volumen del flujo en oleoductos o de transporte en superficie. El tamaño de las letras para el nombre de una instalación ha sido usado para indicar la capacidad de un reservorio.
- El **área de servicio** se puede mostrar con áreas. Si las áreas de servicio no han sido definidas, se pueden hacer interpretaciones o estimados. Por ejemplo, las áreas de servicio deberían ser evidentes cuando sólo hay una o dos postas médicas que brindan servicio a un asentamiento urbano aislado (Figura 7-3), o una sola línea de transmisión eléctrica o un solo camino sirve a varios asentamientos urbanos (Figuras 7-4 y 7-10), o si las estaciones contra incendios específicas en una área metropolitana tienen un patrón uniforme de calles o de densidad de desarrollo (Figura 7-5), o donde la instalación es

singular, tal el caso de un aeropuerto internacional (Figura 7-11).

- El impacto se muestra con varios símbolos. La impresión con computadora se ha usado para mostrar la intersección de un peligro lineal y las principales tuberías de agua y gas (Figura 7-8). Zonas con letras pueden mostrar el porcentaje de efectividad del sistema de teléfonos (Davis **et al**, 1982). Los dibujos a color, impresos con computadora, pueden ser descriptivos en términos del porcentaje de daños que afectan tipos específicos de construcción (Figura 7-7).

Instalaciones críticas a ser presentadas

Un mapa puede presentar un número variado de diferentes instalaciones según la escala, símbolos y cobertura que se escoja (Figura 7-7). Sobre un mapa base nacional de una sola hoja, sólo se muestran instalaciones educacionales y médicas (Figura 7-3), o sobre un mapa de una hoja, de una isla, se muestran numerosas instalaciones o aparecen indexadas (Figura 7-10). Usualmente, cuando un área o el número de instalaciones críticas a ser presentados es muy grande, los mapas base se presentan en más de una hoja. En algunos casos, ciertas instalaciones críticas (Figura 7-5) se muestran sobre una sola hoja de una serie, mientras que otras instalaciones críticas - líneas de transmisión eléctrica, gaseoductos o carreteras, ferrocarriles y puentes - se muestran en varias hojas de la serie. En otros casos, se muestran tres tipos de instalaciones y la capacidad de uno de esos tipos para solo una instalación crítica: electricidad (Figura 7-4).

Para evitar demasiada densificación se pueden mostrar las instalaciones por color, por índices (Figura 7-3), o por símbolos (Figura 7-4 y 7-5). Si hay espacio en la hoja del mapa o si hay una memoria que acompaña al mapa, se pueden añadir fotografías de instalaciones críticas que sean típicas y más conocidas.

Exactitud

La información sobre ubicación de instalaciones disponibles para el MIC puede ser exacta, pero la precisión y grado de uniformidad pueden variar cuando ésta es transferida. Cuando se muestran superficies esféricas en un mapa planimétrico, sólo son exactas en el lugar de contacto del plano con la superficie real de la esfera. Esto puede afectar la ubicación en términos de un MIC. Así pues, la exactitud de ubicación del MIC depende de la exactitud del mapa base seleccionado.

Figura 7-7: MAPA DE RIESGO DE DAÑOS A EDIFICIOS DE CONCRETO PRE-FABRICADO POR SACUDIMIENTO DEL TERRENO

Fuente: Adaptado de Perkins. The San Francisco Bay Area on Shakey Ground. (Oakland, California: Association of Bay Area Governments, 1987).

Se usan varias técnicas de proyección cartográfica para reducir la distorsión. Se puede proporcionar la técnica de proyección usada a usuarios alertas. Según la escala y exactitud de la información sobre peligros, esta distorsión puede no ser crítica, especialmente si el mapa base tiene suficiente información geográfica para ubicar las instalaciones.

Otro tipo de inexactitud ocurre cuando la información disponible no cuenta con un grado aceptable de exactitud debido a una limitada cantidad de investigaciones de campo, falta de archivos disponibles o propósito incompatible de la recopilación original. El equipo de planificación debe asegurarse que las decisiones para la formulación del proyecto estén basadas en información adecuada. Así pues, cuando la

información es imprecisa, se debe hacer un esfuerzo para obtener información adicional y más confiable. Cuando esto no es posible, el equipo de planificación debe manifestar que cualquier decisión tomada en ese momento, está basada en información no lo suficientemente completa.

c. Elementos importantes de la información sobre instalaciones críticas

El usuario debe percibir la destrucción o interrupción de una instalación crítica como algo que afecta adversamente la vida humana, la propiedad o las actividades socio-económicas. La información trasladada a un MIC debe incluir por lo menos cuatro elementos y estar en formato tal que un usuario no técnico la pueda entender.

Los elementos importantes que se deben demostrar al preparar un MIC son (a) ubicación, (b) tipo, (c) tamaño o capacidad, y (d) áreas de servicio. Estos elementos son requeridos por los planificadores y quienes toman decisiones, para evaluar el impacto sobre instalaciones críticas expuestas a peligros, así como las posibilidades de protección. Por ejemplo, si las instalaciones no están situadas en una área peligrosa, tienen limitada capacidad o sirven a un área pequeña, resultan de menos importancia en el proceso de planificación.

Generalmente se cuenta con la ubicación debido a la naturaleza geográfica de los mapas, aunque a veces la ubicación puede ser esquemática y no real, como en la Figura 7-4.

Sin embargo, otros elementos - tipos de instalación, capacidad y área de servicio - no siempre se presentan. El usuario no debe suponer que por que se da el número de instalaciones de salud y de escuelas, también se dispone de datos sobre otras instalaciones críticas como es el caso de la Figura 7-3. Tampoco se debe suponer que al dar la capacidad de líneas de energía eléctrica, también se dispone de esa información para otras instalaciones críticas como se ve en la Figura 7-4.

Generalmente se presenta información sobre tipo de instalación crítica. En los mapas se ven claramente diferentes categorías de sistemas de caminos y carreteras. Sin embargo, otros detalles en términos de tipo, condición, configuración y edad de estructuras, generalmente se reservan para estudios más detallados, aplicables a las etapas de diseño de ingeniería en la preparación de proyectos de inversión.

La información sobre tamaño o capacidad puede incluir el diámetro de una tubería, el número de canales de tránsito en las carreteras, número de pies cúbicos por minuto del flujo, el número de camas o de cuartos de cirugía, y el tipo de equipos contra incendios. Se pueden ver ejemplos de ubicación en las Figuras 7-11 y 7-12, de números en la Figura 7-3, y de tamaño en las Figuras 7-4 y 7-8.

Normalmente no se presentan las áreas de servicio, pero pueden ser estimadas. Por ejemplo, de la Figura 7-10 se puede fácilmente inferir el suministro urbano de electricidad y de agua en Santa Lucía. Las áreas de servicio rural pueden ser estimadas (Figura 7-5) para una determinada área, fácilmente desarrolladas para otra (Figura 7-10), o son obvias en el caso de un solo acueducto (Figura 7-12). Las poblaciones servidas pueden ser presentadas en el mapa (Figura 7-6), pero muchos otros MIC pueden no presentar tal información (Figura 7-8). Cuando el número de consultorios médicos o de postas médicas, escuelas y estaciones contra incendio es dado para áreas urbanas (Figura 7-3 y 7-5), se debe obtener información adicional respecto a su capacidad o tipo de equipos a fin de comprobar su importancia en relación con la red de servicios vitales.

3. Compilación de información sobre instalaciones críticas

La compilación de información sobre instalaciones críticas para producir un MIC es un proceso igual al que se sigue para el caso de un MPM. Consiste en los mismos cuatro pasos: recolectar, evaluar, seleccionar y combinar información.

El proceso de compilación del mapa y los procedimientos respectivos son discutidos en varios libros de texto sobre preparación de mapas (por ejemplo, "Elements of Cartography" por Robinson *et al.*, 1978). Los Capítulos 1, 2, y del 8 al 11 incluyen recomendaciones aplicables a instalaciones críticas así como a peligros. Son recomendables la consulta temprana con especialistas técnicos, la identificación de instalaciones críticas al inicio del proceso de planificación y una temprana revisión del tipo y contenido de la información disponible.

Son varias las combinaciones de mapas de base, de instalaciones críticas y de peligros ya existentes, que sólo pueden necesitar la combinación de información para preparar un MIC. Por ejemplo:

- Unas cuantas instalaciones críticas sobre un mapa de base general al cual se pueden añadir los peligros y otras instalaciones.

Figura 7-8: MAPAS DE SERVICIOS VITALES SELECCIONADOS PARA UNA AREA URBANA CERCA DE SALT LAKE CITY (UTAH)

Fuente: Adaptado de Alexander, *et al.* "Applying Digital Cartographic and Geographic information Systems Technology and Products to the National Earthquake Hazards Reduction Program" *en* Proceedings of a Workshop "on Earthquake Hazards along the Wasatch Front, Utah. (Reston, Virginia, U.S. Geological Survey, Open-File Report 87-154, 1987).

CRITERIOS GENERALES PARA LA RECOLECCION DE DATOS PARA COMPILAR UN MIC

- Recolección de mapas de base y de información sobre instalaciones apropiadas de fuentes identificadas en el Apéndice A.
- Evaluación de la uniformidad y totalidad de la información: cobertura de área, detalle, contenido, información que se necesita (ubicación, número, tipo, tamaño o capacidad y área de servicio), formato y símbolos.
- Selección del mapa de base (y escala) más apropiado a ser usado, instalaciones a ser presentadas y símbolos para describir esas instalaciones.
- Combinación o integración de la información de las instalaciones seleccionadas, en un MIC de manera exacta, clara y conveniente.

- Numerosas instalaciones críticas sobre un mapa de base general (Figura 7-10) al cual se le puede añadir información sobre peligros costeros (ver Capítulo 6) y comparados.

- Tres instalaciones críticas y un peligro (Figura 7-8) que se pueden transferir a un mapa base topográfico que muestre otras instalaciones críticas. Se pueden añadir otros peligros.

- Mapas de base topográficos que muestran numerosas instalaciones críticas (Figuras 7-11 y

7-12) y uno o dos peligros, al cual se le pueden añadir peligros adicionales.

El uso de métodos fotográficos controlados y de registro digital con computadora, son excelentes modos de reducir la distorsión cuando se recopilan diferentes tipos de facilidades o se superponen con transparencias a escalas diferentes. También se puede ampliar o reducir mapas para que sean compatibles con el mapa base. Ultria (1988) llegó a la conclusión de que, "dadas las restricciones financieras típicas que prevalecen ... el despliegue del SIG de sistemas cartográficos y con computadora, debe ser intentado primero, utilizando la información ya existente y confiable (mapas, registros estadísticos, y datos de percepción remota)".

4. Fuentes de información sobre instalaciones críticas

Existen muchos ejemplos de información sobre instalaciones críticas que pueden ser usados al preparar mapas en el proceso de planificación para el desarrollo integrado. Existe una gran cantidad de fuentes de información sobre instalaciones críticas incluyendo varias agencias, oficinas, o instituciones a nivel internacional, nacional, regional y de comunidad - gobiernos y empresas. Estas agencias, oficinas o instituciones pueden estar dedicadas al desarrollo económico, la exploración de recursos y extracción, la planificación para uso de tierras, preparativos de emergencia, respuestas al desastre, estudios geotécnicos, servicios públicos, sistemas de transporte, obras públicas, control de tráfico, salud pública y educación, seguridad nacional y seguridad de la comunidad.

A veces se puede encontrar la información crítica en forma de estudios de ingeniería, planes "tal como está construido", informes sobre desastres, impactos de anteriores eventos, inventarios de instalaciones, etc. Usualmente esta información no es fácilmente entendida por usuarios no técnicos. Debe ser traducida para los planificadores y quienes toman decisiones y transferida a mapas. En otras ocasiones, la información de las fuentes está graficada y entonces puede ser tomada de mapas temáticos sobre uso de tierras, fotográficos, topográficos, demográficos, o de turismo, ya preparados para regiones pobladas (ver Apéndice A).

Finalmente, las fuentes convencionales no deben ser dejadas de lado al recolectar información sobre instalaciones críticas. Los capítulos 8 a 11 sugieren autoridades responsables de obras públicas, actividades forestales y agrícolas como posibles valiosas fuentes de información. Asimismo. Muehrcke (1978), en su apéndice sobre "Fuentes de Mapas", dice:

Al buscar un mapa de su propia región, un primer paso sabio es consultar las fuentes locales. Las instituciones locales de las ciudades, condados, regiones y las empresas probablemente podrán proporcionar información actualizada sobre la situación de la cobertura de mapas regionales. Si vive cerca de la capital del estado, se simplificará su búsqueda, porque muchas agencias estatales usan mapas para sus operaciones diarias. Algunos estados emplean a un cartógrafo público para coordinar la preparación y disseminación de los recursos cartográficos.

Si las librerías no tienen los mapas que Ud. necesita, es posible que la biblioteca local si tenga copias. Muchas universidades y bibliotecas públicas han sido designadas como depositarias de mapas, lo cual significa que estas reciben una copia de cada mapa publicado por las principales agencias federales. Las agencias a nivel de estados y locales también depositan en estas bibliotecas, copias de mapas de proyectos especiales que ya no necesitan.

Figura 7-9: MAPA DE PELIGROS EN LA COSTA

Fuente: Adaptado de Griggs and Saboy (eds.) Living with the California Coast. (Durham, North Carolina: Duke University Press, 1985).

CONSIDERACIONES IMPORTANTES PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD DE INSTALACIONES CRITICAS

- Actualización de la información y los mapas sobre peligros, a cargo de científicos y de ingenieros.
- Actualización permanente de información y mapas de instalaciones críticas por funcionarios y proyectistas responsables.
- Investigaciones precisas de sitio por geólogos o ingenieros geotécnicos calificados.
- Evaluaciones cuidadosas de instalaciones críticas a cargo de arquitectos, ingenieros y especialistas en seguridad.
- Rápida adhesión a procedimientos de emergencia por operadores y gerentes en instalaciones críticas.
- Administración conciente de los reglamentos, a cargo de inspectores de construcción y de zonificación, y fiscalización integral por parte de funcionarios de gobierno.
- Apoyo sostenido, por parte de líderes políticos, a funcionarios de inspección y fiscalización.
- En caso que las técnicas fueran cuestionadas, contar con suficientes conocimientos y funcionarios públicos con capacidad de interpretación bien fundada, a fin de defenderlas
- Preocupación por la salud, seguridad, y bienestar del individuo, la familia y la comunidad por parte de los involucrados en el desarrollo, inversionistas, donantes y aseguradores.

5. Evaluación de la vulnerabilidad de instalaciones críticas

El impacto de los eventos naturales aumenta en la medida que aumenta el área construida. No considerar a las instalaciones críticas en el proceso de la planificación para desarrollo y protegerlas de los peligros naturales, eventualmente resultará en la pérdida de vidas, daños personales, daños a la propiedad, lenta recuperación, defectuosa restauración de instalaciones críticas y de otros servicios, y alteración de las actividades económicas vitales. Según el lugar, la capacidad y el área de servicio de una instalación crítica, su destrucción o su perturbación pueden ser catastróficas.

El énfasis de un estudio de planificación regional para el desarrollo integrado de recursos naturales, energía, infraestructura, agricultura, industria, asentamientos humanos y servicios sociales debe incluir la evaluación y protección de aquellas instalaciones críticas necesarias para el desarrollo. Este esfuerzo promueve actividades orientadas a reducir la vulnerabilidad de nuevas instalaciones evitando áreas peligrosas, diseñando con mayor resistencia u operando con mínima exposición y, en términos de instalaciones críticas existentes, promueve actividades relacionadas con el reforzamiento y adecuación de sistemas vitales, así como la implementación de programas de preparativos para emergencia, respuesta y recuperación. Las consideraciones identificadas en el recuadro anterior, deben ser tomadas en cuenta por los planificadores y quienes toman decisiones, en sus actividades para evaluar y reducir la vulnerabilidad en instalaciones críticas.

De acuerdo con la Oficina del United Nations Disaster Relief Coordinator (1989) - UNDRP -, la información sobre vulnerabilidad de las instalaciones críticas es "menos que copiosa, menos confiable y menos bien definida que la información generalmente disponible sobre los peligros naturales... Se requieren varias categorías de datos, que se relacionan no sólo con los detalles de posibles daños materiales, sino también con el grado de desorganización social y económica que se puede dar".

Se pueden preparar manuales para identificar y reducir los efectos de los peligros naturales para pueblos, ciudades, funcionarios públicos y población en general (p.e., St. Helene, 1987). Estos manuales identifican las instalaciones críticas en riesgo, las agencias responsables y sus respectivos roles, y las acciones para reducir los peligros y sus efectos sobre la población, los daños y paralizaciones. Pueden incluir matrices para evaluar la vulnerabilidad o el impacto para cada peligro y cada instalación.

Es importante dar énfasis a que la vulnerabilidad de una instalación crítica no depende exclusivamente de su exposición a los peligros. La vulnerabilidad específica depende de las características de la estructura, tales como su singularidad, tipo de construcción, calidad, modificación, edad, mantenimiento, altura, y elevación del primer piso. Por ejemplo: el daño esperado en edificios de concreto prefabricado que se muestra en la Figura 7-7 no está relacionando a un edificio o lugar específico sino, más bien, es un potencial estadístico para un determinado tipo de construcción a ser dañada en caso que ocurriera un evento determinado.

Figura 7-10: MAPA DE RED DE SERVICIOS VITALES EN SANTA LUCIA

Fuente: Adaptado de la OEA. Mapa de Líneas Vitales de Santa Lucía, preparado en colaboración con el Ministerio de Agricultura, Tierras, Pesca, Cooperativas y Labor del gobierno de Santa Lucía. (Washington, D.C: Organización de Estados Americanos, 1984b).

LIMITACIONES DE LAS EVALUACIONES DE INSTALACIONES CRITICAS AL USAR UN MIC

- Las conclusiones respecto a la respuesta de las instalaciones críticas son hipotéticas y no deben ser tomadas como evaluaciones de ingeniería para un lugar específico.
- Las evaluaciones de daños pueden estar basadas sobre un escenario específico. Un evento de un tipo, tamaño o ubicación diferente, tendrá un patrón de daños marcadamente diferente,
- Las instalaciones críticas que se ven en mapas índice, a pequeña escala, pueden haber sido transferidas a tintas desde mapas a diversas escalas y el usuario debe revisar los mapas a mayor escala (más detallados) de instalaciones individuales para obtener ubicaciones más precisas.
- Las áreas de servicio pueden haber sido estimadas en base a patrones de asentamientos. Los administradores de las instalaciones críticas deben ser consultados para conocer la extensión actual.
- La escala del mapa puede impedir suficiente detalle para permitir el uso de los mapas para estudios de instalaciones críticas individuales. Analizar la vulnerabilidad de instalaciones críticas específicas o sitios individuales, debe ser tarea de un especialista.

La identificación de las diferentes características de instalaciones críticas y la evaluación de sus vulnerabilidades es una tarea compleja que requiere mucho tiempo. En particular, sopesar y acumular los impactos puede parecer casi imposible, pero el método indicado en la Figura 7-7 para evaluar tipos

específicos de construcciones y valorar su vulnerabilidad a un peligro específico es generalmente más apropiado.

Al valorar las instalaciones críticas el equipo de planificación también debe ser conciente de las limitaciones incluidas en el anterior recuadro en términos de un MIC.

La sección C que sigue, describe diferentes métodos de combinar un MIC con un MPM. La combinación de estos dos tipos de mapas es un ejercicio útil para evaluar instalaciones críticas en términos de impactos de los peligros naturales.

C. La combinación de mapas de instalaciones críticas y de peligros múltiples

[1. Usos de mapas combinados de instalaciones críticas y de peligros múltiples](#)

Existen numerosos ejemplos de infraestructura, o de información sobre servicios vitales, que describen las instalaciones críticas en el proceso de la planificación para el desarrollo integrado. Esta información se puede combinar con un MPM para ser utilizada no sólo en la selección del lugar, sino también para la reducción de los peligros.

Son muchos los beneficios al producir un MIC, comparándolo o combinándolo con un MPM e integrando a ambos en el proceso de planificación para el desarrollo.

Por ejemplo, la ubicación de una instalación crítica en un área peligrosa, alerta a los planificadores y a quienes toman decisiones sobre el hecho que, en el futuro, una determinada instalación puede tener problemas serios. Luego, se lleva a cabo una evaluación de vulnerabilidad, dependiente de un cuidadoso análisis de equipos y del tipo, uso y condición de las instalaciones. Si la vulnerabilidad de las instalaciones críticas es evaluada, y se incorporan técnicas apropiadas de reducción en cada etapa del proceso de planificación, los desastres sociales y económicos debidos a los peligros naturales y otros, podrán ser evitados o sustancialmente reducidos.

El siguiente recuadro incluye una lista de beneficios que se obtienen combinando un MIC con un MPM.

1. Usos de mapas combinados de instalaciones críticas y de peligros múltiples

Varias actividades de planificación y desarrollo se llevan a cabo a nivel nacional, regional, e internacional. A estos niveles, la combinación de MIC y MPM puede ser usada por las agencias dedicadas a la planificación del uso de tierras, preparativos y respuesta a desastres, servicios públicos incluyendo energía, transporte y comunicaciones, seguridad nacional y seguridad de la comunidad. Aún más, el uso sobrepuesto de información sobre instalaciones críticas y sobre peligros naturales, es importante para preparar proyectos de inversión económica a ser financiados por fuentes nacionales o bancos internacionales.

Una discusión de las actividades de planificación y desarrollo que pueden combinar los MIC y MPM, sigue a continuación:

Figura 7-11: MAPA INDICE DE CALLES DE CIUDADES PENINSULARES

Leyenda: Zonas peligrosas: áreas ligeramente sombreadas denotan áreas inundables; las áreas más sombreadas denotan zonas de ruptura de fallas. Se muestran numerosas instalaciones críticas en este tipo de mapa base.

Fuente: Adaptado de San Mateo Burlingame Board of Realtors. Mid-peninsula cities street index map. (San Jose, California: San Metro-Burlingame Board of Realtors, 1979).

BENEFICIOS AL COMBINAR UN MIC CON UN MPM

- Se logra una representación clara y conveniente de las instalaciones críticas en áreas peligrosas.
- Los planificadores y quienes toman decisiones perciben los peligros sobre las instalaciones críticas antes de la implementación del proyecto.
- Es posible un enfoque más conciso del efecto e impacto de fenómenos naturales sobre Instalaciones críticas durante tempranas etapas iniciales del estudio de planificación.
- Se puede identificar el grado en que el nuevo desarrollo puede ser afectado por una falla o alteración de instalaciones críticas existentes, como consecuencia de un evento natural.
- Se pueden reducir los peligros que afectan las nuevas instalaciones críticas.
- Serán posibles cálculos más realistas en la relación costo-beneficio para el nuevo desarrollo.
- Se identifica la necesidad de más (o mejores) investigaciones para el proceso, o de la predicción de los peligros.
- Se puede identificar áreas de estudio y subdividirías en sub-áreas que requieran diferentes evaluaciones, preparativos de emergencia, recuperación inmediata y/o técnicas específicas de reducción.

a. Ejemplos de combinaciones de MIC y MPM

La combinación de MIC y MPM ha sido muy efectiva para la planificación del uso de la tierra, preparativos para emergencias, aumento de conciencia pública y planificación para el desarrollo.

Planificación para uso de la tierra

La planificación para el uso de la tierra es una de las maneras más eficientes de evitar el desarrollo en áreas peligrosas o reducir la densidad del desarrollo. El Departamento de Planificación del Condado de Santa Clara, California (1975) preparó un extenso plan de uso de tierras acatando una ley del estado que requiere que todas las ciudades y condados preparen y adopten un plan de seguridad sísmica. Todos los peligros sísmicos potenciales - licuefacción, esparcimiento lateral, asentamiento diferencial, desplazamiento del terreno, deslizamientos de tierra, e inundaciones debido a ruptura de una presa - fueron combinados sobre un mapa de estabilidad sísmica. Luego se utilizaron tres zonas para indicar tres diferentes niveles de requerimientos para investigaciones detalladas en el sitio, de acuerdo con lo

determinado por el grado del peligro (Figura 7-5).

Los asentamientos urbanos, de transporte, servicios públicos e instalaciones de emergencia fueron luego sobrepuestos al mapa de estabilidad sísmica con transparencias. Los ciudadanos, así como los planificadores y quienes toman decisiones, pudieron conocer del daño potencial a través de información gráfica que mostraba viviendas, carreteras, ferrocarriles, puentes, oleoductos, líneas de transmisión eléctrica, hospitales y estaciones contra incendio ubicadas en el mapa en diferentes zonas de peligro. Además, en este caso se cuenta con mapas a gran escala para mostrar los peligros potenciales en relación con los linderos de las propiedades (ver Capítulo 6).

Otro condado en California (Santa Bárbara County Planning Department, 1979), preparó su plan de seguridad sísmica para fines de orientación, mostrando la ubicación de varias instalaciones críticas, es decir, carreteras, aeropuertos, ferrocarriles, una base aérea y un instituto correccional federal. (Ver en el Capítulo 6, la sección sobre "Información Procesada por Computadora").

Reglamentos de desarrollo

A veces algunas instalaciones críticas y la información de peligros se muestran sobre un determinado mapa para propósitos de reglamento. Por ejemplo, el cuerpo legislativo de California (1972) cautela la seguridad pública restringiendo el desarrollo en zonas de ruptura de fallas de superficie. Estas zonas regulatorias cubren 34 condados y 75 ciudades en California; se ha proporcionado a cada condado y ciudad afectada copias reproducibles de los mapas pertinentes (Figura 7-12). En este tipo de mapas se muestran numerosas instalaciones críticas (p.e., las principales carreteras, pasos a desnivel, acueductos, oleoductos y líneas de transmisión eléctrica).

Información en la transferencia de títulos de terrenos

Frecuentemente, la combinación de instalaciones críticas con la información sobre peligros naturales, es usada en determinados mapas para la percepción y orientación de los compradores de tierras. Por ejemplo, el Congreso de los Estados Unidos (1984), la Legislatura de California (1972), y el Directorio de Supervisores del Condado de Santa Clara (1978) requieren de quienes alquilan o vendan bienes raíces, que informen al presunto cliente o comprador si la propiedad está ubicada en área de inundaciones, ruptura de fallas o expuesta a deslizamientos de tierra.

Figura 7-12: CUADRANGULO RITTER RIDGE DEL U.S. GEOLOGICAL SURVEY

Leyenda:

Parte del cuadrángulo Ritter Ridge del U.S. Geological Survey (serie topográfica), que ha sido usado por el California Division of Mines and Geology (1979), como mapa base para regular los peligros de ruptura de fallas en zonas de estudios especiales (líneas más claras), a lo largo de un segmento de la falla de San Andreas. Los trazos de fallas potencialmente activas (líneas más oscuras) están indicados por líneas sólidas donde han sido ubicadas con precisión, por rayas largas donde están aproximadamente ubicadas, por rayas cortas donde sólo son inferidas, y por puntos donde están ocultas. En este tipo de mapa base se muestran numerosas instalaciones críticas.

Fuente: Adaptado de California División of Mines and Geology, Ritter Ridge Quadrangle-Special Studies Zones Map. (Sacramento California - California Division of Mines and Geology, 1979).

Para asistir a los financiadores y vendedores en acatar estas leyes, los gremios locales de agentes de bienes raíces han preparado mapas de índices de las calles mostrando las zonas peligrosas. La Figura 7-11 muestra dos de estas zonas peligrosas. El editor de estos mapas-índice de calles, utilizó mapas topográficos como mapas base. Se muestran numerosas instalaciones críticas de este tipo de mapa base (por ejemplo, las principales carreteras, aeropuertos, pasos a desnivel, escuelas, ferrocarriles, líneas de transmisión eléctrica, y alcantarillados).

Conciencia pública

Frecuentemente, un pre-requisito para obtener apoyo para la planificación del desarrollo integrado y la reducción de peligros, es la conciencia y percepción pública no sólo de los peligros sino de aquellas instalaciones críticas que serán afectadas. Como un ejemplo, Griggs y Savoy (1985) cartografiaron más de 1.100 millas de línea de costa del Océano Pacífico en California, en tres zonas de peligros, reflejando una combinación de erosión costera, el efecto de la erosión de acantilados por las olas, derrumbes, retracción de precipicios, deslizamientos de tierra, fluencia, caída de rocas, y olas de tormentas. Los autores tuvieron la intención de ayudar a sus lectores "a tomar decisiones más educadas sobre la construcción, la compra, y la habitación en zonas de costa". Se muestran varias instalaciones críticas (por ejemplo, carretera principal, ferrocarril y base militar; ver Figura 7-9).

Planificación de preparativos para emergencias

Alexander *et al.*, (1987) usaron la cartografía digital y la tecnología de sistemas de información geográfica para describir los peligros naturales siguientes: deslizamientos de tierra, licuefacción, inundaciones y ruptura de fallas. Estos peligros fueron luego combinados con varias instalaciones críticas (por ejemplo, ruptura de fallas con escuelas, estaciones contra incendios, instalaciones médicas, y estaciones de policía; y con las principales tuberías de gas y agua; ver Figura 7-8). La naturaleza y capacidad de un sistema de información geográfica proporcionan una excelente base para presentar esa información a la planificación de preparativos para la emergencia.

Davis *et al.*, (1982), graficaron las instalaciones críticas que serían necesarias para una importante respuesta ante una emergencia, debido a un terremoto destructor. Las instalaciones incluyeron caminos, aeropuertos, ferrocarriles, instalaciones marinas, líneas de comunicación, suministro de agua, tratamiento de desechos sólidos, y líneas de energía eléctrica, gas natural y petróleo. El mapa de comunicaciones, por ejemplo, evalúa el funcionamiento del sistema telefónico después de un supuesto terremoto. Los mapas de las instalaciones de agua potable y tratamiento de desechos sólidos muestran la ubicación y los estimados de daños a dichas instalaciones. La mayoría de las líneas de servicios vitales son susceptibles a daños significativos que podrían requerir un importante esfuerzo para responder adecuadamente a la emergencia.

Este último estudio (Davis *et al.*) cubre un amplio espectro de temas. Cada MIC está acompañado por una descripción de los patrones generales de los efectos de un terremoto; por ejemplo:

No todos los sistemas (telefónicos) de la región del área metropolitana de los Angeles (California) están diseñados para procesar automáticamente llamadas de emergencia sobre bases prioritarias, previamente fijadas. Así pues la sobrecarga de los equipos aún en servicio podría ser muy significativa.

A su vez, cada evento cartografiado anticipado está acompañado por ejemplos específicos de daños esperados; por ejemplo:

Las varias plantas hidroeléctricas ubicadas en los acueductos de California y Los Angeles, en el condado noroccidental de Los Angeles, y la planta eléctrica Devil Canyon, cerca de San Bernardino, estarán fuera de servicio largo tiempo debido a daños importantes a ambos sistemas de acueductos.

Además, cada mapa también está acompañado por las necesidades de la planificación para emergencias; por ejemplo:

Los planificadores de emergencias deben identificar las principales rutas de emergencia que puedan ser más fácilmente habilitadas inmediatamente después del terremoto ... también se debe seleccionar rutas alternas de emergencia que tengan pendiente y ancho, y estén libres de edificios y líneas de transmisión u otras construcción que pudieran ser dañadas y causar obstrucción.

Selección de sitio

Frecuentemente la probabilidad, ubicación y severidad de los peligros naturales son criterios usados para la selección de un sitio para una instalación crítica. Por ejemplo, Perkins (1978) identificó los sitios Clase I como parte de un plan regional para el manejo de desechos sólidos. Los sitios de Clase I están definidos como áreas de tratamiento para desechos peligrosos, tales como químicos tóxicos, desechos industriales solubles, caldos salinos, y cenizas de incineración no extinguidas.

El estudio de Perkins identifica áreas que justifican la realización de mayores estudios para uso como lugares de tratamiento de desechos peligrosos, y recomienda que esos lugares de tratamiento, y las respectivas instalaciones, estén ubicados de tal manera que no afecten adversamente la salud y seguridad humana, la calidad del aire y del agua, la fauna silvestre, los recursos críticos ambientales, y tampoco las áreas urbanizadas. Los sitios que podrían estar sujetos a inundaciones, fallas, licuefacción, deslizamientos o erosión acelerada fueron considerados inaceptables.

La ubicación y evaluación de los peligros naturales ha sido un determinante clave en la evaluación y selección de sitios para otras instalaciones críticas - estructuras en el litoral, estaciones nucleares para generar electricidad, presas de relleno hidráulico, tuberías de agua, terminales de gas natural licuado, instalaciones educativas, y sub-estaciones eléctricas.

b. Planificación regional: el proceso de planificación para el desarrollo integrado

El Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la OEA ha hecho uso de técnicas de cartografía para combinar la información de peligros naturales y de instalaciones críticas en sus estudios de planificación. Los mapas de peligros múltiples para áreas nacionales y regionales fueron preparados para el Ecuador, Honduras, St. Kitts y Nevis, y Santa Lucía y combinados con información sobre instalaciones, que incluyeron los servicios vitales, suministros de energía, instalaciones de salud, edificios altos, abastecimiento de agua potable, y transporte. A continuación, una breve reseña de estos estudios.

Ecuador

Después de hacer una lista de todas las actividades de desarrollo para las cuencas del Santiago y del río Mira, el equipo de planificación evaluó propuestas para transporte y otras actividades de desarrollo de infraestructura. Su plan de trabajo incluyó no sólo un estudio del sistema regional de asentamientos humanos, sino también la presentación de un capítulo sobre estrategias para el desarrollo de la

infraestructura. La inversión más grande recomendada (40% del total), fue asignada a instalaciones críticas, es decir, al desarrollo de instalaciones portuarias, sistemas de carreteras, servicios de telecomunicaciones, proyectos de energía y electrificación rural, y otra infraestructura (OAS. 1984a).

En otro proyecto de desarrollo (Plan Hidráulico del Jubones), el Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la OEA (1984c) cartografió muchas de las instalaciones críticas - electricidad (Figura 7-4), salud y educación (Figura 7-6).

Honduras

La etapa de diagnóstico del Proyecto de Desarrollo Isla de la Bahía y Atlántida, incluyó un mapa de peligro de inundaciones (ver el Capítulo 6) que identificó varias instalaciones críticas - líneas de transmisión eléctrica, carreteras, ferrocarriles, hospitales, puentes, escuelas, y almacenes de combustibles. Este tipo de información sobre infraestructura, frecuentemente se encuentra en mapas a escala de 1:50.000 o mayores, preparados por las instituciones nacionales cartográficas.

St. Kitts y Nevis

Como parte de un estudio de planificación para el desarrollo, se puede llevar a cabo una evaluación de infraestructura crítica (Bender, 1986). Los asentamientos fueron evaluados en términos del efecto potencial de eventos peligrosos. El estudio incluyó la identificación de instalaciones críticas principales, tales como puestos de policía, contra incendios y médicos. Su vulnerabilidad fue discutida y resumida como sigue:

- Las instalaciones médicas pueden ser susceptibles a daños de vientos e inundaciones.
- Las líneas de energía eléctrica son susceptibles a daños de vientos y, en menor grado, de inundaciones, erosión y flujos de derrubio.
- El suministro doméstico de agua potable es susceptible a inundaciones; las tuberías de las tomas en las partes altas de las montañas, frecuentemente se encuentran dañadas donde cruzan pequeñas quebradas.
- La red de caminos y el sistema de distribución de energía eléctrica son vulnerables a la interrupción de servicios.
- Se pueden esperar daños a escuelas, instalaciones médicas y estaciones designadas para primeros auxilios, y también a los refugios.

Posteriormente, se hicieron recomendaciones específicas para reducir el daño al sistema de caminos, suministros de agua, albergues para emergencias, estaciones de primeros auxilios, instalaciones médicas y escuelas.

Santa Lucía

El gobierno ha llevado a cabo un extenso trabajo sobre percepción de peligro y mitigación en Santa Lucía. De particular interés es un estudio que identificó los riesgos asociados con los peligros naturales conocidos para diez asentamientos humanos costeros y sus áreas circundantes. Se describieron las instalaciones críticas utilizando títulos genéricos como comunicaciones, servicios de emergencia, salud, educación y energía (Figura 7-10), y las instalaciones expuestas a los peligros fueron examinadas (aeropuertos, caminos, hoteles, almacenes de dinamita, colegio para sordos, iglesias, fuentes, correo,

torres de transmisión eléctrica, faro para la navegación, transformadores eléctricos, muralla para defensa del mar, depósitos de petróleo y plantas de tratamiento de aguas servidas.

Referencias

- ** Alexander, R.H., et al. Applying Digital Cartographic and Geographic Information Systems Technology and Products to the National Earthquake Hazard Reduction Program. Final Report Atlas, Appendix B to Research Project RMMC 86-1 (Denver, Colorado: U.S. Geological Survey, 1987).
- Algermissen, S.T., et al. A Study of Earthquake Losses in the Los Angeles, California, Area. Report prepared for the Federal Disaster Assistance Administration (Boulder, Colorado: National Oceanic and Atmospheric Administration Environmental Research Laboratories, 1973).
- Bender, S.O. "Natural Hazard Assessment in Integrated Regional Development" in Proceedings of the International Symposium on Housing and Urban Development after Natural Disasters (Washington, D.C.: American Bar Association, 1987).
- St. Kitts and Nevis Forestry Development and Resource Management Planning Project: Report on Natural Hazards Assessment and Settlement Development Planning in St. Kitts and Nevis (Washington, D.C.: Organization of American States, 1986).
- Blume, J.A., et al. Damage Prediction of an Earthquake in Southern California. Final technical report under contract 14-08-0001-15889 (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1978).
- California Division of Mines and Geology. Ritter Ridge Quadrangle-Special Studies Zones Map, scale 1:24,000 (Sacramento, California, 1979).
- California Legislature. Alquist-Priolo Special Studies Zones Act, as amended. California Public Resources Code, secs. 2621 et seq. (Sacramento, California, 1972).
- ** Davis, J.F., et al. Earthquake Planning Scenario for a Magnitude 8.3 Earthquake on the San Andreas Fault in Southern California. Special publication 60 (Sacramento, California: California Division of Mines and Geology, 1982).
- Earthquake Engineering Research Institute. Learning from Earthquakes-Planning and Field Guides (El Cerrito, California: Earthquake Engineering Research Institute, 1977).
- Evernden, J.F., Kohler, W.M., and Clow, G.D. Seismic Intensities of Earthquakes of Coterminous United States-Their Prediction and Interpretation. Professional Paper 1223 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981).
- * Federal Emergency Management Agency. An Assessment of the Consequences and Preparations for a Catastrophic California Earthquake; Findings and Actions Taken-Prepared from analyses carried out by the National Security Council Ad Hoc Committee on Assessment of Consequences and Preparations for a Major California Earthquake (Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency, 1980).
- * Griggs, G., and Savoy, L. (eds.) Living with the California Coast (Durham, North Carolina: Duke University Press, 1985).

** Muehrcke, P.C. Map Use-Reading, Analysis, and Interpretation (Madison, Wisconsin: J.P. Publications, 1978).

* National Research Council. Multiple Hazard Mitigation. Report of a Workshop on Mitigation Strategies for Communities Prone to Multiple Natural Hazards (Washington, D.C.: National Academy Press, 1983).

Office of the United Nations Relief Co-ordinator. Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Report of Expert Group Meeting, 9-12 July 1979 (Geneva: UNDRO, 1980).

* Organization of American States, Department of Regional Development. Course on the Use of Natural Hazards Information in the Preparation of Investment Projects, vols. I and II (Washington, D.C.: Organization of American States, 1987).

** - Proyecto de Desarrollo Islas de la Bahía-Atlántida (Isatlán), República de Honduras (Washington, D.C.: Organización de los Estados Americanos, 1986).

* - Integrated Regional Development Planning: Guidelines and Case Studies from OAS Experience (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984a).

** - Saint Lucia Lifeline Network map, scale 1:50.000. Prepared with the collaboration of the Ministry of Agriculture, Lands, Fisheries, Co-operatives and Labour, of the Government of Saint Lucia (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984b).

** - Plan Hidráulico del Jubones, República del Ecuador, vols. I and III (Washington, D.C.: Organización de los Estados Americanos, 1984c).

** -- Mapa de Infraestructura/Equipamiento, escala 1:1.000.000. Proyecto de Asistencia Técnica al Departamento de Planeamiento Regional de SEPLACODI/República Oriental del Uruguay (Montevideo: Organización de los Estados Americanos, 1981).

- Physical Resource Investigations for Economic Development: A Casebook of OAS Field Experience in Latin America (Washington, D.C.: Organization of American States, 1969).

** Perkins, J.B. Identification of Possible Class I Site Areas, Solid Waste Management Plan. Technical Memorandum 7 (Berkeley, California: Association of Bay Area Governments, 1978).

** - The San Francisco Bay Area-On Shaky Ground. Final Project Report for California Waste Management Board (Oakland, California: Association of Bay Area Governments, 1987).

** Robinson, A.H., Sale, R.D., and Morrison, J.L. Elements of Cartography, 4th ed. (New York: John Wiley, 1978).

* Santa Barbara County Planning Department. Seismic Safety and Safety Element (Santa Barbara, California, 1979).

Santa Clara County Board of Supervisors. Geological Ordinance No. ns-1205.35. Santa Clara County Code, secs. C-12-600 et seq. (San Jose, California, 1978).

* Santa Clara County Planning Department. Seismic Safety Plan (San Jose, California, 1975).

* San Mateo-Burlingame Board of Realtors. Mid-Peninsula Cities Map, scale 1:33,333. Special Studies

Zones and Flood Hazard Maps (San Jose, California: Barclay Maps, 1979).

Schiff, A.J. "Lifelines in an Urban Post-Earthquake Environment" in Hays, W.W., and Gori, P.L. (eds.), Proceedings of Conference XXVI-A Workshop on "Evaluation of Regional and Urban Earthquake Hazards and Risk in Utah, Salt Lake City, Utah." Open-File Report 84-763 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984): pp. 203-225.

Singer, A., Rojas, C., and Lugo, M. Inventario Nacional de Riesgos Geológicos, Estado Preliminar (Caracas: FUNVISIS, 1983).

** St. Helene, L. The Identification, Monitoring, and Mitigation of Hazardous Risks in Coastal Settlements of Saint Lucia-A Manual for Town, Village, and Regional Clerks (Castries: National Emergency Organization, and Washington, D.C.: Organization of American States, 1987).

- Natural Resources Management for Development-Natural Hazards Risk Assessment of Coastal Settlements in Saint Lucia, West Indies. A Report Submitted to Project Chief, Natural Resource Management for Development Project. OAS Mission (Castries: 1986).

Taylor, C.E., Eguchi, R.T., and Wiggins, J.H. "Lifeline Earthquake Engineering-State-of-the-Art of Hazard Mitigation Analysis" in Proceedings of 3rd International Earthquake Microzonation Conference (Seattle, Washington: University of Washington, 1982). pp. 1599-1627.

** Thompson, M.M. Maps for America-Cartographic Products of the U.S. Geological Survey and Others, 2nd ed. (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981).

University of California, Los Angeles. A Campus at Risk-Report of the UCLA Ad Hoc Joint Senate-Administration Earthquake Safety Committee (Los Angeles, California: University of California at Los Angeles, 1985).

U.S. Congress. National Flood Insurance Act of 1968, as amended. Public Law 93-383, 88 Stat. 739. 42 U.S.C. 4104a (Washington, D.C., 1974).

U.S. Geological Survey. Scenarios of Possible Earthquakes Affecting Major California Population Centers, with Estimates of Intensity and Ground Shaking, Open-File Report 81-115 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981).

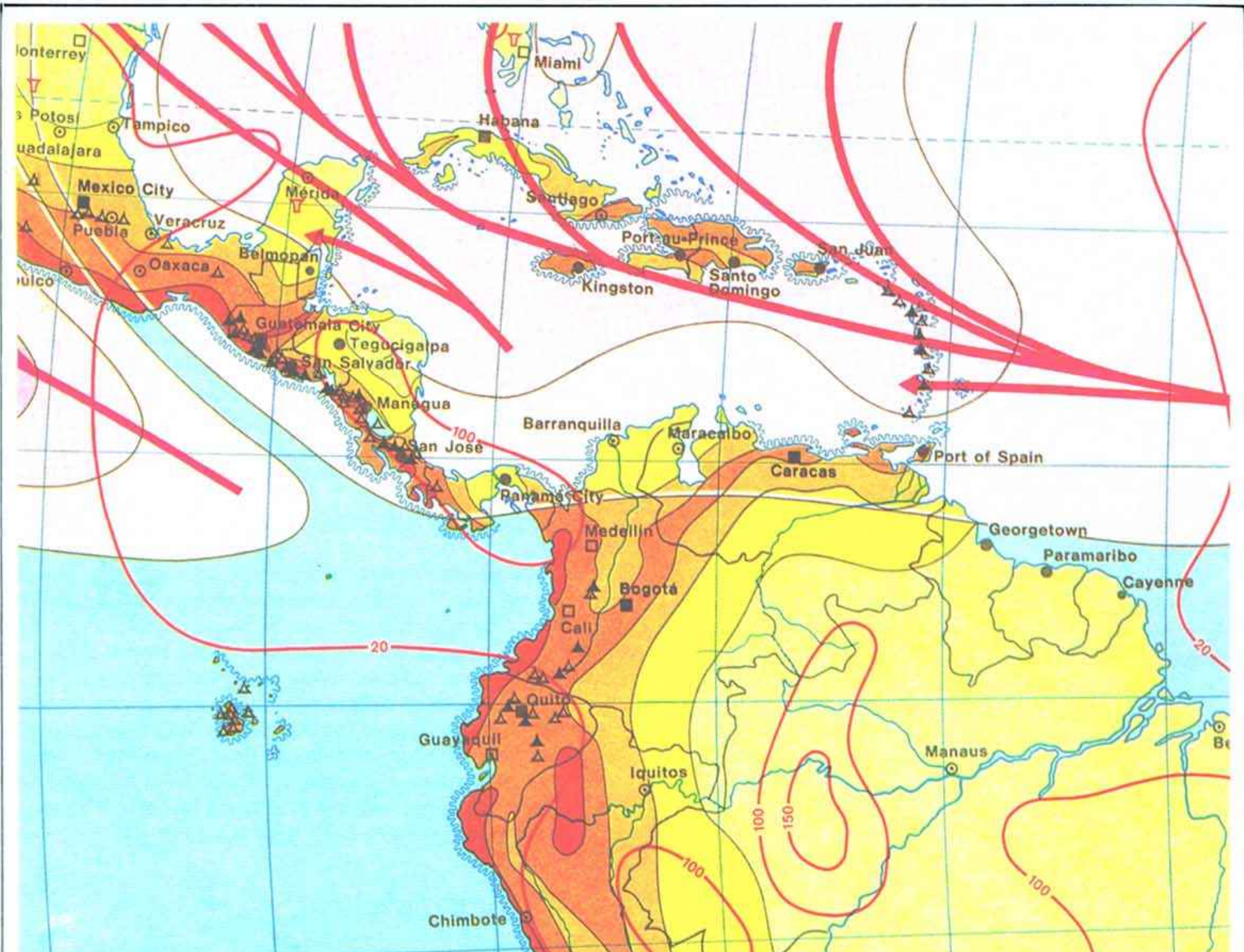
U.S. Office of Science and Technology Policy. Earthquake Hazards Reduction: Issues for an Implementation Plan (Washington, D.C.: Office of Science and Technology Policy, 1978).

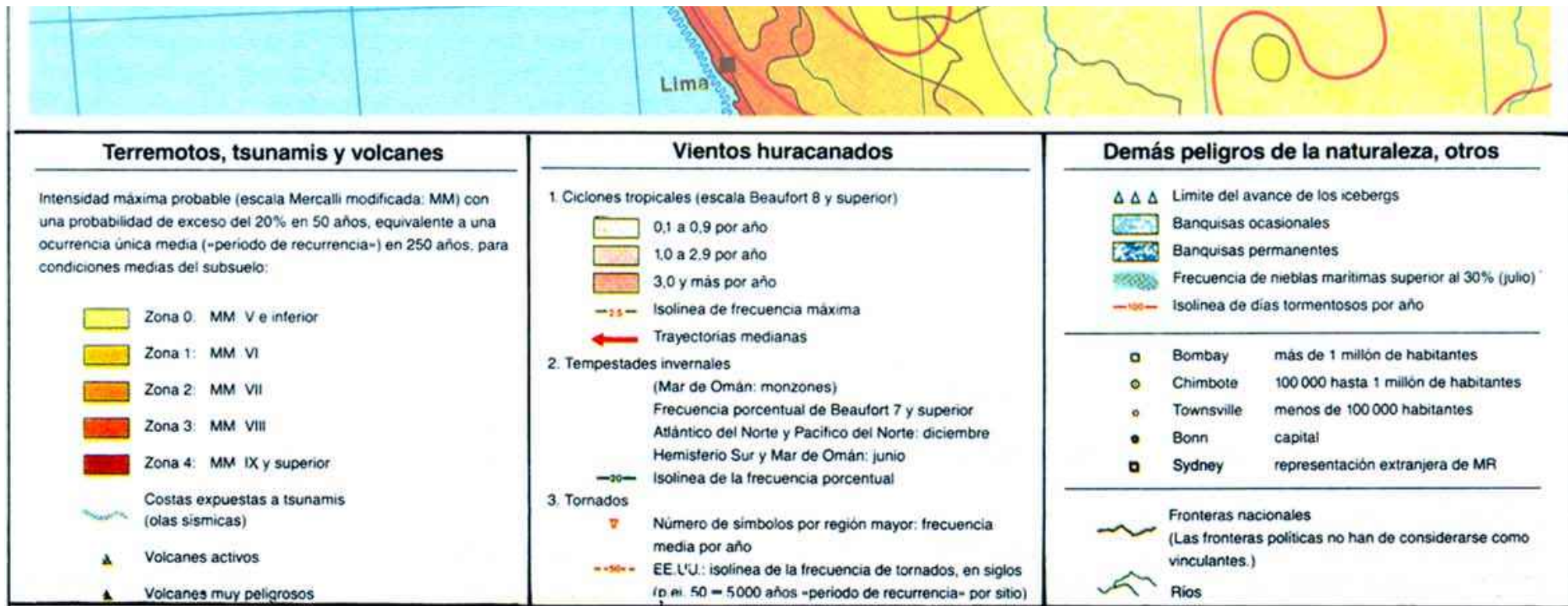
** Utria, B.E. Notes on the Application of Geographic Information Systems in Natural Hazards Risk Assessment and Development Planning at National and Metropolitan Levels (Washington, D.C.: Organization of American States, 1988).

* Referencia clave.

** Referencia clave específicamente para cartografía de instalaciones críticas







Terremotos, tsunamis y volcanes

Intensidad máxima probable (escala Mercalli modificada: MM) con una probabilidad de exceso del 20% en 50 años, equivalente a una ocurrencia única media («periodo de recurrencia») en 250 años, para condiciones medias del subsuelo:

- Zona 0: MM V e inferior
- Zona 1: MM VI
- Zona 2: MM VII
- Zona 3: MM VIII
- Zona 4: MM IX y superior

Costas expuestas a tsunamis (olas sísmicas)

Volcanes activos

Volcanes muy peligrosos

Vientos huracanados

1. Ciclones tropicales (escala Beaufort 8 y superior)

- 0,1 a 0,9 por año
- 1,0 a 2,9 por año
- 3,0 y más por año
- Isolinia de frecuencia máxima
- Trayectorias medianas

2. Tempestades invernales

(Mar de Omán: monzones)

Frecuencia porcentual de Beaufort 7 y superior

Atlántico del Norte y Pacífico del Norte: diciembre

Hemisterio Sur y Mar de Omán: junio

Isolinia de la frecuencia porcentual

3. Tornados

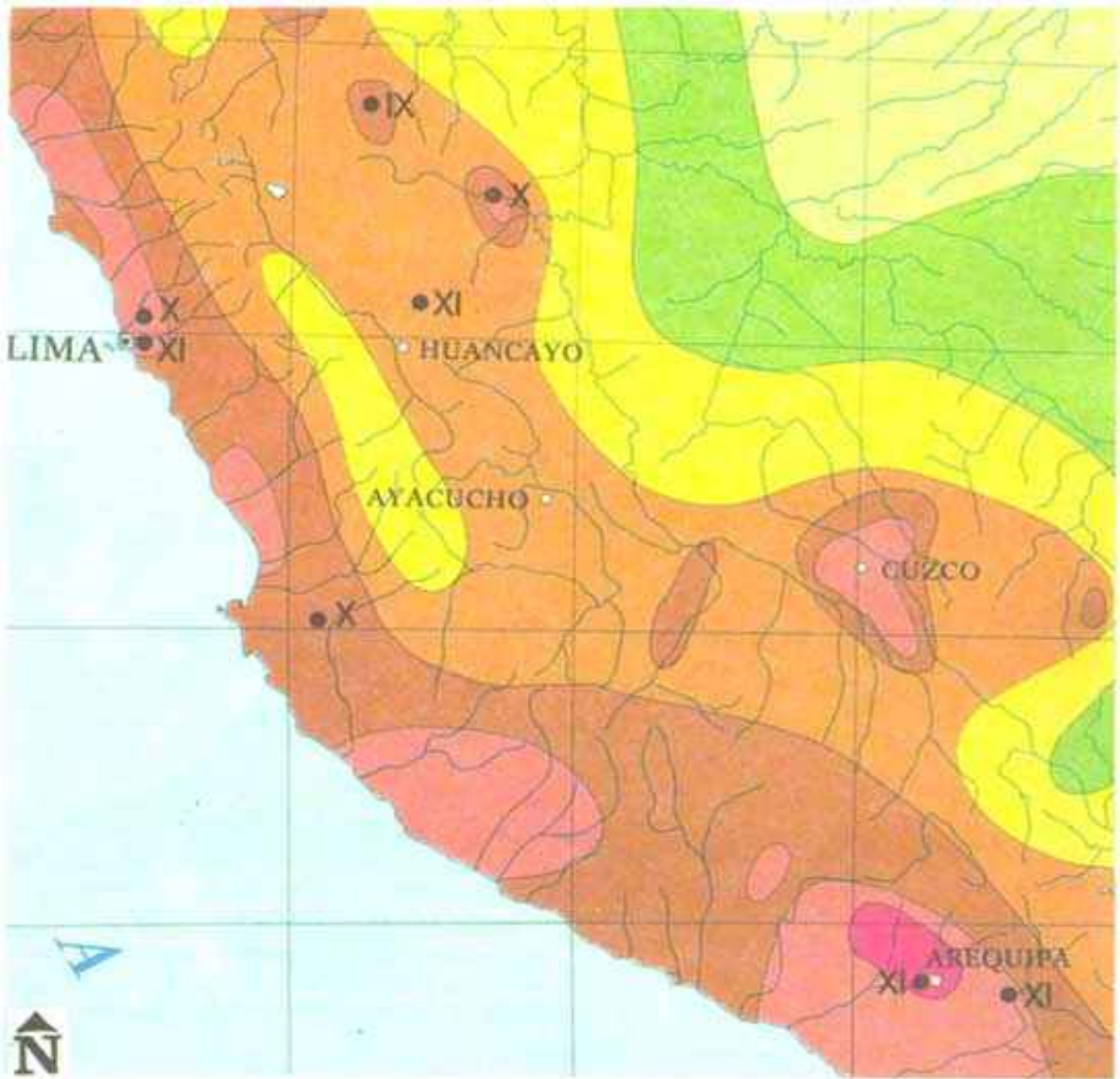
- Número de símbolos por región mayor: frecuencia media por año
- EE.U.U.: isolinia de la frecuencia de tornados, en siglos (p.ej. 50 = 5000 años «periodo de recurrencia» por sitio)

Demás peligros de la naturaleza, otros

- Limite del avance de los icebergs
- Banquisas ocasionales
- Banquisas permanentes
- Frecuencia de nieblas maritimas superior al 30% (julio)
- Isolinia de días tormentosos por año

- Bombay más de 1 millón de habitantes
- Chimbote 100 000 hasta 1 millón de habitantes
- Townsville menos de 100 000 habitantes
- Bonn capital
- Sydney representación extranjera de MR

- Fronteras nacionales (Las fronteras políticas no han de considerarse como vinculantes.)
- Ríos



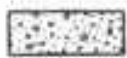
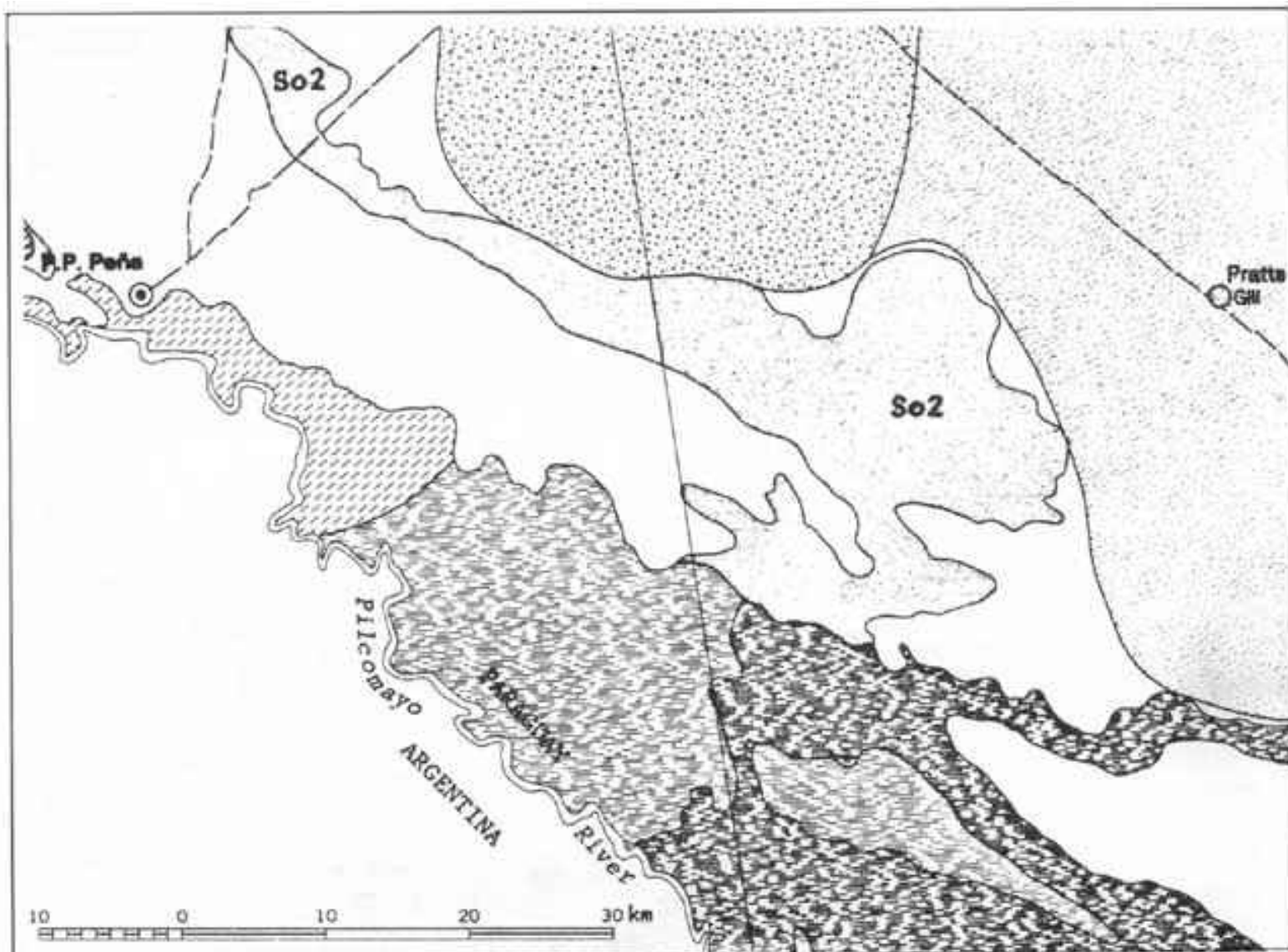
Leyenda:

-  I (MM) = X
-  I (MM) = IX
-  I (MM) = VIII

-  I (MM) = VII
-  I (MM) = VI
-  I (MM) = V
-  I (MM) = <V



Intensidades en exceso de los valores de contorno, observadas en áreas de extensión restringidas.



Alto riesgo



Moderado riesgo

AREAS SUJETAS A DESERTIFICACION

Se identifican las de riesgo alto y riesgo moderado por análisis de factores, de presión humana, clima y recursos naturales.



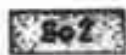
Alto riesgo



Muy alto riesgo

AREAS SUJETAS A INUNDACION

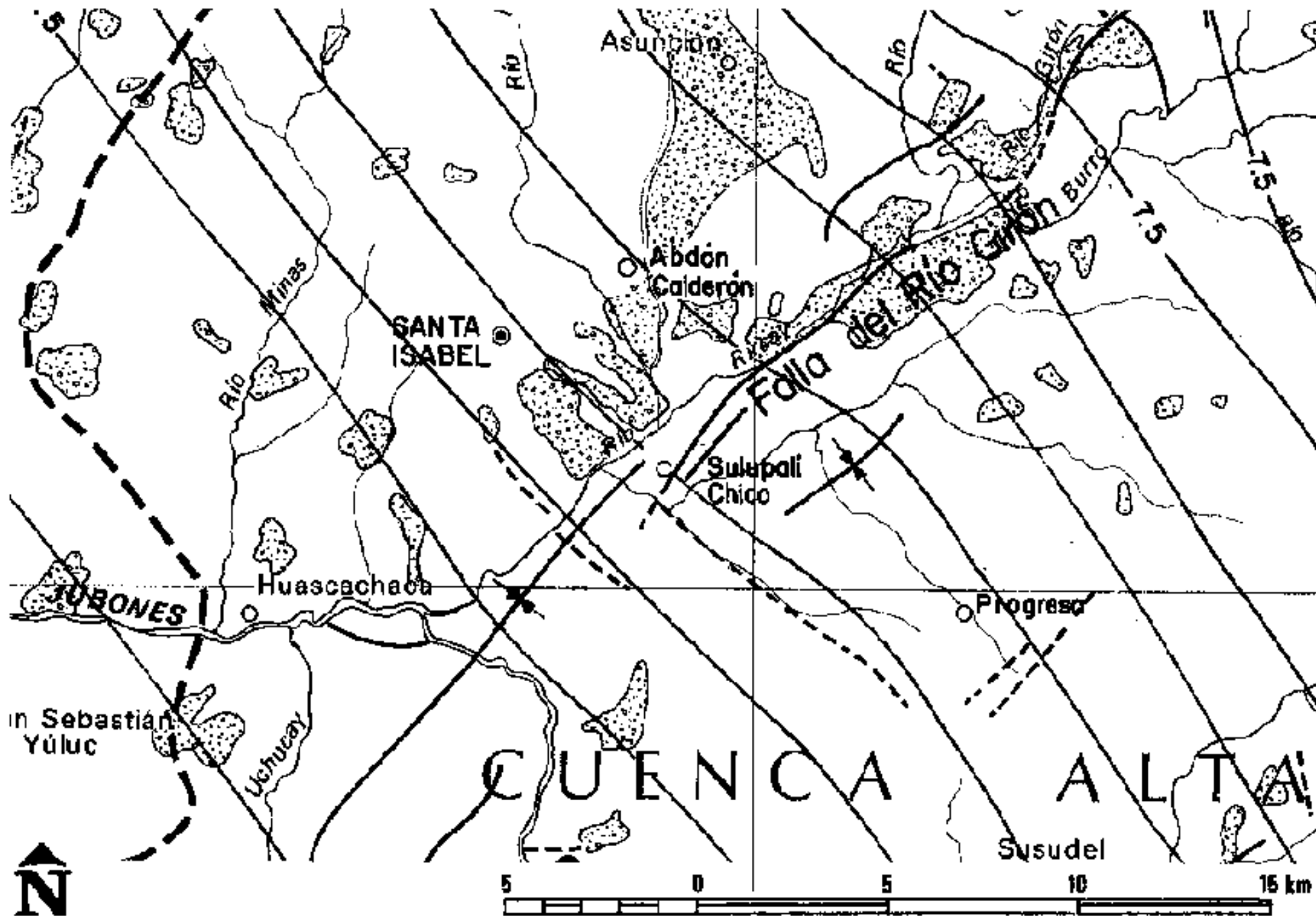
Se identifican las de muy alto riesgo y alto riesgo de inundaciones, con datos Landsat, fotografía aérea y mapas de suelos, vegetación, fluvilogía, uso de tierras, precipitación y peligro de desertificación.



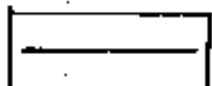
Muy alto riesgo

AREAS DE SUELOS PELIGROSOS

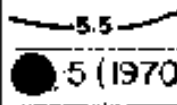
Las áreas demarcadas son zonas de muy alto riesgo de salinización y alcalinización. También fueron identificadas áreas con alto riesgo de erosión.



Legenda:



Falla



Isolíneas de Intensidad de Terremoto
Intensidad de Terremoto (año)



Falla Inerida

Eje Anticlinal

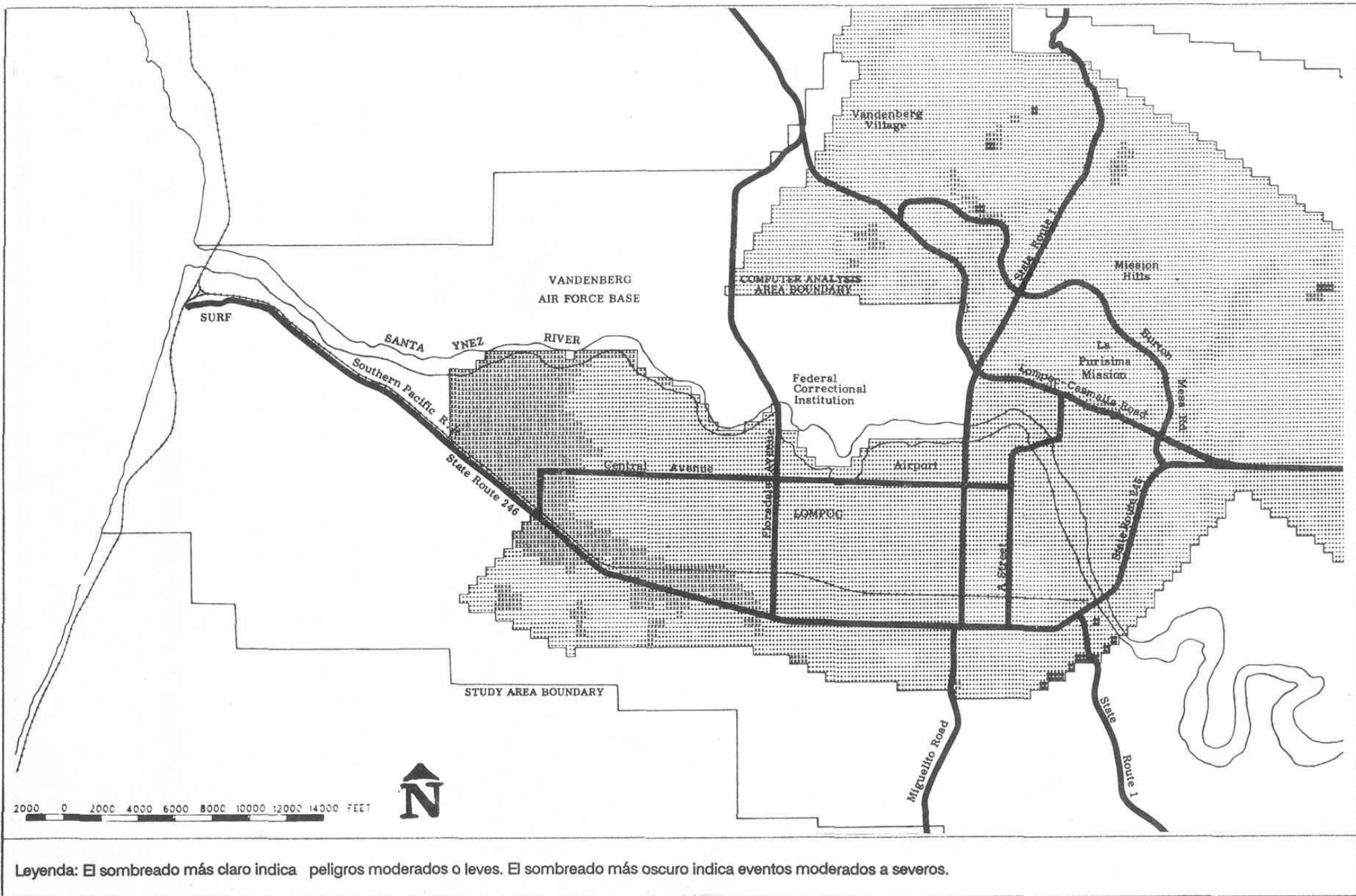
Eje Sinclinal

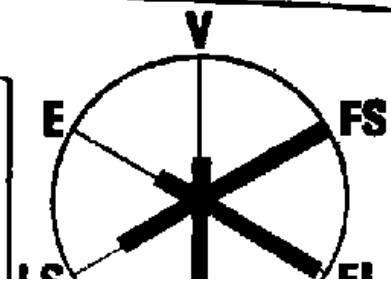
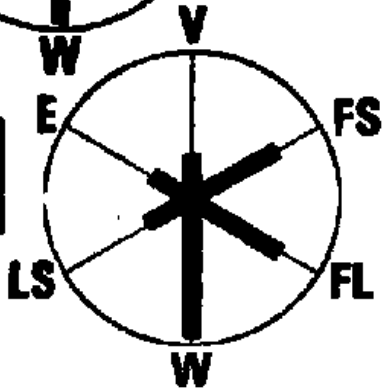
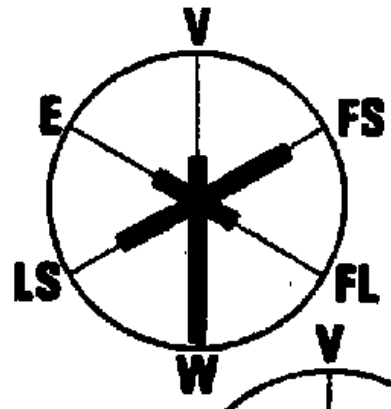
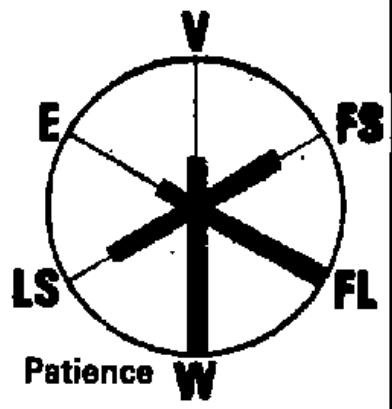
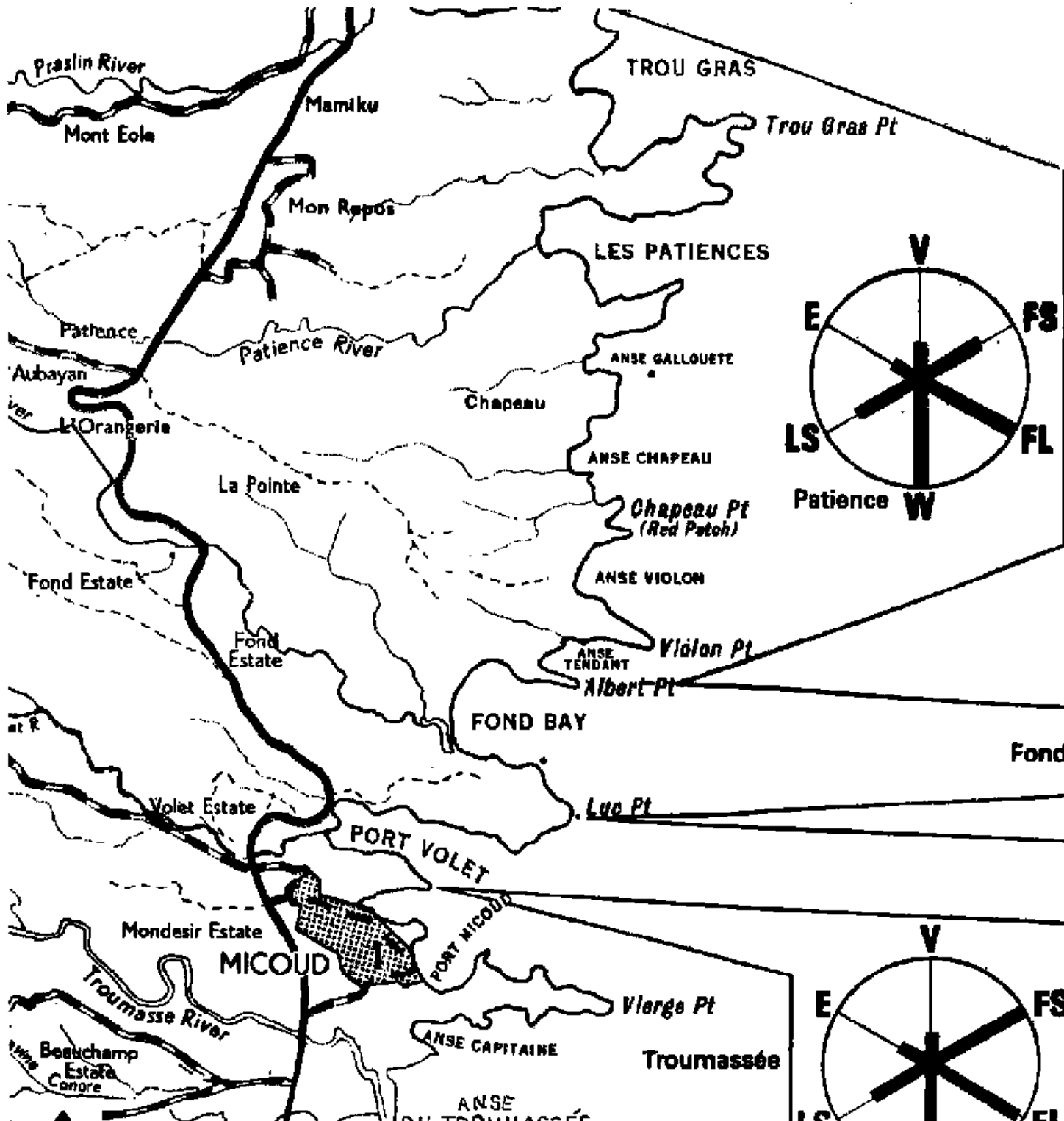


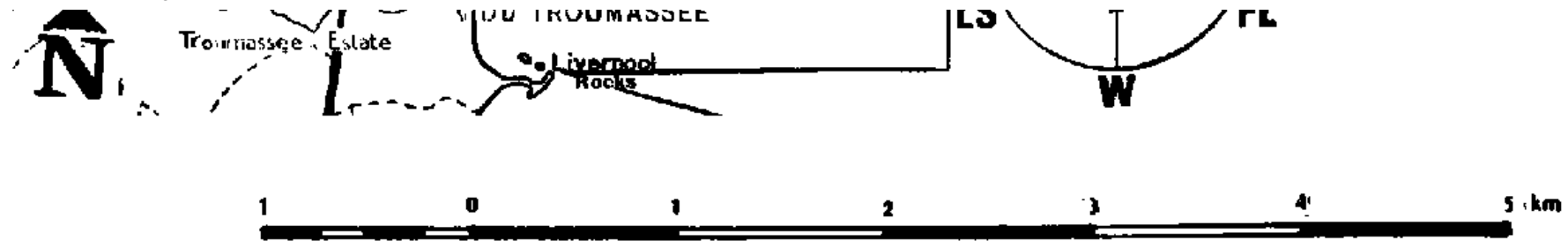
Terremoto Destructivo (año)

Deslizamiento de Tierra

Inundación

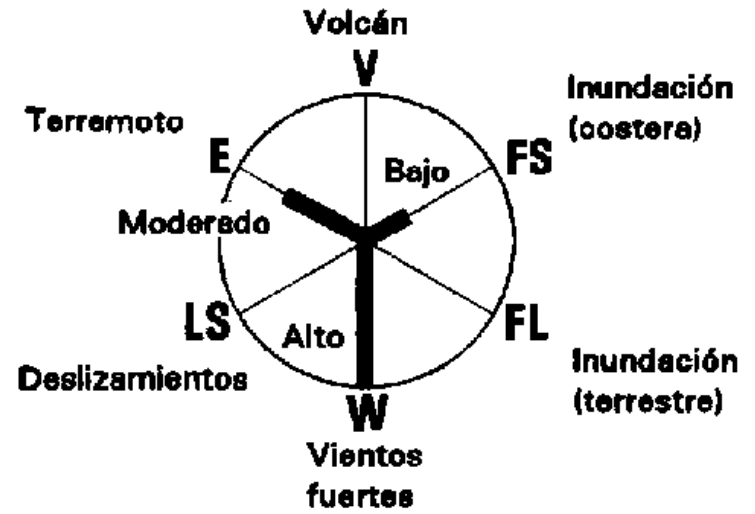


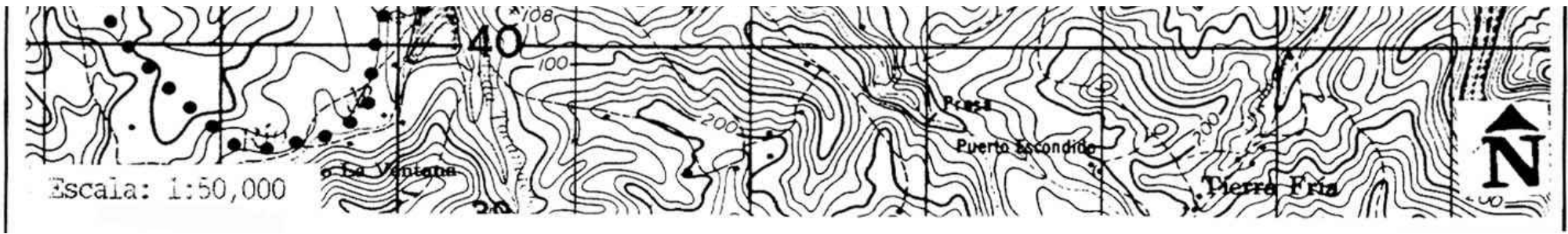


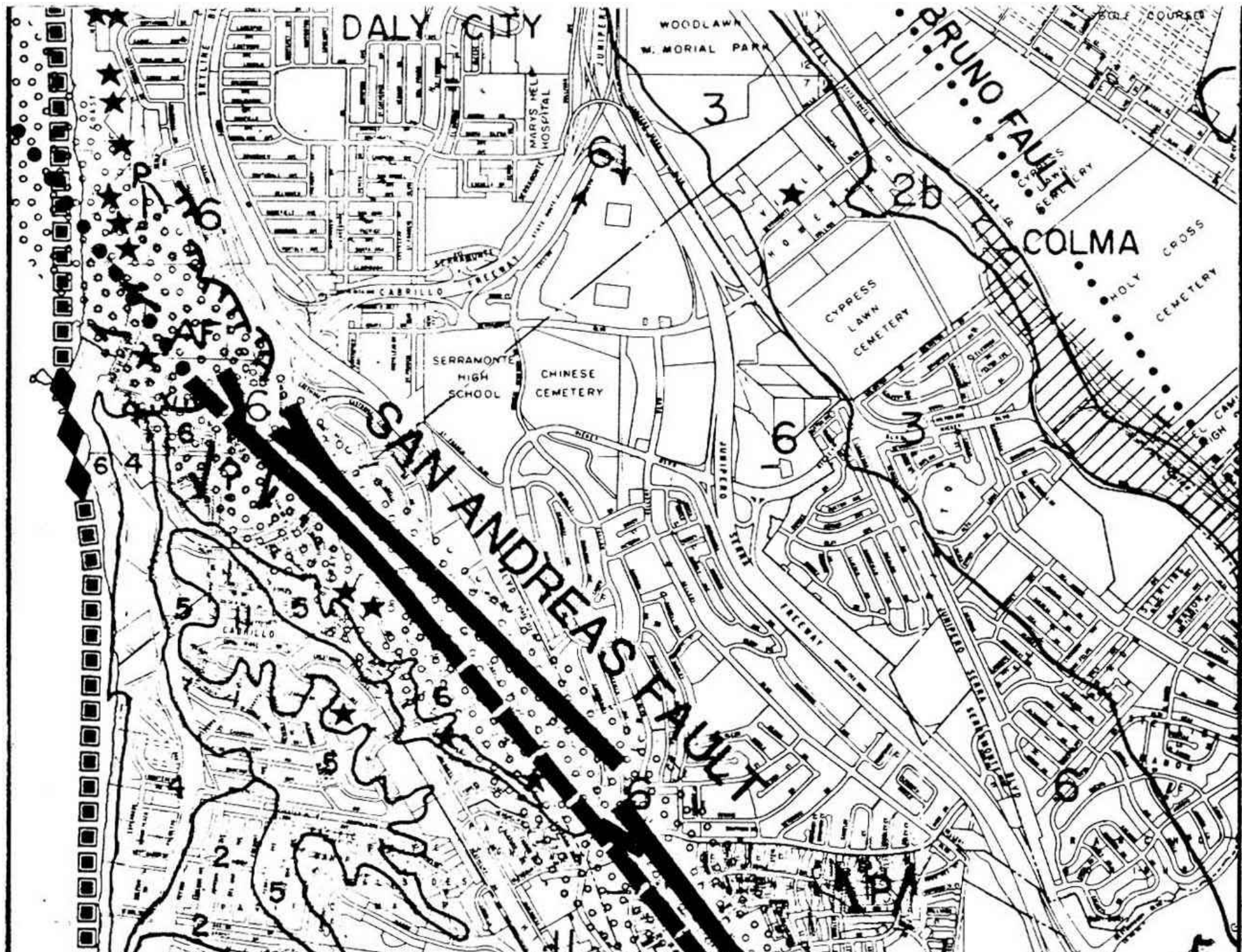


Leyenda:

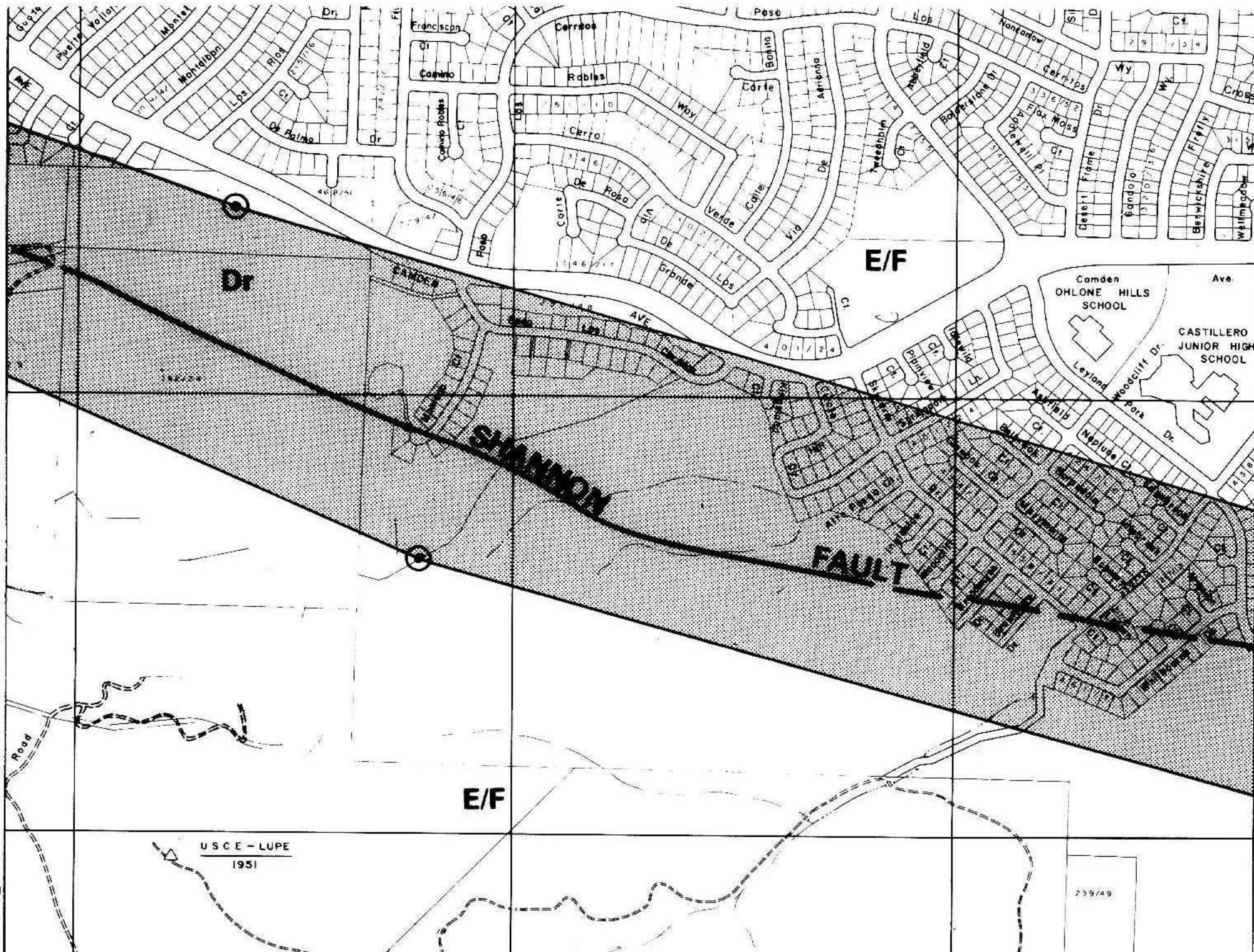
Niveles de Severidad en la Línea Costera

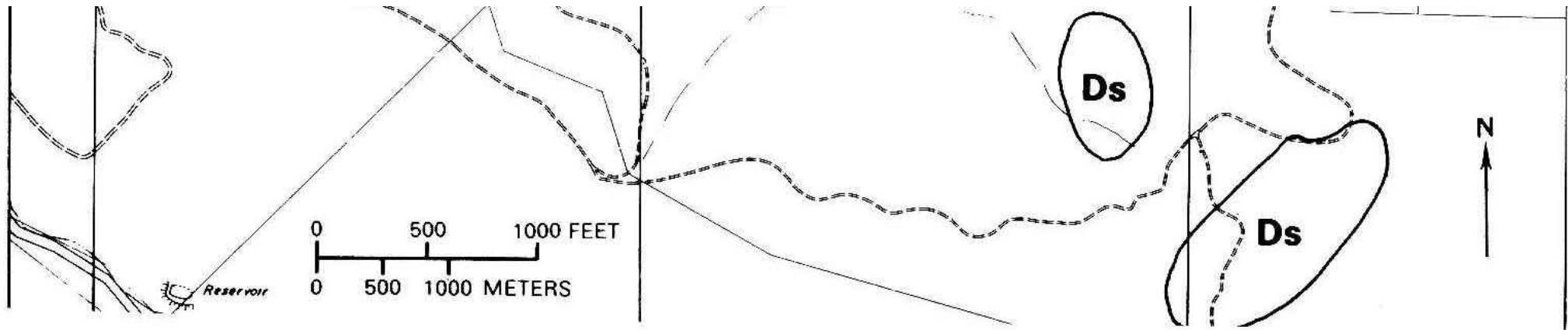


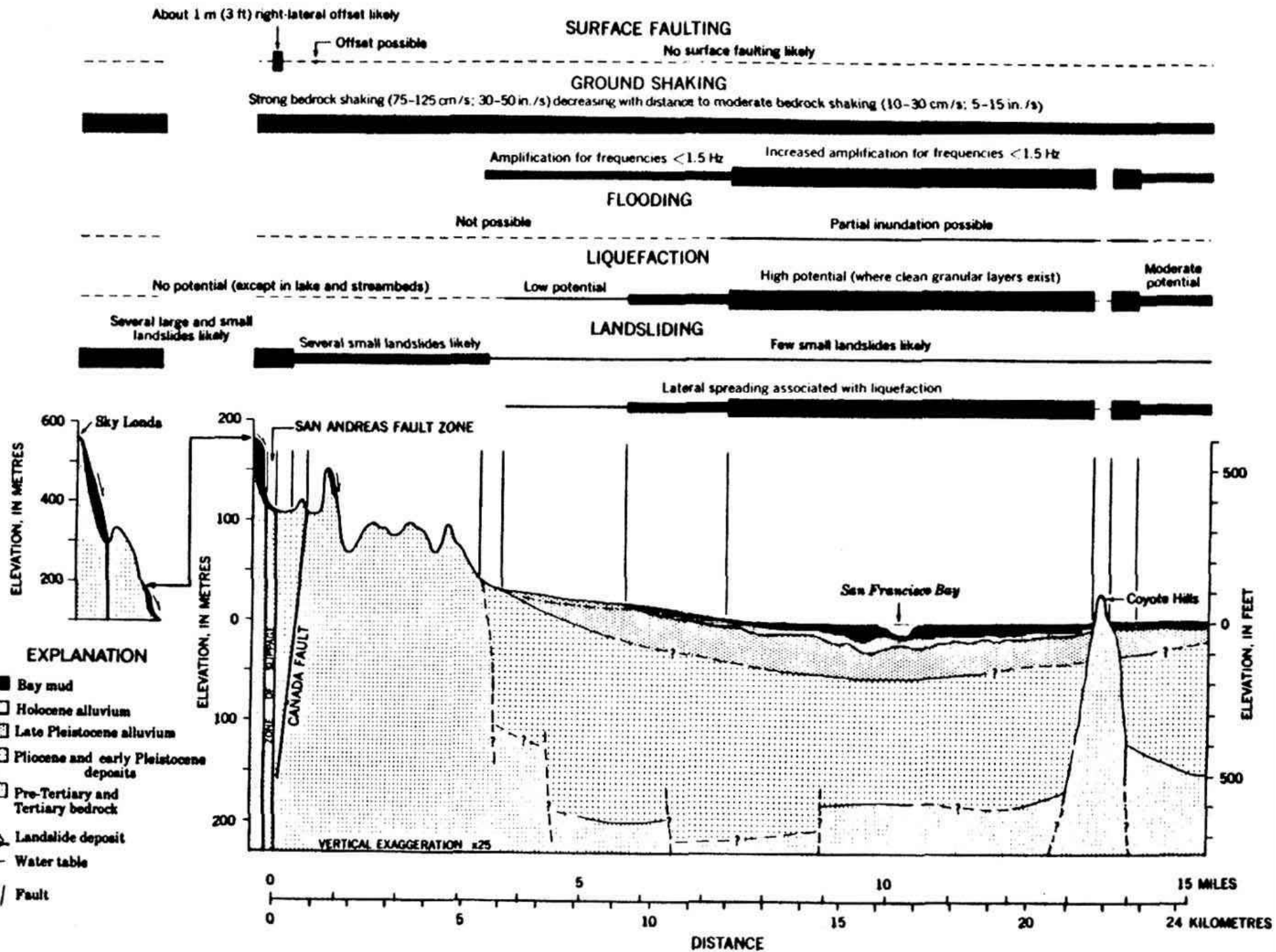


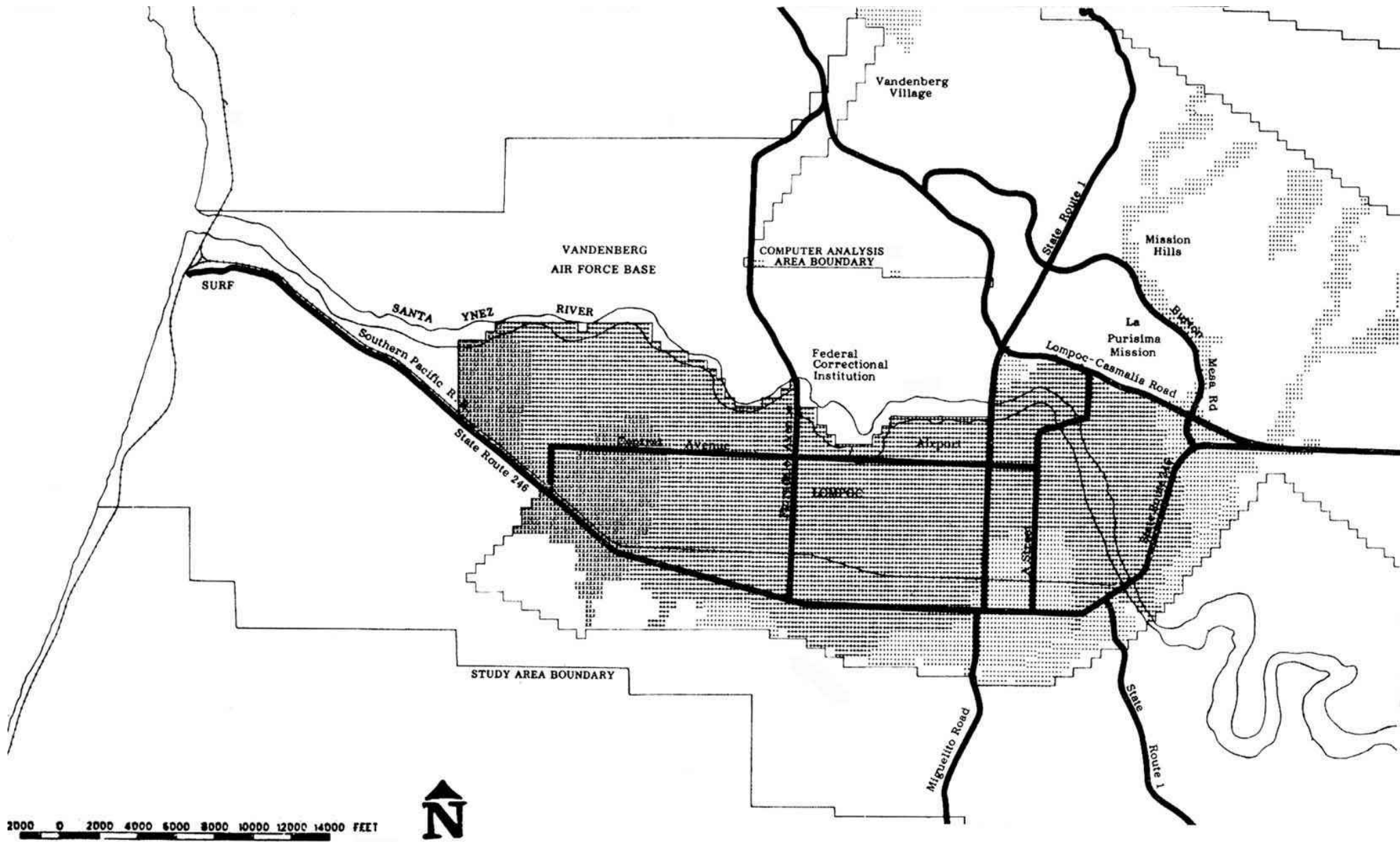














Capítulo 8. Definición de llanura de inundación y evaluación del peligro de inundaciones

[A. Llanuras de inundación y su relación con el desarrollo regional integrado](#)

[B. Visión general de la tecnología de percepción remota con satélites, relacionada a inundaciones y al proceso de la planificación para el desarrollo](#)

[C. Técnicas de cartografía del peligro de inundaciones y aplicación de datos de satélite](#)

[D. Aplicación de datos de percepción remota a áreas inundables: dos estudios de caso](#)

[Conclusiones](#)

[Referencias](#)

RESUMEN

En este capítulo se presenta a los planificadores (1) los términos y conceptos relacionados con las inundaciones y la naturaleza de las áreas sujetas a inundaciones recurrentes; (2) los aspectos críticos a ser tratados al considerar el peligro de inundaciones en el proceso de la planificación para el desarrollo; (3) una técnica para usar datos de percepción remota para evaluaciones del peligro de inundación; y (4) dos estudios de caso que describen el uso de datos de percepción remota para definir las áreas de llanuras de inundación.

Las llanuras de inundación son áreas de superficie adyacentes a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes. Debido a su naturaleza siempre cambiante, las llanuras de inundación y otras áreas inundables deben ser examinadas para precisar la manera en que pueden afectar al desarrollo o ser afectadas por él. Este capítulo presenta una visión general de los conceptos importantes relacionados con las evaluaciones del peligro de inundaciones y explora el uso de datos de percepción remota de satélites para complementar las técnicas tradicionales de evaluación.

El objetivo primario de los métodos de percepción remota para la cartografía de áreas inundables, en los países en desarrollo, es proporcionar a los planificadores y a las instituciones de manejo de desastres una metodología práctica y costo-efectiva para identificar llanuras de inundación, y otras áreas susceptibles, y evaluar el grado del impacto del desastre. Se puede usar el método presentado en este capítulo en actividades de planificación sectorial, en estudios de planificación integrada y en evaluaciones de daños.

El método de percepción remota con satélites, presentado en este capítulo, es una de las muchas técnicas disponibles para la evaluación del peligro de inundaciones. Este método tiene las siguientes características:

- Hace uso de datos de percepción remota correspondientes a determinada fecha, o múltiples fechas o eventos.
- Permite el análisis digital (con computadora) o foto-óptico (película positiva o negativa).
- Se le usa mejor como complemento de otros datos hidrológicos y climáticos disponibles.
- Es útil para evaluaciones preliminares durante las etapas iniciales de un estudio de la planificación para el desarrollo, debido a la pequeña-a-intermedia escala de la información producida y al hecho de que satisface las limitaciones de costos y tiempo. Los datos también pueden ser aplicables a otros aspectos del estudio.

A. Llanuras de inundación y su relación con el desarrollo regional integrado

[1. Inundaciones, llanuras de inundación y áreas inundables](#)

[2. Evaluación del peligro de inundaciones](#)

[3. Características de la superficie del terreno relacionadas con inundaciones](#)

Esta sección está diseñada para proporcionar al planificador los antecedentes sobre la naturaleza de las inundaciones y los términos y conceptos asociados con la evaluación de riesgos de este peligro natural.

1. Inundaciones, llanuras de inundación y áreas inundables

Las inundaciones son un evento natural y recurrente para un río. Estadísticamente, los ríos igualarán o excederán la inundación media anual, cada 2,33 años (Leopold *et al.*, 1984). Las inundaciones son el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos, riachuelos y áreas costeras. Esto hace que un determinado curso de aguas rebalse su cauce e inunde tierras adyacentes. Las llanuras de inundación son, en general, aquellos terrenos sujetos a inundaciones recurrentes con mayor frecuencia, y ubicados en zonas adyacentes a los ríos y cursos de agua. Las llanuras de inundación son, por tanto, "propensas a inundación" y un peligro para las actividades de desarrollo si la vulnerabilidad de éstas excede un nivel aceptable.

Se pueden observar las llanuras de inundación desde varias perspectivas diferentes: "La definición de llanuras de inundación depende algo de las metas que se tenga en mente. Como categoría topográfica es muy plana y se encuentra al lado un río; geomorfológicamente, es una forma de terreno compuesto primariamente de material depositado no consolidado, derivado de sedimentos transportados por el río en cuestión; hidrológicamente, está mejor definida como una forma de terreno sujeta a inundaciones periódicas por un río padre. Una combinación de estas características posiblemente cubre los criterios esenciales para definir una llanura de inundaciones" (Schmudde, 1968). Más sencillamente, una llanura de inundación se define como "una franja de tierra relativamente plana, junto a un río y que sufre desborde de las aguas durante las crecidas" (Leopold *et al.*, 1964).

Las inundaciones suelen ser descritas en términos de su frecuencia estadística. Una "inundación de 100

años* o "una llanura de inundación de 100 años" se refiere a un evento o una área expuesta a un 1 % de probabilidad que ocurra una inundación de un determinado volumen en cualquier año dado. Por ejemplo, la Figura 8-1 muestra esta frecuencia en términos de niveles de inundación y de llanuras de inundación. Este concepto no significa que una inundación ocurrirá sólo una vez cada 100 años. Si es que ocurre o no en un determinado año no cambia el hecho de que siempre hay una probabilidad del 1 % de que ocurra algo similar al año siguiente. Dado que las llanuras de inundación pueden ser cartografiadas, los linderos de una inundación de 100 años se utilizan comúnmente en programas de mitigación de llanuras de inundación, para identificar las áreas donde el riesgo es significativo. Se puede seleccionar cualquier otra frecuencia estadística para un evento de inundación, según el grado de riesgo que se decida evaluar, p.e., llanuras de 5 años, 20 años, 50 años, o 500 años.

La frecuencia de inundaciones depende del clima, del material de las riberas del río y la pendiente del canal. Cuando ocurre copiosa precipitación en una determinada estación cada año, o la inundación anual es resultado del deshielo, las llanuras de inundación pueden ser inundadas casi todos los años, aún a lo largo de grandes ríos con muy poca pendiente de canal. En las regiones que no sufren extensos períodos con temperaturas bajo cero, las inundaciones generalmente ocurren en la época de mayor precipitación. Cuando el mayor número de inundaciones son resultado del deshielo, frecuentemente acompañado por precipitación, la época de inundaciones es la primavera o el inicio del verano.

2. Evaluación del peligro de inundaciones

Obtener datos hidrológicos directamente de los ríos o cursos de agua es un esfuerzo valioso pero que consume tiempo. Si tales datos dinámicos han sido obtenidos durante muchos años de aforos regulares, se pueden usar modelos para calcular la frecuencia estadística de los eventos de inundación, determinando así su probabilidad. Sin embargo, tales evaluaciones son difíciles sin aforos de por lo menos veinte años.

En muchos países, los datos de aforos son insuficientes o no existentes. Como resultado, las evaluaciones del peligro de inundaciones, basadas en mediciones directas, pueden no ser posibles porque no hay una base para determinar los niveles específicos de inundación y los intervalos de recurrencia para determinados eventos. Se pueden realizar evaluaciones del peligro en base a datos de percepción remota, informes de daños y observaciones de campo cuando los datos cuantitativos son escasos. Tales evaluaciones presentan información graficada que define las áreas inundables que probablemente serán afectadas por una inundación de un intervalo específico (Riggs, 1985). La Figura 8-2 muestra un área inundable sobre un mapa de manera aproximada. En la Sección C. se analizan las técnicas de cartografía del peligro de inundaciones, la aplicación de datos de satélite y los métodos, tanto tradicionales como recientes, para compilar y analizar la información necesaria.

3. Características de la superficie del terreno relacionadas con inundaciones

La planificación para el desarrollo regional debe tomar en cuenta las siguientes características de superficie, relacionadas con las inundaciones:

- Topografía o pendiente del terreno, especialmente su horizontalidad;
- Geomorfología, tipo y calidad de suelos, especialmente material de base de depósitos fluviales no consolidados; e

- Hidrología y la extensión de las inundaciones recurrentes.

Estas características comúnmente son consideradas en las actividades de evaluación de recursos naturales (OEA, 1984). Las preguntas a las que el estudio de planificación debe responder son; "¿Cuan peligrosa es el área de estudio en relación con inundaciones recurrentes?" y "¿Cuál es la vulnerabilidad de las actividades de desarrollo existentes y propuestas?". Uno de los primeros pasos de un estudio de planificación es recopilar toda la información disponible relacionada con estas características y recomendar la instalación de equipos de aforo y estaciones hidrometeorológicas en regiones propuestas para el desarrollo, si es que no están ya disponibles.

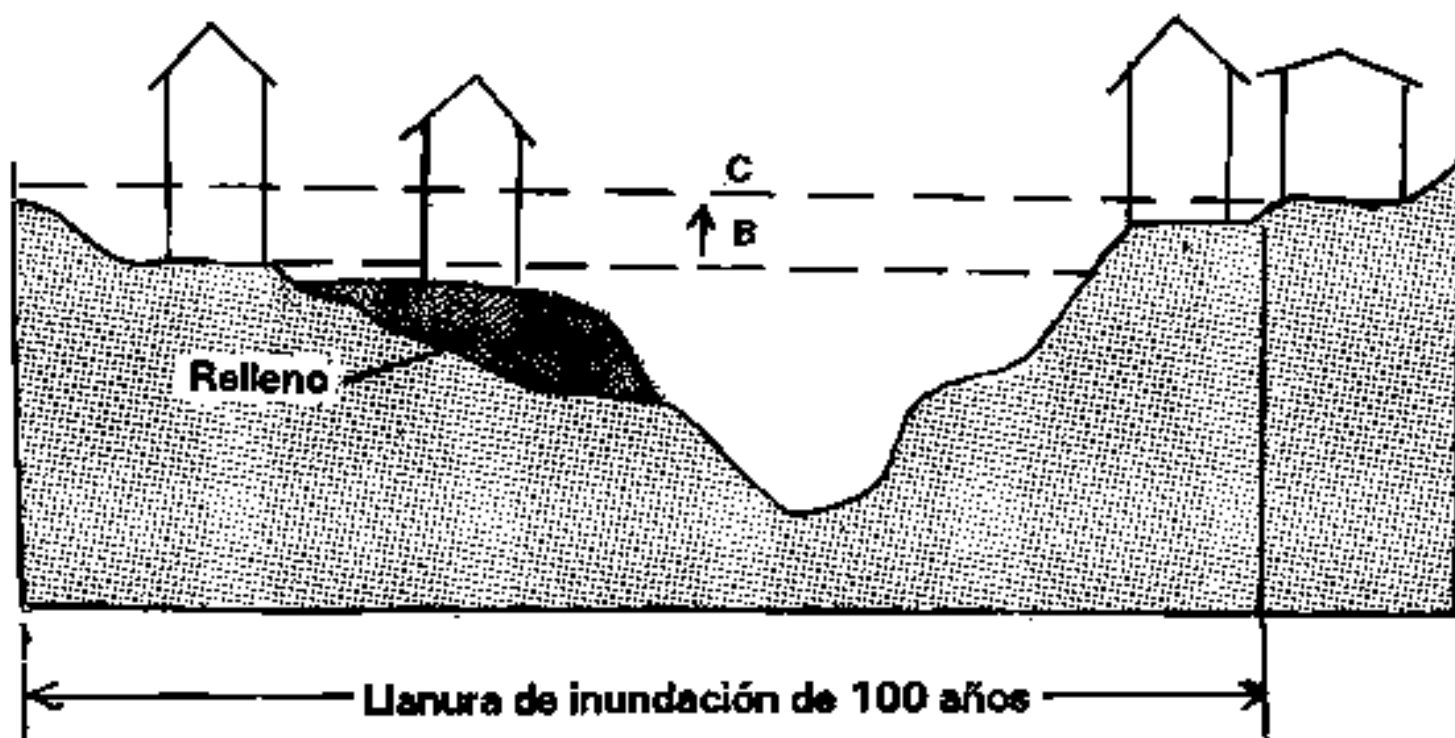
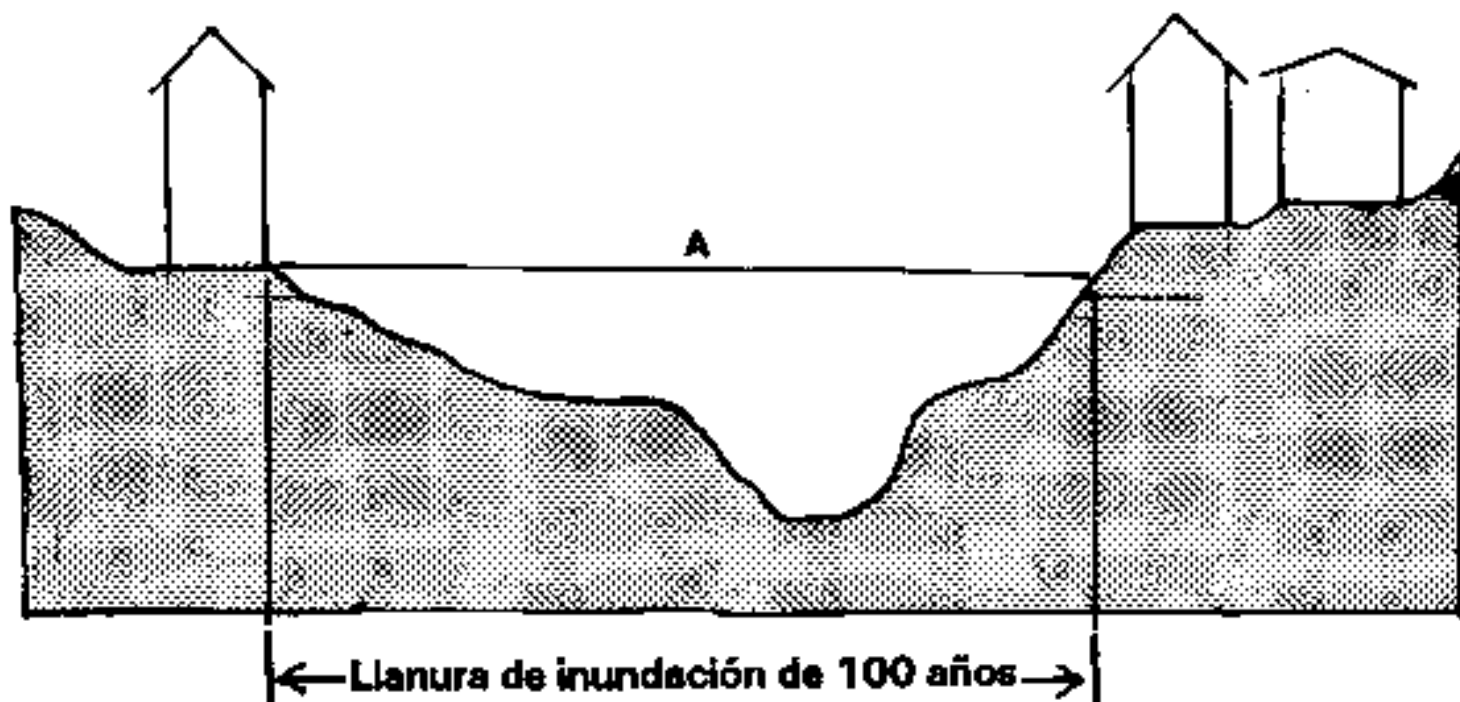
a. Naturaleza cambiante de las llanuras de inundación

Las llanuras de inundación no son estáticas ni estables. Están compuestas de sedimentos no consolidados, se erosionan rápidamente durante inundaciones y crecidas de agua, o pueden ser el lugar donde se depositen nuevos estratos de lodo, arena y limo. En tal virtud, el río puede cambiar de curso e ir de un lado de la llanura de inundación al otro. La Figura 8-3 muestra este comportamiento dinámico donde el canal de un río puede cambiar de posición en la amplia llanura de inundación y ésta, a su vez, es modificada periódicamente por las inundaciones, a medida que el canal se desplaza de un lugar a otro.

El ancho de una llanura de inundación está en función del caudal del río, velocidad de la tasa erosionante, pendiente del canal, y dureza de su pared. Las llanuras de inundación no son usuales en los canales de las partes altas de la cuenca fluvial, porque los ríos son de poco caudal, las pendientes y la velocidad de profundización son altas y las paredes del valle frecuentemente muestran roca firme sin cobertura.

En ríos moderadamente pequeños, la llanura de inundación usualmente se encuentra sólo en el interior de la curva de un meandro, pero la ubicación de la llanura de inundación se alterna de lado a lado a medida que el río fluye en meandros de un lado del valle al otro.

Figura 8-1: CORTE TRANSVERSAL DIAGRAMATICO DEL VALLE DE UN RIO MOSTRANDO LA RELACION ENTRE NIVELES DE INUNDACION Y LLANURAS DE INUNDACION



Corte transversal generalizado, de una hipotética llanura de inundación fluvial, mostrando como el desarrollo en la llanura de inundación aumenta la altura de la inundación:

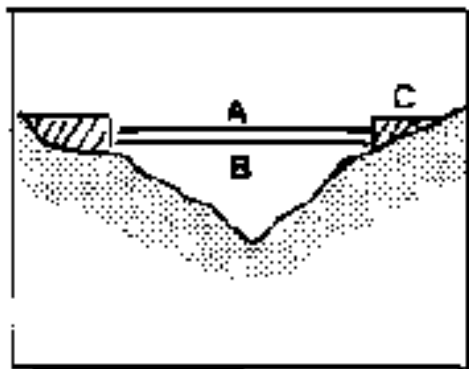
- A - antes del desarrollo
- B - aumento en altura de inundación
- C - después del desarrollo
- D - relleno

Las construcciones, rellenos de tierra y otras intrusiones en la llanura de inundación ocupan espacio que se

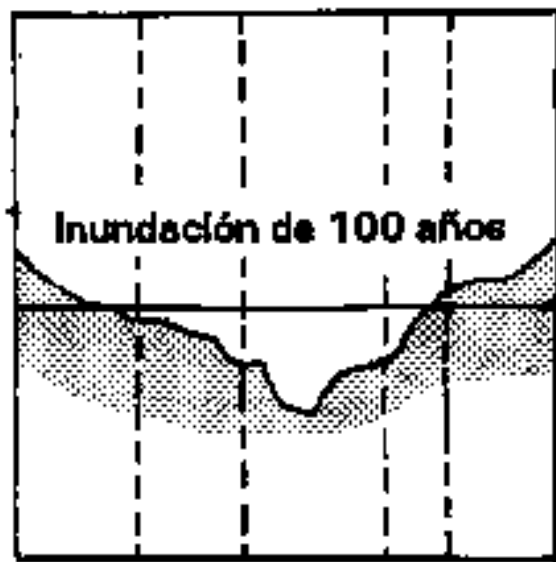
necesita para el paso de los flujos de la inundación. Esto puede resultar en dañar las actividades de desarrollo así como en una inundación más extensa, río arriba y junto al desarrollo.

Corte transversal esquemático de una llanura de inundación mostrando la adición de relleno y la creación de una inundación:

- A - con vía de inundación**
- B - sin vía de inundación**
- C - relleno**



Corte transversal del valle del río



Términos

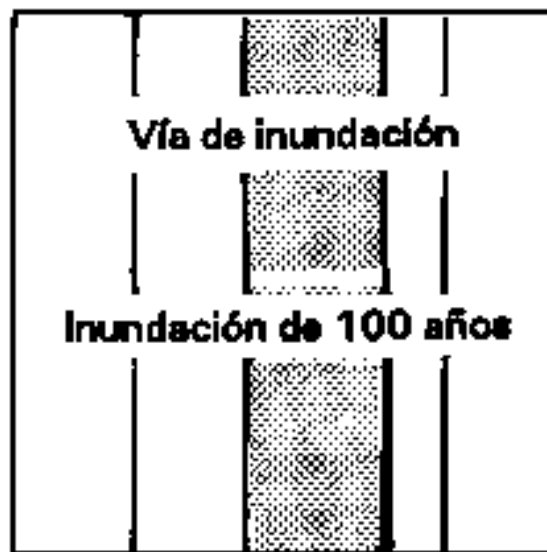
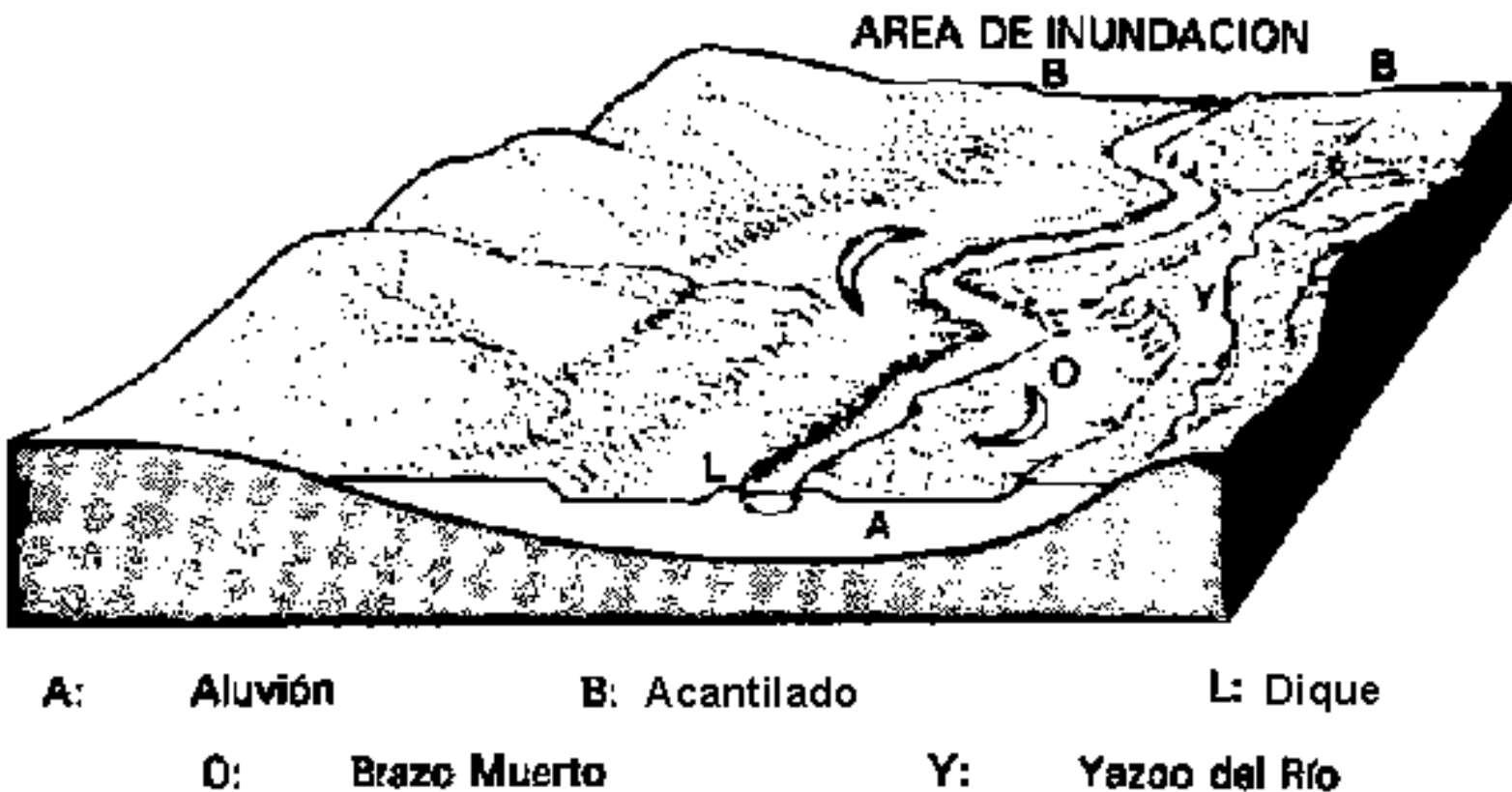


Figura 8-2: AREAS CON PELIGRO DE INUNDACIONES, COSTA NORTE DE HONDURAS

Figura 8-3: CARACTERISTICAS DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE LLANURAS DE INUNDACION



Fuente: Adaptado de Strahler, A.N. y Strahler, A.H. Environmental Geoscience: Interaction between Natural Systems and Man. (Santa Bárbara, California: Hamilton Publishing Co., 1973).

PARA EVALUAR EL PELIGRO DE INUNDACIONES, UN PLANIFICADOR DEBE SABER:

- Dónde se encuentran ubicadas las llanuras de inundaciones y las áreas inundables.
- Con qué frecuencia estará cubierta de agua la llanura de inundación.
- Cuánto tiempo estará cubierta de agua la llanura de inundación.
- En qué época del año se puede esperar que ocurran inundaciones.

ASI PUES, EL PLANIFICADOR NECESITA ENTENDER LA NATURALEZA DINAMICA DE LAS LLANURAS DE INUNDACION.

Los ríos más grandes, particularmente aquellos con lecho de poca pendiente, desarrollan amplias llanuras de inundación. A medida que estas llanuras se desarrollan, la migración de un lado a otro del canal del río produce lagos semilunares (meandro abandonado), desprendimientos, diques naturales y depósitos de ciénagas desconectados del canal actual. Si durante una inundación, el río acarrea sedimentos algo gruesos, éstos tienden a ser depositados a lo largo de la ribera del canal como un dique natural. Esto puede llevar a la formación de un canal colgado donde el fondo del canal aumenta continuamente de elevación hasta un punto tal que podría ser más alto que la topografía circundante. Esta condición puede producir la elevación del nivel del agua de superficie, contenida dentro del canal, ubicándose en posición más alta que la superficie del terreno adyacente a estos diques, lo cual representa un potencial de inundación mucho mayor que aquella situación típica en la que el canal se encuentra en la parte más baja de un corte transversal tipo-U de la llanura de inundación.

Estas características cambian con el tiempo. El ensanchamiento del canal de un río y la destrucción de parte de la llanura de inundación debido a inundaciones importantes, son fenómenos bastante comunes, observados en regiones semiáridas. Como suele ocurrir en regiones de este tipo que tienen un alto potencial de erosión, el fenómeno de migración del canal durante una inundación, frecuentemente causará que buena parte de las aguas sea transportada por un canal que no existía con anterioridad al fenómeno de la inundación. Este fenómeno ocurre demasiado frecuentemente en regiones áridas, donde las aguas de inundación, con alta velocidad, producen cambios drásticos en la configuración del canal durante las inundaciones. Esto puede dar lugar a que el área de inundación quede muy distinta a como era anteriormente.

La movilidad del canal puede ser una característica importante cuando se trata de delinear el potencial de la llanura de inundación. Mientras la movilidad no es un gran problema en áreas con densa vegetación y suelos consolidados, en las áreas donde la vegetación es escasa y los suelos son gruesos y erosionables, la cartografía de la llanura de inundación debe incluir la anticipación de la posibilidad de migración del canal, además de su configuración actualmente existente.

Es menos probable que una inundación importante cause el aumento del ancho del canal y la destrucción de la llanura de inundación en una región húmeda, porque la vegetación inhibe la erosión. Sin embargo, la inundación puede cortar canales secundarios a lo largo de una llanura de inundación y depositar arena y grava sobre grandes áreas, particularmente aquellas dedicadas a la producción agrícola.

Las terrazas a lo largo de un canal se pueden confundir con una llanura de inundación. En realidad algunas terrazas pueden haber sido los bordes de llanuras de inundación antes de nuevas erosiones o de actividad tectónica. Normalmente, una terraza puede ser distinguida de una planicie de inundación activa por el tipo de vegetación y el material presente en superficie.

Los eventos naturales tales como deslizamientos de tierra (ver Capítulo 10), caída de ceniza volcánica, lahares y deslizamiento de derrubio (ver Capítulo 11) pueden aumentar la cantidad de sedimentos a ser transportados por el río. Los sedimentos de estos eventos pueden ser depositados tanto en el canal como en la llanura de inundación. Esto puede llevar a que el canal se llene de derrubio y se reduzca su capacidad para agua. La reducción de capacidad del canal, aunque sea temporal, puede dar lugar a inundaciones más frecuentes de la llanura de inundación y contribuirá su modificación.

b. Frecuencia de inundaciones

Sólo suele considerarse las inundaciones anuales para el análisis de probabilidades y, el intervalo de recurrencia que es el recíproco de probabilidad, es sustituido por probabilidad. Normalmente, la inundación anual es considerada como el evento más importante cada año. La inundación de 10 años, por ejemplo, es la descarga que excederá un determinado volumen que tiene una probabilidad del 10% de ocurrir cada año.

Las llanuras de inundación de algunos ríos, sin embargo, son frecuentemente inundadas con intervalos de 10 o más años. Se han propuesto varias razones para explicar esto. En algunos climas, un número de años de intensa actividad de inundaciones son seguidos por muchos años durante los cuales ocurren muy pocas inundaciones. La llanura de inundación se puede desarrollar y ser ocupada durante los años con menor actividad de inundaciones. Como resultado, este desarrollo está sujeto al riesgo de inundaciones a medida que se va cumpliendo el ciclo. Las actividades de desarrollo, particularmente de silvicultura y producción intensiva de cultivos, pueden variar drásticamente las condiciones de descarga incrementando así el caudal de los ríos durante los ciclos normales de precipitación, aumentando el riesgo de inundación. El uso más intenso de la llanura de inundación, aún bajo un estricto control, casi siempre resulta en tasas de descargas mayores. Se discuten a continuación los efectos de las prácticas de desarrollo sobre el riesgo de inundaciones.

c. Duración de inundaciones

El tiempo durante el cual una llanura de inundación permanece inundada, depende del caudal del río, la pendiente del canal, y las características climáticas. Si se trata de ríos pequeños, las inundaciones inducidas por la precipitación generalmente duran sólo unas horas o unos pocos días, pero en el caso de ríos grandes la descarga de la inundación puede exceder la capacidad del canal durante un mes o más. En 1982-1983, la cuenca del río Paraná en Brasil, Paraguay y Argentina estuvo sujeta a grandes inundaciones desde fines de noviembre de 1982 hasta mediados de 1983. La duración de una inundación causada por tormentas tropicales o deshielo, puede cubrir una llanura varias veces durante un mismo mes.

El agua en una llanura de inundación generalmente vuelve al canal por drenaje, a medida que la corriente disminuye. En las amplias llanuras de inundación en los grandes ríos, bordeadas por diques naturales, el agua puede drenar muy lentamente causando que la inundación local, o embalse, dure varios meses. Eventualmente, el agua se desplazará río abajo o desaparecerá por medio de infiltración en el suelo y evapotranspiración. Donde los canales están colgados debido a una repetida deposición de sedimentos, las aguas de inundación puede que nunca regresen por drenaje al canal, dado que el fondo de ese canal está a mayor elevación que la llanura de inundación circundante.

d. Efectos de las prácticas de desarrollo sobre las inundaciones y llanuras de inundación y el rol de la mitigación

Las poblaciones humanas han sido atraídas desde épocas muy remotas por las llanuras de inundación;

primero, debido al rico suelo aluvial; luego, por la necesidad de acceso a fuentes de agua, transporte fluvial, y desarrollo de energía y, más tarde, como lugar relegado para la urbanización, particularmente para familias de bajos ingresos. La manera cómo se usa y desarrolla la tierra puede cambiar el riesgo resultante de las inundaciones. Si bien se puede diseñar algunas actividades para mitigar los efectos de las inundaciones, muchas de las prácticas actuales y estructuras existentes han aumentado los riesgos sin quererlo.

En climas húmedos, durante una importante inundación, una porción considerable del río adyacente a una extensa llanura de inundación, es transportado por dicha llanura. El desmonte resultante de la preparación de la tierra para la agricultura, en una llanura de inundación, permite que un porcentaje progresivamente mayor de las aguas sean transportadas por la propia llanura de inundación. Algunas partes de la llanura de inundación son erosionadas y otras sufren la deposición de sedimentos gruesos, al mismo tiempo que la capacidad del canal en el lecho del río se reduce gradualmente.

Las acequias de drenaje y de riego, así como otras vías para el agua, pueden alterar la descarga a las llanuras de inundación y la capacidad del canal para transportar dicha descarga. Los efectos de las prácticas agrícolas varían y dependen de los suelos, la geología, el clima, la vegetación y las prácticas locales de manejo de aguas. En muchos países la agricultura domina el uso del terreno en las llanuras de inundación. Donde las inundaciones son estacionales, se pueden seleccionar cultivos que puedan resistir las de corta duración y poco volumen durante la estación respectiva. Las cosechas menos resistentes pueden ser desarrolladas en las estaciones en las que no ocurren inundaciones.

La vegetación de bosques suele aumentar la precipitación y evaporación, al tiempo que absorbe la humedad y reduce el volumen de escurrimiento. Las prácticas de deforestación o tala de árboles reducen la vegetación y la capacidad de absorción del bosque, aumentando así el escurrimiento. El sobrepastoreo en pastizales y áreas para ganadería, disminuye la cobertura de vegetación y expone los suelos tanto a erosión, como a mayor escurrimiento. El desarrollo de tierras de cultivo puede o no aumentar el escurrimiento, según el uso previo dado al terreno y los hábitos de cultivo empleados.

Las grandes presas afectan los canales de los ríos tanto aguas arriba como aguas abajo. La evaporación aumenta como resultado de la mayor área del espejo de agua del reservorio y este proceso tiende a degradar la calidad del agua. El reservorio actúa como una trampa para sedimentos, y el canal abajo de la presa modificará su pendiente para acomodarse al cambio en la carga de sedimentos, como se ve en la Figura 8-4. El agua, ahora con pocos sedimentos, erosionará el canal aguas abajo.

Las presas también pueden aumentar la recarga del agua subterránea, elevar el nivel de la capa freática y aún inducir la descarga de aguas subterráneas hacia canales adyacentes, modificando así los volúmenes de descarga de los ríos. La falla catastrófica de una presa produce una rápida pérdida de agua del reservorio e, instantáneamente cambios severos y dramáticos aguas abajo.

Figura 8-4: PERFIL ESQUEMATICO Y CORTE TRANSVERSAL DEL RIO MOSTEANDO LOS EFECTOS RIO ARRIBA Y RIO ABAJO DE UNA PRESA Y RESERVORIO

Nota:

- (1) Pendiente original sin desarrollo
- (2) Acumulación de sedimento (corte transversal A-A) o profundización de canal después de la presa (corte transversal B-B).

Fuente: Adaptado de Strahler, A.M. Planet Earth: Its Physical Through Geological Time

(New York: Harper & Row, 1972).

La urbanización de una llanura de inundación o de áreas adyacentes, y la correspondiente construcción, aumentan la descarga y la tasa de descarga, pues se reduce el área de superficie disponible para absorber la lluvia y canaliza mucho más rápidamente el flujo hacia alcantarillados y vías de drenaje. Los cambios en la descarga se muestran simbólicamente en la Figura 8-5, donde el tiempo de descarga se reduce y aumenta la tasa de descarga. Los rellenos artificiales en la llanura de inundación reducen la capacidad del canal de inundación y pueden elevar la altura de la inundación. Así, el riesgo de inundaciones aumenta, como se ve en la Figura 8-1.

En resumen, las dinámicas de la llanura de inundación son consideraciones básicas a ser incorporadas en un estudio de planificación para el desarrollo integrado. Es esencial que el estudio reconozca que los cambios causados por el desarrollo pueden y han de afectar las llanuras de inundación de muchos modos. Una revisión temprana de la información disponible sobre el peligro de inundaciones, y la programación de evaluaciones complementarias del peligro de inundaciones, son actividades prudentes que permiten al planificador prever y evaluar los problemas potenciales relacionados con la hidráulica del río y la dinámica de las llanuras de inundación. Luego, se puede identificar medidas de mitigación para evitar o minimizar esos peligros, las que serán incorporadas en la formulación de proyectos específicos de inversión sectorial.

B. Visión general de la tecnología de percepción remota con satélites, relacionada a inundaciones y al proceso de la planificación para el desarrollo

[1. Determinación del riesgo aceptable](#)

[2. Métodos de percepción remota de satélite aplicados al peligro de inundación](#)

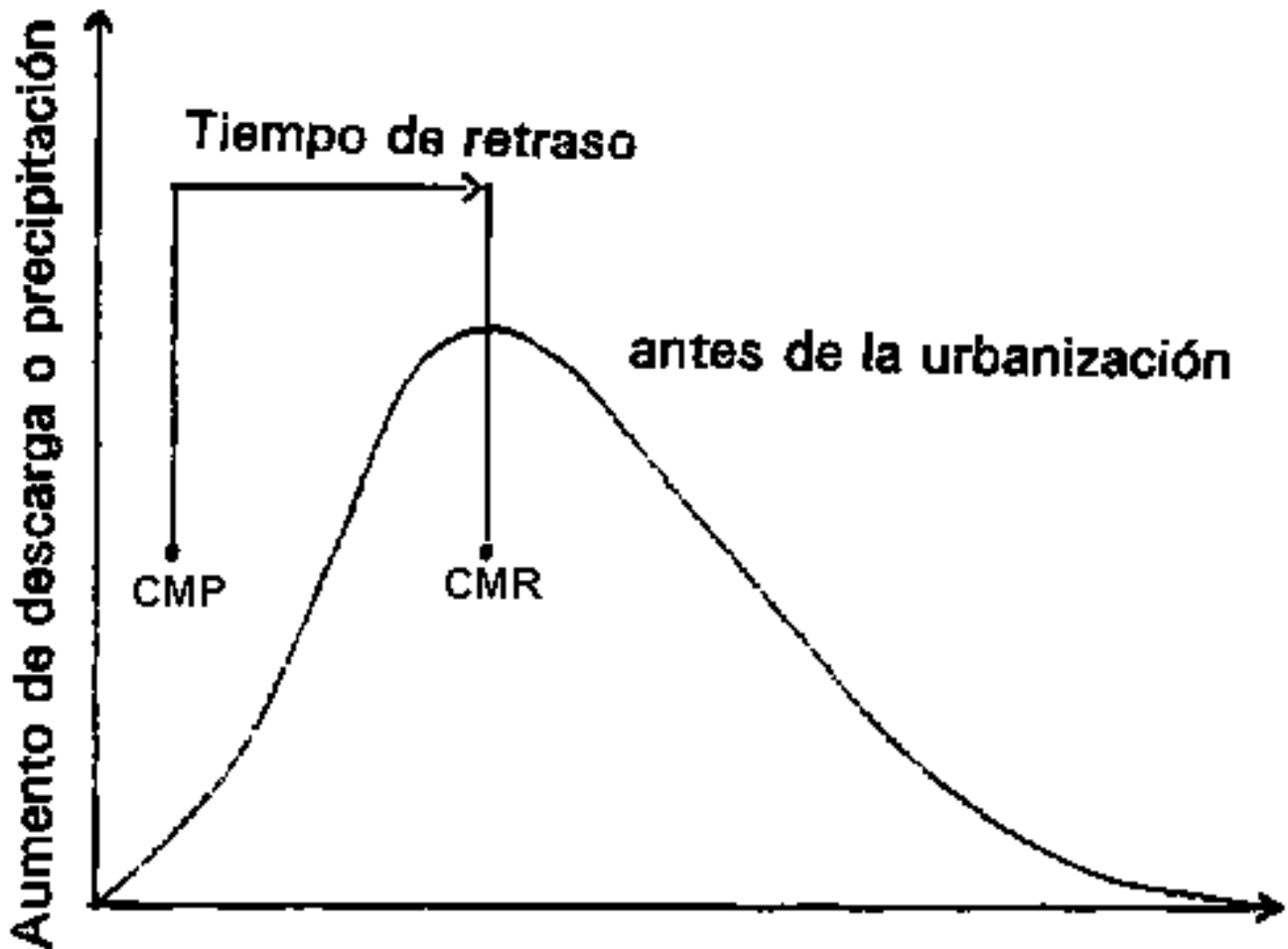
[3. Integración de la información de percepción remota de inundaciones al estudio de la planificación para el desarrollo](#)

La tecnología de percepción remota puede ser especialmente útil y deseable si es aplicada durante el proceso de planificación. Con los métodos de percepción remota, la extensión de las llanuras de inundación y áreas inundables puede ser determinada, aproximadamente, a escalas pequeñas e intermedias de hasta 1:50.000 en toda la cuenca fluvial de los ríos. Al inicio de un estudio de planificación para el desarrollo, se puede preparar mapas de peligro de inundaciones para ayudar a definir y seleccionar medidas de mitigación para los proyectos de desarrollo sectorial propuestos. Además de percibir los riesgos de inundaciones, los mismos datos de satélite pueden ser usados para evaluar otros peligros hidrológicos y atmosféricos, así como geológicos y tecnológicos. Aún más, la información de los satélites puede proporcionar conocimientos sobre recursos naturales y uso de tierras a un costo incremental pequeño, una vez que sean obtenidos los datos básicos (cintas compatibles con computadora [CCTs] o positivos y negativos de imágenes en película).

Sin embargo, se debe hacer hincapié en que la tecnología de percepción remota es una de entre las muchas herramientas utilizadas actualmente por los planificadores. La aplicación de esta tecnología no soluciona

problemas, pero proporciona información reciente, histórica y repetitiva para el estudio de planificación. Una discusión detallada de la aplicación de diversas tecnologías de percepción remota en las evaluaciones de peligros naturales, puede ser vista en el Capítulo 4.

Figura 8-5: HIDROGRAFOS DE INUNDACIONES MOSTRANDO LOS EFECTOS DE LA URBANIZACION (a)



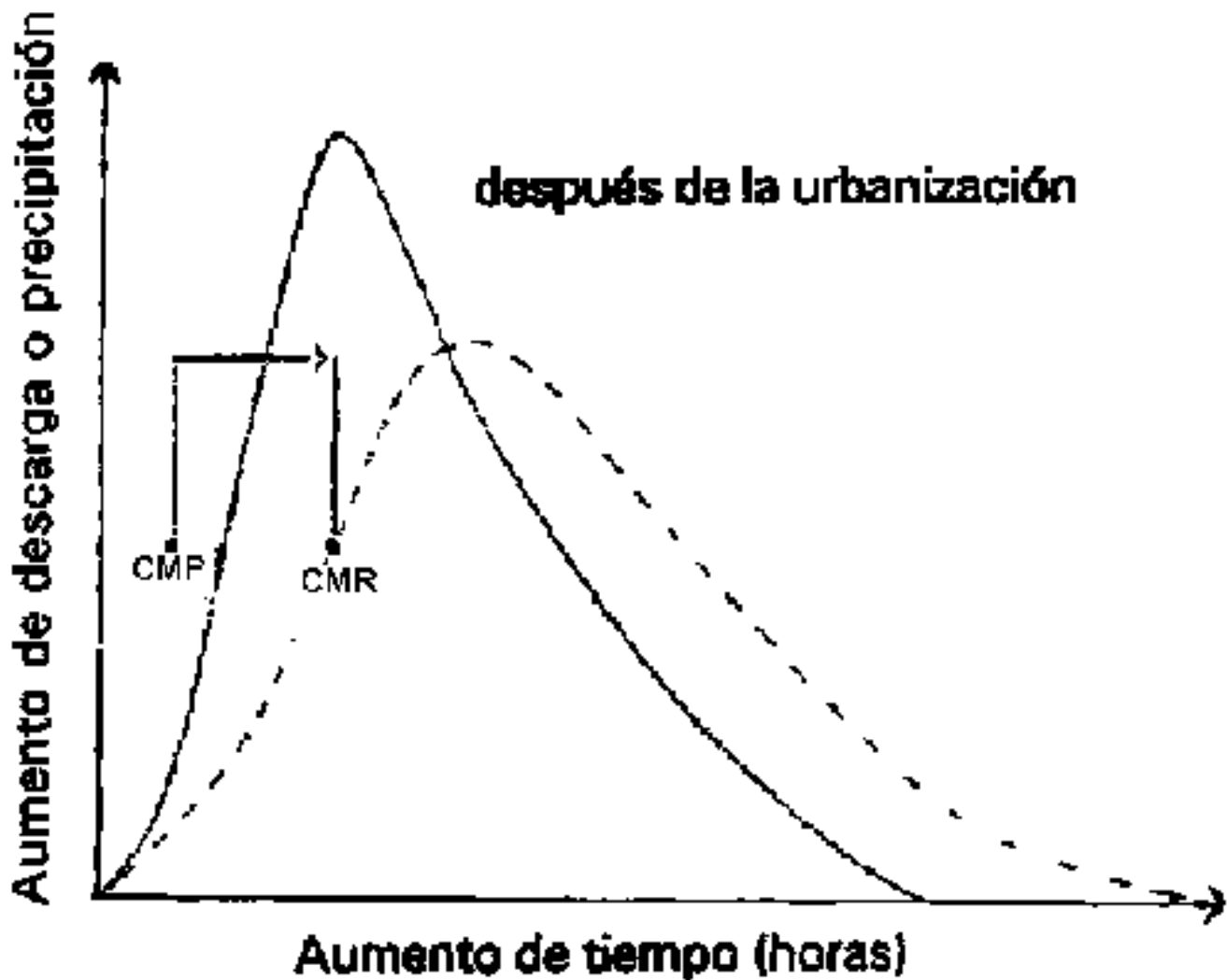
Leyenda:

A = Rural

B = Cuenca alcantarillada

C = Cuenca alcantarillada y con superficie impermeable

Figura 8-5: HIDROGRAFOS DE INUNDACIONES MOSTRANDO LOS EFECTOS DE LA URBANIZACION (b)



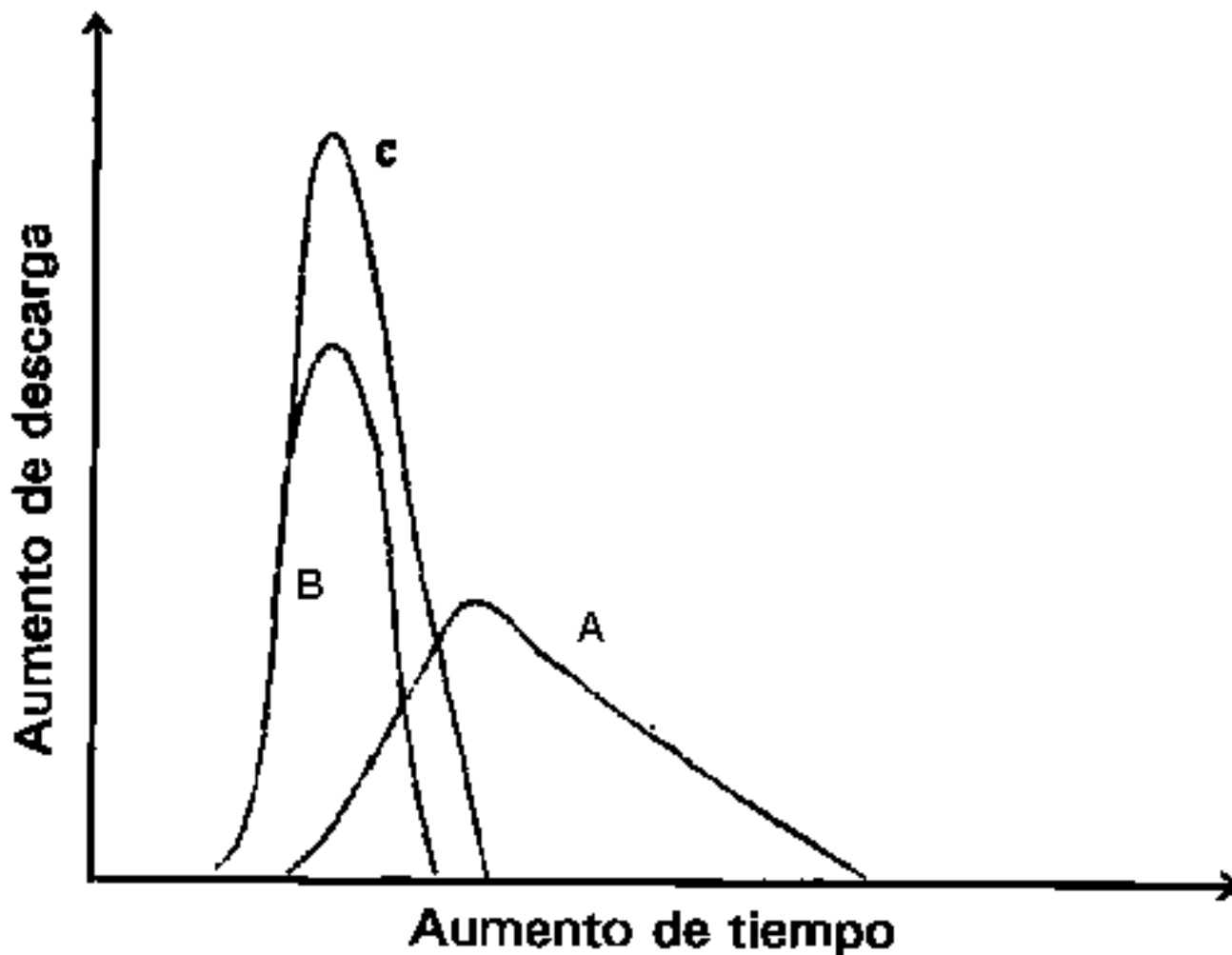
Leyenda:

A = Rural

B = Cuenca alcantarillada

C = Cuenca alcantarillada y con superficie impermeable

Figura 8-5: HIDROGRAFOS DE INUNDACIONES MOSTRANDO LOS EFECTOS DE LA URBANIZACION (c)



Leyenda:

A = Rural

B = Cuenca alcantarillada

C = Cuenca alcantarillada y con superficie impermeable

Hidrógrafos esquemáticos mostrando el efecto de urbanización tal como retraso de tiempo y aumento de la descarga pico. Los puntos CMP y CMR son centros de masa y de escurrimiento, respectivamente.

Fuente: Adaptado de Strahler, A.M., y Strahler, A.H. Environmental Geoscience: Interaction Between Natural Systems and Man (Santa Barbara, California, U.S.A.: Hamilton Publishing Co., 1973); and Riggs, H.C. Streamflow Characteristics (New York, U.S.A.: Elsevier, 1985).

1. Determinación del riesgo aceptable

Es valioso demarcar las llanuras de inundación y otras áreas inundables para proponer actividades compatibles de desarrollo. El riesgo de inundación puede ser incrementado si no se entiende la naturaleza del peligro y se piensa que es aleatorio en tiempo y espacio, cuando en realidad es más o menos predecible de acuerdo a probabilidades estadísticas. El planificador debe buscar la contribución de una variedad de

disciplinas para evaluar el riesgo de las actividades propuestas. Estos conceptos son discutidos en mayor detalle en este capítulo.

Los planificadores del desarrollo necesitan conocer con que frecuencia promedio, por cuanto tiempo y en qué época del año la llanura de inundación estará cubierta por agua. Los cambios naturales, así como los causados por actividades de desarrollo, afectan a las llanuras de inundación y deben de ser comprendidos para identificar prácticas adecuadas de desarrollo y de manejo de recursos naturales. Los cambios en el uso de llanuras de inundación - tales como urbanización y producción agrícola más intensiva - pueden aumentar la descarga y los niveles de inundación siguientes. Para el planificador, es crítico apreciar estos y otros efectos del cambio en el uso de tierras. Es prudente realizar una consulta temprana con especialistas en recursos y manejo de aguas durante el estudio de planificación, pues permite al planificador prever y evaluar conflictos potenciales entre el uso actual de tierras y los usos propuestos, así como su relación con eventos de inundación y los peligros que podrían presentar. Ver el Capítulo 3 para una discusión de estos conflictos.

Los criterios aceptables de riesgo pueden ayudar a distinguir entre diferentes grados de riesgo, para distintas actividades de desarrollo, y evaluar las restricciones asociadas con los proyectos potenciales de inversión. La frecuencia aceptable para un evento particular de inundación debe ser la apropiada para el tipo de actividades de desarrollo. Por ejemplo, bien podría valer el riesgo de una inundación ocasional, sembrar cultivos en la llanura de inundación donde los suelos son enriquecidos por las inundaciones cíclicas y por sedimentación. Los depósitos de arena y grava resultantes pueden dar lugar a una explotación comercial. Por otro lado, es apropiado ubicar un proyecto agro-industrial grande o de viviendas, en una área con una probabilidad muy pequeña de que ocurra una gran inundación cada año (ver Capítulo 2).

¿Cuál es la probabilidad de que una llanura de inundación sea el lugar donde ocurrirá la próxima inundación? ¿Continuará la erosión de las tierras de cultivo y de las riberas del río lentamente o a una velocidad acelerada?

¿Dónde ocurrirá la mayor erosión? ¿Ocurrirá una deposición y se agrandará la llanura de inundación? ¿Qué criterios serán usados para determinar el nivel aceptable de los riesgos de inundación en base a la vida esperada del proyecto, la población afectada, los programas de seguros disponibles, los códigos de construcción, reglamentos de zonación y otra legislación? El planificador, si bien no es un experto técnico en todos estos campos, debe saber como plantear las preguntas pertinentes que deberán ser contestadas por los expertos.

2. Métodos de percepción remota de satélite aplicados al peligro de inundación

Las técnicas de cartografía de llanuras de inundación son métodos dinámicos o estáticos. Muchas técnicas tradicionales son dinámicas: se monitorea el continuo cambio en el caudal del río con considerable trabajo de campo y mantenimiento de archivos durante un largo plazo. Algunas técnicas tradicionales dinámicas utilizan el análisis de regresión y estimados de precipitación, derivados de modelos para los cuales serán transferidos los datos de muchos años correspondientes a cuencas fluviales similares. Aunque estos métodos requieren la aplicación de algunos registros, pueden ser usados aún si no existen registros muy antiguos para el río en particular bajo estudio. En cualquier caso, los objetivos principales del uso de técnicas dinámicas son calcular el período de retorno, o la frecuencia de eventos particulares de inundaciones, y determinar las características de descarga de río y de niveles de inundación. Es importante

que el planificador conozca estos datos a fin de darle un peso ponderado al riesgo del desarrollo en una llanura de inundación.

Los mapas de inundaciones y de llanuras de inundación han sido preparados por los hidrólogos de todo el mundo, durante más de una década, usando datos de satélites. Estas son técnicas consideradas estáticas pues caracterizan al área en un momento particular de tiempo. Si bien es deseable contar con una historia dinámica y de larga duración sobre inundaciones las técnicas estáticas son capaces de proporcionar información útil para la evaluación del peligro de inundación, especialmente en las etapas preliminares y de diagnóstico de un estudio de planificación para el desarrollo integrado. Ante la falta de información sobre técnicas dinámicas, es posible estimar la probabilidad de ocurrencia de una inundación cuando la información de técnicas estáticas es combinada con observaciones históricas de inundaciones, reportes de desastres e información básica sobre recursos naturales, particularmente datos hidrológicos. Los estimados de frecuencia de eventos de inundación, particularmente para un evento extremo, son información valiosa para el estudio de planificación. La Figura 8-6 muestra la relación de los datos provenientes de percepción remota con satélite, y de otra información sobre peligros de inundación, con la utilizada en el proceso de planificación para el desarrollo integrado.

Figura 8-6: RELACION DE LOS DATOS DE PERCEPCION REMOTA PARA LA EVALUACION DE PELIGROS Y LA INFORMACION TRADICIONAL PARA LOS ESTUDIOS DE PLANIFICACION INTEGRADA PARA EL DESARROLLO

Mientras las técnicas de poco costo de procesamiento foto-óptico de los datos de satélite todavía son válidas, el creciente costo y la decreciente disponibilidad de imágenes en película, y el uso innovativo de procesamiento de datos digitales a analógicos, hace que el análisis con la ayuda de computadoras sean una opción viable. Los datos del barredor multiespectral Landsat, comúnmente usados (MSS), los datos del Landsat Thematic Mapper (TM) y del SPOT High Resolution Visible Range (HRV), con el potencial para cartografía a mayor escala, son ejemplos de ello. También, la cobertura regional con resolución a pequeña escala, pero sinóptica, que proporciona la serie de satélites de NOAA con el sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), brinda una ayuda altamente informativa a los planificadores para determinar la extensión de los eventos de inundación.

3. Integración de la información de percepción remota de inundaciones al estudio de la planificación para el desarrollo

Uno de los requerimientos de un estudio de planificación para el desarrollo integrado es lograr una definición clara del área en estudio y un sentido de la situación general del desarrollo en la región (ver Capítulo 1). La relación entre los bienes y servicios naturales, y los peligros presentes en una región y las actuales prácticas de manejo de recursos naturales, debe ser puesta en el contexto de los ecosistemas afectados (OEA, 1984).

A fin de integrar la información sobre llanuras de inundación en un estudio de planificación, se deben determinar las definiciones de llanuras de inundación y de áreas inundables, así como la probabilidad de que ocurra un evento dado durante la vida del proyecto de desarrollo. Esta información ayudará en la toma de decisiones sobre si un nivel de riesgo es aceptable o no. Es importante tener presente que los mapas de llanuras de inundación y de peligros de inundaciones no son sustitutos sino, más bien, precursores de los estudios de diseño de ingeniería.

Se pueden identificar y seleccionar una variedad de medidas de mitigación para reducir o minimizar el impacto de las inundaciones. Tales medidas de mitigación incluyen la adopción de sistemas de clasificación del uso de la tierra y de zonificación, códigos de construcción, impuestos y programas de seguros, además de los métodos prevalecientes "que se cuida el usuario".

a. Misión preliminar

Toda la información disponible relacionada a inundaciones debe ser recaudada durante la misión preliminar del estudio de planificación. Se espera que la información inicial recolectada sea de carácter general y basada en datos hidrológicos y de precipitación existentes, imágenes de satélite, fotografía aérea, evaluaciones de daños y estudios científicos y de ingeniería. La Figura 8-7 presenta un esquema de la relación de información sobre inundaciones y la evaluación del peligro de inundaciones con las actividades generales de desarrollo. Se deben identificar ciertas sub-áreas críticas para el estudio, y la preparación de información adicional sobre peligros de inundación debe ser integrada en las subsiguientes actividades del estudio.

MISION PRELIMINAR (DISEÑO DE ESTUDIO)

PREGUNTAS QUE LOS PLANIFICADORES DEBEN HACER;

- ¿Qué tipo y contenido de información sobre peligros de inundaciones está disponible para el área de estudio (reseñas de eventos históricos; informes sobre desastres y daños; análisis de peligros, riesgo y vulnerabilidad)?
- ¿Se necesitará información adicional? Si es así, ¿qué tipo? ¿Cuándo?
- ¿Se utilizará datos de percepción remota? Si es así, ¿qué sistema y qué tipo de producto?

DECISIONES IMPORTANTES QUE SE DEBEN DE TOMAR EN ESTA ETAPA:

- ¿Qué información complementaria o estudios y equipos para análisis de datos se necesitarán para utilizar a cabalidad los datos de percepción remota?
- ¿En qué etapa se hará la evaluación del peligro de inundaciones? ¿A qué costo y durante qué período de tiempo?
- ¿Qué conocimientos expertos se necesitarán para llevar a cabo la evaluación? ¿Para qué áreas?
- ¿Cómo se utilizará la información de la evaluación?
- ¿A qué otras actividades se podrán aplicar (os datos de sensoramiento remoto)?

Figura 8-7: EVALUACION DEL PELIGRO DE INUNDACIONES EN UN ESTUDIO DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO INTEGRADO

Figura 8-8

DATOS DE PERCEPCION REMOTA: CARACTERISTICAS PARA SU USO EN UN ESTUDIO DE PLANIFICACION INTEGRADA PARA EL DESARROLLO

Aplicación de datos de percepción remota a las etapas del estudio	Fuentes de satélite	Resolución nominal del	Escala Cartográfica
MISION PRELIMINAR	NOAA AVHRR	1,1 KM	1:1.000.000-
- Visión sinóptica de la región en su conjunto	Landsat MSS	80m	1:300.000.000
- Mapas regionales complementarios a pequeña escala con descripción de rasgos codificados a color			
- Resolución espacial del área de estudio y aspectos de manejo de recursos en un contexto más amplio de ecosistemas			
FASE I - DIAGNOSTICO DE DESARROLLO	Landsat MSS	80m	1:250.000
- Diagnósticos	Landsat TM	30m	1:1.000.000
Evaluación de recursos naturales			
Organización del ecosistema			
Identificación de áreas prioritarias	Landsat MSS	80m	1:50.000 ^a
Cartografía de llanuras de inundación	Landsat TM	30m	1:250.000
Demarcación de peligros de inundación			
FASE II - PLAN DE ACCION Y FORMULACION DEL PROYECTO	SPOT HVR	20m	1:25.000
	SPOT PAN	10m	1:50.000
- Información espacial para: Manejo de llanuras de inundación Selección de medidas de mitigación de inundaciones			
IMPLEMENTACION		20m-1,1 km	1:25.000-1:3.000.000
- Ayuda a las comunicaciones con y entre actividades de:	Todas las fuentes disponibles incluyendo experimentales p.e. Seaset, Space Shuttle, Nimbus		
Ejecución del proyecto de inversión			
Financiamiento			
Manejo y operación del proyecto			

Preparativos de emergencia			
Socorro para desastres			
- Informes			
- Instrucciones técnicas y administrativas			
- Seminarios			

^a Se puede lograr cartografía a escalas tan grandes como 1:50.000 cuando los productos de los datos Landsat MSS y TM en transparencias de película son usados junto con mapas de base topográficos y verificación de campo.

FASE I: DIAGNOSTICO DEL DESARROLLO (FORMULACION DE ESTRATEGIAS E IDENTIFICACION DEL PROYECTO)

PREGUNTAS QUE LOS PLANIFICADORES DEBEN HACER:

- ¿Son los eventos de inundaciones y el peligro que representan una variable significativa en determinar la estrategia de desarrollo e identificar proyectos? ¿Para qué sectores?
- ¿Pueden las medidas no estructurales de mitigación ser incluidas como parte de la estrategia de desarrollo? ¿Cuáles?
- ¿Presentan los eventos de inundación riesgos específicos a proyectos de desarrollo existentes o propuestos? ¿Es probable que las medidas estructurales de mitigación tengan que ser consideradas?

DECISIONES IMPORTANTES QUE SE DEBEN TOMAR EN ESTA ETAPA:

- ¿Se necesita modificar el diseño original de una evaluación adicional de peligros de inundación? ¿Quiénes harán las modificaciones? ¿Cómo se harán e implementarán?
- ¿Qué mecanismos se usarán para incorporar la información de la evaluación en las actividades del estudio en su conjunto?
- ¿Cómo y quién resumirá la información de la evaluación del peligro de inundaciones para los documentos del estudio?
- ¿Qué estudios adicionales de evaluación del peligro de inundaciones se necesitarán para formular el proyecto de inversión?

La tecnología de percepción remota puede y debe tener un rol importante en el diseño del estudio de planificación. La Figura 8-8 proporciona una visión general de las fuentes, escalas y aplicación de los datos de percepción remota para cada etapa del estudio. Las escalas de los mapas de la información recolectada, sin duda varían. Los mapas de imágenes de satélite, a pequeña escala, complementan los mapas tradicionales temáticos con información sinóptica espacial que puede ser usada como base para una evaluación regional del régimen hidrológico, incluyendo la definición de llanuras de inundación para los principales valles de ríos. En efecto, el estado del arte de la tecnología, permite ahora la preparación de un mapa temático de imágenes, conforme a normas nacionales de Estados Unidos, para la exactitud y a escalas tan grandes como 1:50.000.

b. Fase I

En la Fase I de un estudio de planificación se hace el diagnóstico de una región que específicamente incluye un análisis de los recursos espaciales y naturales. Los sensores SPOT y Landsat MSS y los sensores TM, están diseñados para proporcionar datos directamente relevantes a estos requerimientos. Los datos Landsat y SPOT proporcionan información actualizada de recursos naturales y uso de tierras en forma espacial, compatible con mapas. Los datos Landsat MSS, que han sido colectados sobre la mayor parte de las áreas terrestres del mundo en forma intermitente desde 1972, proveen el mejor y más fácilmente obtenible registro de llanuras de inundación y cambios en el uso de tierras por causa de inundaciones, sedimentación y actividad humana.

Las imágenes Landsat TM y SPOT HRV pueden ser usadas de manera efectiva para la cartografía de llanuras de inundación, con exactitudes a escalas tan grandes como 1:50.000 y para transmitir la idea que el curso del río son meandros a lo largo de la llanura de inundación. Las imágenes de satélite son especialmente útiles para actualizar los mapas existentes de llanuras de inundación y del peligro de inundaciones, especialmente para las áreas que son de naturaleza muy dinámica. Los mapas de imágenes de satélite proporcionan clara y visible evidencia a los administradores en el sentido de que las llanuras de inundación son áreas dinámicas y deben ser estudiadas conjuntamente con otros mapas temáticos para identificar las medidas de mitigación aplicables.

En esta etapa, la información de los mapas de llanuras de inundación puede ser usada en la preparación de mapas de uso de tierras y de capacidad de tierras (ver Capítulo 3). Las áreas al interior de las llanuras de inundación están sujetas tanto a inundaciones como a meandros del canal del río. La proposición de cultivos y construcción de infraestructura de irrigación, canales, puentes, caminos y otras estructuras permanentes debe ser estudiada para evaluar el riesgo de inundaciones. De igual manera, la información sobre peligros de inundaciones es críticamente importante en la planificación para el desarrollo urbano, industrial, recreacional, de turismo y de áreas de parques.

c. Fase II

La Fase II de la ejecución de un estudio de planificación demanda la formulación de proyectos y la preparación de un plan de acción. La planificación del manejo de recursos naturales debe de incluir una precisa demarcación de llanuras de inundación y de peligros hidrológicos relacionados, a escalas de mapa adecuadas para la formulación de proyectos. El manejo de las llanuras de inundación, la prevención de inundaciones, y las medidas de mitigación de inundaciones (tanto estructurales como no estructurales) deben de ser incluidas si es que no son ya parte de las actividades de formulación del proyecto. Varias alternativas de medidas de mitigación se presentan en el recuadro abajo.

MEDIDAS DE MITIGACION DE INUNDACIONES

Modificar el peligro: presas, áreas de embalse, lagunas de retención, diversión de crecientes, patrones de cosechas, reforestación.

Modificar el curso de aguas: diques, presas, canales, rectificación de ríos, control de erosión, sistemas de drenaje.

Modificar estructuras: elevación de edificios o reforzamiento, - ponerlos a prueba de inundaciones.

Modificar uso de tierras: utilizar zonas, regulación de subdivisiones, regulaciones sanitarias y de pozos de agua, restricciones de desarrollo, facilidades y contradicciones, manejo de llanuras de inundación, impuestos.

Seguros: programas de seguros de inundaciones.

Pronósticos, sistemas de alerta y emergencia: monitoreo de inundaciones, sistemas de alerta, planes de evacuación y rescate, albergues y ayuda en casos de emergencia.

FASE II: FORMULACION DEL PROYECTO Y DEFINICION DEL PLAN DE ACCION

PREGUNTAS QUE LOS PLANIFICADORES DEBEN HACER:

- ¿Es suficiente la información disponible sobre evaluaciones del peligro de inundaciones para formular adecuadamente los proyectos de inversión? En caso contrario, ¿se llevarán a cabo actividades adicionales de evaluación dentro o fuera del estudio de planificación?

- ¿Qué sistemas de percepción remota se usarán, y qué datos proporcionarán información adicional para otras actividades del estudio?

DECISIONES IMPORTANTES QUE SE DEBEN TOMAR EN ESTA ETAPA

- ¿Cómo y quién preparará la información de mitigación de peligros de inundaciones para los documentos del estudio de planificación?

- ¿Qué actividades complementarias llevará a cabo el equipo de estudio para maximizar el uso de la evaluación del peligro de inundaciones y la información de mitigación con las instituciones de planificación de emergencia y de ayuda de desastres?

El planificador o el especialista en percepción remota, debe dialogar con los especialistas de proyectos sectoriales sobre los temas del peligro de inundaciones relacionados tanto con el área de estudio en su conjunto, como con el lugar específico, a fin de determinar la naturaleza y alcances del problema y la información obtenida del análisis de datos de percepción remota. Dado que los estudios de ingeniería para la infraestructura y diseño de grandes estructuras, invariablemente requieren un alto grado de detalle, podrían ser necesarios datos de alta resolución tanto espaciales como espectrales. Los sensores SPOT HRV y Landsat 4 y 5 TM son actualmente las mejores fuentes disponibles de datos de alta resolución y deben ser considerados para su uso como datos básicos en la preparación de mapas a gran escala para evaluaciones del riesgo de inundaciones.

d. Implementación del proyecto

Los productos de datos tales como fotografías, positivos de película y diapositivas, derivados de imágenes de satélite, también se usan en la etapa de implementación de proyectos relacionados con llanuras de inundación. Son ampliamente utilizados y bastante efectivos como documentos para presentaciones y contacto con los medios de comunicación masiva y como una referencia común para las diversas agencias involucradas. Se pueden usar para explicar al público, los medios de comunicación y las organizaciones financieras la necesidad de medidas de mitigación, la naturaleza y las ubicaciones del proyecto a ser implementado, y los beneficios que se derivarán del mismo. Aún más, pueden ser valiosos en el futuro en la preparación de mapas actualizados y como fuente de información sensible al tiempo, para monitoreo del proyecto. Finalmente, proporcionan excelente material de antecedentes para impartir instrucciones técnicas y administrativas y para seminarios con funcionarios del gobierno nacional y local, involucrados en la toma de decisiones sobre proyectos. En la etapa de implementación del proyecto, durante la cual se requiere comunicación efectiva a todo nivel - planificación, financiamiento, administración, y operaciones de campo - todo tipo de datos de satélite, obtenido y ensamblado a cualquier escala, será cada vez más valioso a medida que los usuarios se familiaricen con las características, contenido de información, aplicabilidad y uso de los datos.

IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

PREGUNTAS QUE LOS PLANIFICADORES DEBEN DE HACER:

- ¿Cómo será usada la información sobre «valuaciones del peligro de inundaciones y de mitigación, en la aprobación del financiamiento del proyecto y las actividades de su ejecución?
- ¿Existen disposiciones para la diseminación de los datos de percepción remota, el control de su uso y actualización periódica?
- ¿Cómo harán uso de los datos de percepción remota *los* sistemas de información geográfica (SIG) existentes o propuestos, y cómo se ingresarán, utilizarán, almacenarán, y actualizarán de manera continua?

DECISIONES IMPORTANTES QUE SE DEBEN TOMAR EN ESTA ETAPA:

- ¿Quién será responsable de incorporar las evaluaciones del peligro de inundaciones e información sobre mitigación en las actividades de financiamiento y ejecución del proyecto?
- ¿Cuál institución será responsable para ingresar, almacenar y recuperar los datos y la información?

También se debe dar énfasis al hecho que una vez que se llega a la etapa de implementación, la información generada por los estudios de campo y las actividades de diseño de ingeniería, deberá incluir un análisis de la frecuencia de inundaciones, si es que aún no está disponible. Tal información es un componente crítico del análisis de riesgo y sin ella la utilidad de la demarcación de la llanura de inundación es grandemente reducida.

C. Técnicas de cartografía del peligro de inundaciones y aplicación de datos de satélite

[1. Técnicas tradicionales de cartografía de llanuras de inundación](#)

[2. Técnicas de percepción remota para cartografía de llanuras de inundación](#)

[3. Método foto-óptico para la demarcación inicial de llanuras de inundación y evaluación del peligro de inundaciones](#)

Tradicionalmente, la recolección y análisis de datos hidrológicos relacionados con llanuras de inundación y áreas inundables ha sido un esfuerzo que requería mucho tiempo, con dilatadas campañas de campo y extensos cálculos. Este método tradicional hace uso de datos históricos de eventos de inundación para demarcar la extensión y el intervalo de recurrencia de las inundaciones. Con el desarrollo de técnicas de percepción remota y de análisis computarizado, las fuentes ahora tradicionales, pueden ser complementadas con estos nuevos métodos de adquisición de información cuantitativa y cualitativa del peligro de inundaciones. Este método estático hace uso de indicadores de susceptibilidad de inundaciones para evaluar la propensión a inundaciones del área (Soller *et al.*, 1978). Ambos métodos se discuten a continuación.

1. Técnicas tradicionales de cartografía de llanuras de inundación

Las técnicas dinámicas convencionales para el análisis de la frecuencia de inundaciones se han desarrollado durante el último medio siglo para evaluar cuantitativamente el peligro de las inundaciones. Estas técnicas tradicionales dan como resultado datos dinámicos históricos que, cuando están disponibles, se usan para cartografía de precisión de las llanuras de inundación. Además del registro de crecidas máximas durante un período de años (análisis de frecuencias), se requiere un estudio detallado (cortes transversales, pendientes y mapas de curvas de nivel) junto con estimados de asperezas hidráulicas, antes que se pueda determinar la extensión de inundaciones durante un intervalo de recurrencia esperado. En la cartografía tradicional de llanuras de inundación, los datos requeridos y los mapas incluyen lo siguiente:

- El mapa base (topográfico) seleccionado, con el sistema de aguas subterráneas
- Datos hidrológicos:
 - * Análisis de frecuencias (incluyendo descarga de ríos y datos de inundaciones históricas)
 - * Mapas de inundaciones
 - * Informe sobre frecuencia y daños de inundaciones, etc.
 - * Curvas etapa-área
 - * Mapas de pendientes
 - * Cortes transversales
 - * Aspereza hidráulica
- Mapas relacionados tales como de suelos, fisiografía, geología, hidrología, uso de tierras, vegetación, densidad poblacional, infraestructura y asentamientos.

Este método dinámico requiere de dilatados estudios de campo, a largo plazo, con una red de estaciones de aforo que puedan proporcionar los datos necesarios para evaluaciones precisas de riesgo. Rara vez está disponible información tan completa de muchos años para sistemas de ríos en países menos desarrollados. Para obtener información hidrológica, debe contactarse a instituciones hidrometeorológicas del gobierno, a fin de conseguir los datos y mapas disponibles (ver Apéndice A). Los mapas de suelos y mapas geológicos frecuentemente demarcan las llanuras de inundación. Los mapas topográficos a escalas

adecuadas para el proyecto generalmente están disponibles en el país. Lo que está más fácilmente disponible es la información derivada de técnicas estáticas, que son capaces de proporcionar información sobre evaluación del peligro de inundaciones.

2. Técnicas de percepción remota para cartografía de llanuras de inundación

Para áreas mayores tales como los principales valles de ríos, los fondos y el tiempo disponibles frecuentemente son limitados. Por lo tanto, usualmente no es posible llevar a cabo la recolección, costosa y detallada, de datos hidrológicos, su análisis y actividades cartográficas durante un estudio de planificación (OEA, 1969 y 1984). La tecnología de percepción remota, especialmente la tecnología espacial, proporciona ahora una alternativa económica y factible para complementar las fuentes tradicionales de datos hidrológicos. Estas técnicas estáticas proporcionan vistas del área que pueden ser analizadas respecto a ciertas características relacionadas con inundaciones y pueden ser comparadas con imágenes de fecha anterior o posterior, para determinar cambios en el área de estudio.

Los métodos de percepción remota requieren de una plataforma tal como un satélite (p.e., Landsat) o una aeronave, además de un sensor, como el MSS, instalado en la plataforma. Las imágenes de satélites se pueden adquirir en formato digital (CCT) o analógico (película). Los datos digitales pueden no ser una alternativa debido a su costo y al requerimiento de equipos de cómputo y programas sofisticados. Por lo tanto, el propósito del método aquí presentado es proporcionar una técnica que hace uso de datos originales o de películas para la cartografía de llanuras de inundación y evaluación del peligro de llanuras inundables. También se discute a continuación el concepto de preprocesar CCTs, dado que es factible adquirir productos de películas digitalmente mejoradas para estas aplicaciones.

Los mapas de inundaciones y peligros de inundación han sido preparados por muchos hidrólogos en todo el mundo con datos de aeronaves y satélites, principalmente las bandas visibles e infrarrojo (Deutsch, 1974). Unos pocos hidrólogos han utilizado los datos de infrarrojo térmico para cartografía de áreas inundadas (Wiesner et al., 1974, y Berg et al., 1981).

Los datos de satélite pueden ser utilizados para encontrar indicadores de llanuras de inundación y son más fáciles de usar que las imágenes de aeronaves para demarcar llanuras de inundación (Soller et al., 1978). La información de la fotografía aérea realizada por computadora, o una combinación de ésta con imágenes de satélite, también ha sido utilizada. A su vez, se han usado las fotografías aéreas digitalizadas, en color infrarrojo, para clasificar la vegetación que se correlaciona con las llanuras de inundación. (Harker y Rouse, 1977). Los datos digitales Landsat han sido combinados con datos digitales de elevación para desarrollar relaciones etapa-área de áreas inundables (Struve, 1979). Una referencia integral sobre técnicas de percepción remota relacionadas con el curso de las aguas es *Satellite Hydrology* (Deutsch, *Satellite Hydrology* (Deutsch, 1981). que contiene más de 100 artículos sobre el tema.

REFERENCIAS PARA LAS TECNICAS DE ESTIMAR LA FRECUENCIA DE INUNDACIONES y ELEVACION DEL AGUA

La historia del desarrollo de técnicas convencionales para la frecuencia de inundaciones, así como de ilustraciones sobre esta técnica, está bien documentada en el "Bulletin No. 17B, Guidelines for Determining Flood Flow Frequency*" por el United States Water Resources Council, Hydrology Committee (Washington, D.C.: Revised September, 1981).

Para una guía respecto a la estimación de la elevación de la superficie de las aguas de inundación, se debe consultar "Flood Water Surface Elevation Determination Manual", preparado por el Oregon Department of Land Conservation and Development (Salem, Oregon: December, 1984). Presenta un método simplificado para la generación de perfiles de inundaciones. Mientras que el método requiere algunos datos históricos, demuestra que existen métodos que pueden ser utilizados por personal no especializado en ingeniería, para estimar las llanuras de inundación sin el uso de modelos de computadora.

INDICADORES LANDSAT DE LLANURAS DE INUNDACION

- Fisiografía de regiones elevadas;
- Características de cuencas fluviales tales como su forma, densidad de drenaje, etc;
- Grado de abandono de ríos naturales;
- Ocurrencia de dunas de arenas estabilizadas, en terrazas ribereñas;
- Configuración de canales y características geomórficas fluviales;
- Áreas pantanosas;
- Disponibilidad de humedad en el suelo (también un indicador a corto plazo de susceptibilidad a inundaciones);
- Diferencias de suelos;
- Diferencias de vegetación;
- Límites de uso de tierras;
- Desarrollo agrícola; y
- Medidas de alivio a inundaciones en las llanuras de inundación.

De Rango y Anderson, 1974.

a. Llanuras de inundación y cambios relacionados con inundaciones detectadas por percepción remota

Las inundaciones, fuerzas hidráulicas, estructura de ingeniería y desarrollo en las llanuras de inundación pueden conducir a cambios físicos del canal de río, de los patrones de sedimentación y de los límites de inundaciones, tal como se discute en este capítulo. Es muy costoso actualizar continuamente los mapas para mostrar con exactitud estas condiciones cambiantes. Las imágenes de satélite pueden proporcionar

una secuencia de cambios para complementar mapas y las fuentes de datos convencionales puntuales. Por lo tanto, las imágenes actualizadas del área de estudio provenientes de satélites, se pueden comparar con datos previamente definidos para determinar cambios durante períodos de tiempo específicos. De igual manera y usando imágenes de satélites, en la cartografía de una inundación se puede comparar el área inundada, con otro mapa del área en condiciones previas a la inundación.

Las inundaciones frecuentemente dejan su huella o "firma" en forma de anomalías de humedad de suelo, zonas embalsadas, suelos raspados, vegetación perturbada, alineamiento de derrubio y otros indicadores del área inundada, durante días o semanas después de que las aguas de inundación hubieran bajado. La Figura 8-9 presenta una lista de las bandas o compuestos espectrales sugeridos de los diversos sistemas en satélite, para el análisis de llanuras de inundación y los rasgos hidrológicos relacionados.

Se debe notar que la demarcación de llanuras de inundación usando los datos de sensores remotos, no puede ser relacionada directamente con cualquier período de retorno. Sin embargo, cuando se usa junto con otra información, la llanura de inundación demarcada puede ser relacionada con un evento estimado o calculado. Este método estático puede revelar la propensión a inundaciones de una área y proporcionar información útil para una evaluación del peligro de inundaciones.

b. Selección de datos de satélite

La selección de datos es un requerimiento crítico pero generalmente subestimado para uso efectivo de imágenes de satélite en las evaluaciones del peligro de inundaciones. Varios sensores a bordo de los satélites de observación de la Tierra han proporcionado datos adecuados para la cartografía de llanuras de inundación y áreas inundadas. Los sistemas de sensores y los satélites de observación que han estado en funcionamiento durante el mayor período de tiempo, son los MSS en los cinco satélites de la serie Landsat y el AVHRR en la actual serie de satélites de NOAA. Los sistemas de sensoramiento y satélites más recientes incluyen el TM en el Landsat 4 y 5 y el satélite SPOT con sensores HRV (ver Capítulo 4 para mayor información y características de cada sistema). Cada sistema tiene sus ventajas espaciales, espectrales y temporales y sus limitaciones (ver el recuadro abajo para un resumen de estos).

Otros sistemas de percepción remota, como los que se encuentran a bordo de los satélites de los EE.UU., Nimbus, Seasat y el Transbordador Espacial, han sido utilizados experimentalmente pero su cobertura es esporádica (ver Capítulo 4 para una discusión de la aplicación de estos y otros sistemas de percepción remota).

VENTAJAS Y LIMITACIONES DE DATOS DE SATELITE PARA EVALUACIONES DE PELIGROS DE INUNDACION

- LANDSAT MSS: proporciona datos para cartografía a relativamente pequeña escala (1:1.000.000 - 1:100.000), con cobertura sólo una vez cada 16 días en 4 bandas espectrales.
- LANDSAT TM: datos recolectados con la misma frecuencia que los datos MSS, en seis de siete bandas espectrales reflectivas solares (1,2,3,4,5 y 7) y son adecuadas para cartografía en mayor escala (hasta 1:50.000).
- NOAA AVHRR: proporciona cobertura multispectral cuatro veces cada día (dos veces de día y dos de noche) pero produce datos adecuados sólo para cartografía a pequeña escala (1:3.000.000 -1.500.000); más útiles para demarcar la cobertura de máximas inundaciones de áreas de superficie.
- SPOT HRV: (os sensores HRV, del satélite SPOT, proporcionan datos para cartografía a escala

relativamente grande (hasta 1:25.000) en tres bandas espectrales (Multibanda [XS] o una banda Pancromática [P]), una vez cada 26 días. Tiene como dirigir el sensor de modo que pueda proporcionar datos con mayor frecuencia,

NOTA: Debido a que al ciclo de repetición de los sistemas Landsat y SPOT es mayor de 15 días, no siempre es posible obtener imágenes durante las etapas de máxima inundación. Sin embargo los datos obtenidos hasta un mes después de la inundación, frecuentemente revelan la extensión del área inundada, debido a las diferencias de reflectancia entre áreas inundadas y no inundadas,

Los satélites Landsat, NOAA y SPOT obtienen información en el modo digital. Los datos producidos se pueden comprar como CCTs o en formato analógico como impresiones fotográficas o transparencias de película. Los costos de los productos en película de los programas SPOT y Landsat son tales, que el costo de producir datos foto-ópticos temáticamente mejorados para aplicaciones específicas, tales como la demarcación de llanuras de inundación y cartografía de inundaciones, se acercan ahora al costo de procesamiento de imágenes digitales.

Una limitación que se encuentra en todos los anteriores sensores es que ninguno es capaz de penetrar las nubes, lo cual puede limitar la cantidad de datos disponibles para áreas húmedas, cubiertas de nubes. Dado que la mayor parte de la cobertura de satélites para una escena dada se extiende sobre una área muy grande (usualmente más de 33.000 km² exceptuando al SPOT, que cubre aproximadamente 3.600 km²), es importante tener presentes las ventajas y requerimientos de cada sistema. Al decidir sobre la escala del mapa base para el estudio, lo cual depende de la escala de los mapas topográficos disponibles, es de importancia primaria considerar los usos potenciales de los datos de satélite.

3. Método foto-óptico para la demarcación inicial de llanuras de inundación y evaluación del peligro de inundaciones

Los estudios regionales de planificación integrada para el desarrollo suelen no incluir las evaluaciones originales del peligro de inundaciones y, más bien, dependen de información disponible. Tal como se señaló al comienzo de este capítulo, si tal información fuera necesaria pero no estuviera disponible, se debe llevar a cabo una evaluación como parte del estudio. Si las restricciones de tiempo y presupuesto no permiten que se realice una evaluación detallada a gran escala, se puede preparar un mapa de llanuras de inundación y una evaluación del peligro de inundaciones usando el método foto-óptico, los datos de Landsat, y la información del estudio de planificación que generalmente está disponible (ver Figura 8-6). Las ventajas de hacer uso de datos Landsat, además de aquellos ya mencionados, se encuentran en el recuadro abajo.

La Figura 8-10 presenta un diagrama de los pasos para la preparación de datos Landsat para uso en una evaluación del peligro de inundaciones. En la próxima sección, dos estudios de caso demuestran como los datos Landsat fueron realmente utilizados para la evaluación del peligro de inundaciones.

En la cartografía de llanuras de inundación, las transparencias en película positiva blanco y negro, de las imágenes Landsat, en formato de 70mm, son especialmente útiles para la demarcación de llanuras de inundación. Las escalas de mapa aplicables van de 1:1.000.000 a 1:100.000 o mayores, según la disponibilidad de información complementaria sobre evaluaciones del peligro de inundaciones e hidrológicas. Su utilidad se logra a través del análisis con un visor color-aditivo, que ofrece la mayor capacidad y flexibilidad para el análisis óptico multispectral (más de una banda), multitemporal (escenas

de dos fechas diferentes), y multiescala (imágenes a diferentes escalas). Si no se dispone de productos en película de 70mm, los positivos de película 1:1.000.000 pueden ser recortados o reducidos al tamaño de 70mm y usados en el visor color-aditivo. Esta técnica permite que las imágenes sean usadas como una base para producir ampliaciones de sub-escenas.

Figura 8-9

CARACTERISTICAS RELACIONADAS CON INUNDACIONES y LLANURAS DE INUNDACION EN LAS IMAGENES LANDSAT

Landsat Multispectral Scanner (MSS)		
Bandas individuales MSS		Características principales
Landsat 1, 2 y 3 4	Landsat 4 y 5 1	Uso de tierras, vigor de plantas y fisiografía de zonas áridas
5	2	Distribución y densidad de vegetación Obras de ingeniería civil y construcciones
6	3	Buen contraste agua-tierra Detalles del terreno
7	4	Contraste agua-tierra Distribución mínima de agua de superficie Detalle fisiográfico y de terreno Anomalías en humedad de suelos
Compuestos espectrales MSS (más de una banda)*		
Landsat 1, 2 y 3 4B, 5G, 7R	Landsat 4 y 5 1B, 2G, 4R	Compuesto normal a falso color La vegetación aparece en rojo Agua de superficie aparece de color azul a negro
4B, 5R, 7G	1B, 2B, 3G, 4R	Aumento del brillo de la escena La vegetación es degradada, pero visible en tonos de amarillo a marrón Se realza la distribución de agua de superficie; excelente para cartografía de llanuras de inundación y tierras húmedas** La humedad en el suelo aparece como una anomalía de alta densidad
4B, 5B, 6G, 7W	1B, 2B, 3G, 4W	Escena de máximo brillo La respuesta vegetativa en las bandas visibles eliminada Optima descripción de fisiografía Máxima separación de tierra y agua de superficie
Landsat Thematic Mapper (TM) ***		
Bandas individuales		Aplicación
1		Discriminación suelo/vegetación Detalle de agua
2		Reflectancia verde de vegetación sana
3		Diferenciación de especies de plantas

4	Demarcación de embalse de agua
5	Mediciones de humedad de vegetación Diferenciación nieve/nube
6	Cartografía térmica Llanura de inundación/anomalías de humedad de suelos
7	Terreno y detalles de estructura

* B = luz con filtro azul
G = luz con filtro verde
R = luz con filtro rojo
W = luz blanca (sin filtro)

** Este realce fue desarrollado para uso en la demarcación de llanuras de inundación y evaluación de tierras húmedas del río Paraná (ver Williams, R.S., Jr. "Geological Applications" en Manual of Remote Sensing (2nd ed.), vol. 2, cap. 31 (1983).

*** Adaptado de Freden, S.C. y Gordon, F., Jr. "Landsat Satellites" en Manual of Remote Sensing (2nd ed.), vol 1 (Falls Church, Virginia: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 1983).

Figura 8-10: APLICACION DE LOS DATOS LANDSAT DE PERCEPCION REMOTA A EVALUACIONES DEL PELIGRO DE INUNDACIONES

VENTAJAS ADICIONALES DE USAR DATOS LANDSAT

- Flexibilidad en el uso sea de transparencias de película positiva o CCTs comprados directamente del distribuidor de datos de satélite.
- Flexibilidad en el uso sea de un visor color- aditivo, laboratorio fotográfico, o computadora para procesamiento, análisis y composición de imagen.
- Habilidad para usar concurrentemente escenas de dos fechas distintas para comparar situaciones pre-evento, evento y post-evento.
- Flexibilidad en la producción de diapositivas de 35mm. impresiones fotográficas, o transparencias de película positiva para uso a escalas seleccionadas de mapa base.

El método foto-óptico para procesamiento de datos descrito anteriormente ha sido desarrollado como una alternativa de bajo costo al procesamiento digital de imágenes. El procesamiento digital de imágenes requiere de costosos analizadores multiespectrales, computadoras, grabadores de película y equipos de apoyo, además de un laboratorio fotográfico especializado. Las ventajas de tener esa capacidad sofisticada, sin embargo, se encuentran en el recuadro más adelante.

Mientras que los precios varían de fuente en fuente y de país a país, la experiencia muestra que el costo de adquisición de datos por kilómetro cuadrado, y el análisis y preparación de productos análogos, puede ser desde 4 centavos de dólar, usando un formato de datos de transparencias con película positiva, hasta 20 centavos de dólar para formatos de datos CCT (1989). Un especialista en percepción remota, familiarizado con sistemas de análisis foto-óptico o multiespectral realizado por computadora, en colaboración con otros

estudios de planificación y con información regional complementaria y apoyo logístico, podría llevar a cabo una evaluación del peligro de inundaciones y pre-peligro de inundaciones, y preparar un mapa de llanuras de inundación para un área de 30.000-90.000 km² a una escala de hasta 1:250.000 en aproximadamente un mes. El tiempo exacto de dedicación a esto depende de la escala del mapa final a ser producido, la densidad del sistema de aguas de superficie, la topografía, y la disponibilidad de mapas relevantes de recursos naturales e infraestructura a escalas apropiadas.

Muchos países tienen un visor color-aditivo disponible para el análisis foto-óptico. Sin embargo, la mayoría de las agencias de planificación, de aguas y recursos naturales, no disponen de fondos adecuados o de una instalación dedicada, a tiempo completo, al procesamiento digital de imágenes para el análisis de mapas con ayuda de computadora. Si se desea el uso de tal tecnología, se recomiendan equipos que sean lo más avanzado de la tecnología internacional. El acceso a cualquier sistema de análisis puede ser facilitado por especialistas que están familiarizados con las fuentes de datos de satélite, la selección de imágenes disponibles, su adquisición y procesamiento, y el análisis de productos analógicos.

Una instalación equipada sólo con instrumentos foto-ópticos y acceso aun laboratorio fotográfico, puede utilizar el procesamiento digital de imagen haciendo arreglos para el pre-procesamiento de CCTs a cargo de una entidad calificada. Los datos crudos y los productos de películas mejoradas pueden ser producidos, a pedido, para aplicaciones específicas en formatos compatibles con el equipo foto-óptico disponible para el usuario. De ser posible, tal procesamiento debe estar a cargo de un especialista en desarrollo e impresiones fotográficas, en colaboración con un programador de computadora y con profesionales con conocimientos del área en estudio.

La conversión del modo digital al analógico o película, en una etapa temprana del proyecto, eliminará la necesidad de una capacidad de computadora dedicada, en muchas instituciones, y al mismo tiempo mejorará la eficiencia de las facilidades para el procesamiento de imágenes digitales seleccionadas. Los productos en película producidos por análisis digital, pueden ser entonces utilizados efectiva y eficientemente en los sistemas foto-ópticos de datos del usuario, sin la necesidad de un reprocesamiento fotográfico tal como realce de contraste, balanceo de densidad de película y trabajoso desarrollo e impresiones tanto en blanco y negro como en película a color. El valor y la efectividad de equipos tales como visor color-aditivo es incrementado, ya que se utilizará las imágenes digitalmente realzadas en vez de los datos crudos.

La cobertura repetitiva de cualquier área por satélites operacionales de observación de la Tierra, hace posible el monitoreo de las características dinámicas de las inundaciones que pueden causar cambios, p.e., cambios en el canal del río o de los bordes de la llanura de inundación. Aún más, la distribución espacial de las características que han cambiado pueden ser fácilmente graficada mediante técnicas de análisis temporal, desarrolladas desde el lanzamiento del Landsat 1 en 1972 (Deutsch, 1976; Deutsch, 1974; y Kruus et al., 1981). Diapositivas de escenas completas y sub-escenas pueden ser proyectadas a cualquier escala para el análisis, sea sobre un mapa base, sobre mapas temáticos, o sobre impresiones en papel de una sola banda de satélite para producir mapas temáticos de imágenes.

Figura 8-11: SERIES DE DATOS LANDSAT MSS PARA LA EVALUACION DEL PELIGRO DE INUNDACIONES EN LA LLANURA COSTERA DE HONDURAS

VENTAJAS DEL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES

- Mediciones automáticas espaciales.
- Realce temático, tales como tramos de contraste lineal, racionamiento de bandas, correcciones geométricas y atmosféricas, realce de los bordes, etc.
- Máxima versatilidad en procesamiento de escenas.
- Uso potencial en sistemas de información geográfica.

Esta sección ha presentado esquemas de técnicas disponibles para el uso de datos de percepción remota y fotografía aérea para ayudar a demarcar llanuras de inundación y áreas inundables. La aplicación práctica del uso de datos de Landsat MSS para demarcar áreas inundables se describe en la siguiente sección.

D. Aplicación de datos de percepción remota a áreas inundables: dos estudios de caso

[1. Estudio de caso 1: Llanura costera de Honduras](#)

[2. Estudio de caso 2: Llanura de inundación del río Pilcomayo](#)

En 1985 la OEA/DDRMA completó dos proyectos empleando datos del Landsat MSS para demarcar áreas inundables. Un estudio se llevó a cabo para la llanura costera en Honduras. El segundo estudio cubrió el valle del río Pilcomayo en Paraguay. Ambas utilizaron técnicas de procesamiento foto-óptico de bajo costo, prácticas aunque diferentes, que fueron diseñadas para la situación específica. Los métodos usados son mejor ilustrados por los respectivos estudios de caso.

1. Estudio de caso 1: Llanura costera de Honduras

En setiembre de 1974 la llanura costera de Honduras fue devastada por inundaciones del huracán Fifí. Poco después, el Gobierno de Honduras solicitó asistencia de la OEA/DDRMA para demarcar las áreas inundables de la llanura costera, en mapas a escala de 1:50.000, empleando la tecnología de percepción remota como fuera apropiado, a ser utilizada en un estudio de planificación integrada para el desarrollo, a fin de formular proyectos de inversión para reestructurar la economía de la región.

a. Técnica foto-óptica empleada para análisis espectral

Se realizó una búsqueda de datos y se obtuvieron dos conjuntos de datos Landsat MSS, relativamente libres de nubes, que cubrían el área del estudio, incluyendo imágenes pre-inundación y post-inundación. Un traslape de 53 kilómetros de ancho de las dos escenas fue la base para el análisis de cambios temporales que podrían ser atribuidos al huracán y a las características cambiantes del terreno entre ambas fechas (ver Figura 8-11).

Las transparencias en película positiva blanco y negro, a escala de 1:1.000.000, de las cuatro bandas de datos, fueron compradas para la base de imágenes de satélite. Las imágenes compuestas a falso color en

forma de transparencias de película positiva, fueron producidas en un laboratorio fotográfico especial, mediante la proyección consecutiva de la banda 4 a través de un filtro azul, de la banda 5 a través de un filtro verde, y de la banda 7 a través de un filtro rojo. Luego, se obtuvieron copias a color de las transparencias. Ver Figura 8-9 para una descripción de las características relacionadas con inundaciones e imágenes Landsat MSS.

Además, se prepararon diapositivas de las imágenes, fotografiando las transparencias en película montadas sobre una mesa de luz, con una cámara de 35mm, utilizando película Kodak EPY 50 para luz de tungsteno. No se debe usar lámparas fluorescentes en la mesa de luz. Cada escena fue copiada en su totalidad en una sola diapositiva; también se prepararon diapositivas de sub-escenas seleccionadas, a corta distancia, de interés particular. Varios originales de cada escena fueron fotografiados en formato de diapositivas, no sólo para ahorrar tiempo sino también para evitar la alteración del color y pérdida de detalle que comúnmente ocurre cuando se hacen duplicados de las diapositivas.

Los mapas base topográficos fueron montados sobre una pared, y se proyectaron las imágenes sobre estos mapas, y se inscribieron con los mapas. Aunque los mapas eran a escala de 1:50.000 y las imágenes originales de satélite a escala de 1:1.000.000, la identificación de las tierras bajas costeras, que en general constituyen el área inundable se pudo realizar mediante reconocimiento de patrones.

Figura 8-12: COMPUESTO TEMPORAL DE LANDSAT MSS PARA LA EVALUACION DEL PELIGRO DE INUNDACIONES DE LA LLANURA COSTERA DE HONDURAS

Los mapas mostraban curvas de nivel topográficos cada 20 metros, lo cual era un intervalo demasiado grande para demarcar la llanura de inundación. Por otro lado, las imágenes MSS, con su resolución espacial nominal de 89 metros, son normalmente usadas para cartografía a escalas de 1:250.000 o menores. Hay un efecto sinérgico cuando el mapa topográfico es combinado con cualquier imagen de sensores remotos. El uso conjuntivo de los mapas y de las imágenes MSS hizo posible demarcar los bordes de la llanura de inundación con un alto grado de confianza y de aproximar los límites de un evento de diseño de 100 años.

Se debe resaltar sin embargo, que aunque la demarcación de llanuras de inundación se hizo con la interpretación de datos estáticos, ésta fue realizada por un hidrólogo experimentado, muy familiarizado con las características de los datos de satélites. Las imágenes especialmente procesadas son una herramienta para el proceso cartográfico y no reemplazan al científico de aplicaciones, ni producen mapas automáticamente.

b. Análisis temporal de cambios en la superficie del terreno

Una de las aplicaciones más útiles de imágenes repetitivas de satélite es la habilidad de preparar compuestos temporales que muestren los cambios en las características de superficie del terreno, que han ocurrido en el lapso entre las fechas de recolección de los datos. Para ver que cambios ocurrieron en la Provincia Atlántida, Honduras, entre diciembre 1973 y diciembre 1978, período que incluye la ocurrencia del huracán Fifi, se hicieron transparencias duplicadas de las imágenes Landsat en la banda 5, en película positiva a escala de 1:1.000.000.

La misma área terrestre de ambas escenas fue cuidadosamente recortada de las transparencias y montada en un visor color-aditivo. Este dispositivo permitió la visión simultánea de ambas imágenes sobre una pantalla de vidrio esmerilado y pudo ser fotografiada. Las imágenes deben ser enfocadas con gran precisión y la escala cuidadosamente ajustada. Las imágenes luego fueron registradas con exactitud y se

introdujeron filtros de color rojo y verde para codificar con colores, determinados rasgos de superficie tales como agua de superficie, depósitos de sedimentos y vegetación (ver Figura 8-12).

Combinando el rojo y el verde se produce el amarillo. Por lo tanto, para áreas donde no ha habido cambio significativo en la reflexión de la superficie, el área se codifica en tonos de amarillo a marrón, según la densidad de la película. Si ocurre un cambio de reflectancia espectral debido a las inundaciones, el área afectada por el cambio está codificada en color sea rojo, que muestra la condición pre-existente, o verde que muestra la nueva condición. Por ejemplo, estos cambios podrían ser una perturbación de la distribución de vegetación o uso de tierras o cambios en bosques, construcciones, o contaminación. Esta información luego puede ser usada para definir áreas susceptibles a eventos de inundaciones.

Como una ayuda para la interpretación, se puede indicar la ubicación y distribución de las nubes. Cuando hay nubes en una fecha y no las hay en otra, el área es codificada rojo o verde según la fecha y la combinación de filtros. Las áreas muy pequeñas que eran cubiertas por nubes en ambas fechas aparecen amarillas.

2. Estudio de caso 2: Llanura de inundación del río Pilcomayo

Debido a la inundación recurrente a lo largo del río Pilcomayo en el suroeste del Paraguay, el Gobierno de este país solicitó asistencia de la OEA/DDRMA para demarcar los linderos de las llanuras de inundación y los peligros a lo largo del río. En este caso la escala deseada para el mapa fue de 1:500.000 pero no se encontraron mapas topográficos a esa escala. La información fue combinada con información sobre peligro de desertificación y otros de recursos naturales, usando un mapa de clasificación de suelos como mapa base.

a. Técnica foto-óptica empleada para análisis espectral

Los datos de Landsat MSS fueron usados como base para la cartografía e interpretación de demarcación de las llanuras de inundación y varias otras áreas de peligros. Una búsqueda geográfica detallada de datos disponibles reveló que los datos de Landsat 2 MSS obtenidos en días consecutivos en 1976, eran los mejores a disposición para la cobertura del área en estudio. Fueron adquiridas las transparencias positivas blanco y negro en el formato de 70mm, a escala de 1:3.369.000. Para el análisis temporal se consiguió una transparencia con datos de Landsat 1 MSS de 1972. Además, también se compró un juego de datos de Landsat 4 de 1982 cubriendo la porción suroeste del área de estudio.

Antes de la preparación de los mapas de demarcación de las llanuras de inundación y de la evaluación del peligro, se hizo un análisis espectral de las cuatro escenas del Landsat 2 que se obtuvieron empleando técnicas foto-ópticas de procesamiento de datos. Las transparencias positivas de 70mm o "chips" fueron montadas en un visor color-aditivo. Este visor permitió al especialista examinar cada una de las imágenes de una sola banda en blanco y negro, individualmente o en cualquier combinación de transparencias de 2, 3 o 4 bandas. Cada banda fue proyectada a través de un filtro azul, verde o rojo, o por luz blanca no filtrada, bajo intensidades de iluminación controlada para cada cual. Es posible una gran variedad de intensidades de banda, filtros e iluminación, pero para este estudio, se generaron combinaciones preseleccionadas banda-filtro o de compuestos espectrales.

[Figura 8-13 USOS DE IMAGENES DE SATELITE PARA DETECTAR DEPOSICION DE SEDIMENTOS - A](#)

Figura 8-13 USOS DE IMAGENES DE SATELITE PARA DETECTAR DEPOSICION DE SEDIMENTOS - B

Figura 8-13 USOS DE IMAGENES DE SATELITE PARA DETECTAR DEPOSICION DE SEDIMENTOS - C

Las transparencias fueron proyectadas sobre una pantalla de vidrio esmerilado a escala aproximadamente de 1:800.000 y los chips individuales fueron registrados para formar un compuesto multispectral. Un conjunto de tres escenas y sub-escenas fue fotografiado de la pantalla de vidrio esmerilado en diapositivas de 35mm, para lograr un registro permanente de datos realizados espectralmente, así como una oportunidad para discusión y análisis interactivo. Se utilizó película Kodak EPY 135 con luz de tungsteno ASA 50.

Para preparar el mapa a escala de 1:500.000, de la llanura de inundación y del peligro de inundaciones del valle del río Pilcomayo en el caso paraguayo, se prepararon transparencias negativas de alto contraste a escala de 1:1.000.000, de las transparencias positivas de la banda 5 (banda 2 para Landsat 4 y 5, escala 1:3.369.000), en un laboratorio fotográfico especial. De éstas se lograron copias positivas en blanco y negro a una escala de 1:500.000; y se ensambló un mosaico de cuatro escenas que incluía toda el área de estudio. Las diapositivas seleccionadas, mostrando los realces que aparecen en la Figura 8-9 y un mapa compuesto (creado del mapa base, mapa de clasificaciones de suelo y mapa de cobertura de bosques) fueron proyectados e inscritos para ayudar en la interpretación. Los linderos de las llanuras de inundación y las zonas con nivel de peligro fueron luego dibujados sobre una transparencia de mylar, sobrepuesto al mosaico de imágenes y al mapa compuesto. El borde exterior de la llanura de inundación fue rápidamente graficado, con toda confianza, sobre un mosaico de la banda 5 después de que se estudiaron las imágenes en proyecciones de diapositivas de 35mm, las que mostraban los compuestos a color de 3 bandas espectralmente realizados y previamente preparados para la misma escena.

b. Análisis temporal de cambios en la llanura de inundación y canal del río

Se hicieron dos compuestos temporales de cambios con el tiempo, a lo largo de determinados tramos del río Pilcomayo, para servir como indicadores de cambios en las llanuras de inundación y en el canal del río. Para observar los cambios en la llanura de inundación entre 1972 y 1976, se preparó un negativo de alto contraste a escala de 1:1.000.000 de la imagen positiva de bajo contraste de la banda 5, a la misma escala. Un negativo en la banda 5 de alto contraste, a escala de 1:1.000.000, también fue preparado de una transparencia positiva de 70mm. El visor color-aditivo está diseñado para películas en formato de 70mm, de tal modo que se cortaron tiras de 70mm de ancho de la subescena seleccionada, de la película más grande, y éstas fueron montadas en el visor.

La Figura 8-13A es una copia monocroma de un negativo de alto contraste del negativo Landsat 1 MSS banda 5 blanco y negro, que captó la subescena en 1972. La Figura 8-13B es un negativo Landsat 2-MSS banda 5, de aquella misma porción del valle tomada en 1976. La Figura 8-13C es un compuesto temporal de las escenas en la Figura 8-13A, proyectado con filtro verde y de la Figura 8-13B proyectado con filtro rojo. Las áreas de nuevas deposiciones sedimentarias entre 1972 y 1976, aparecen en color rojo en el compuesto temporal. Se identifican ejemplos de estas áreas en la Figura 8-13C.

En la mayoría de los casos el curso cambiante de un río puede ser ilustrado usando una de las bandas solares infrarrojo MSS. La Figura 8-14A es una copia de una transparencia blanco y negro de una porción de imagen Landsat 2 MSS banda 7, obtenida en 1976 y posteriormente proyectada a través de un filtro verde. La Figura 8-14B que cubre la misma área es una imagen MSS banda 7 obtenida por Landsat 4 en

1982, que posteriormente fue proyectada a través de un filtro rojo. La Figura 8-14C que cubre el segmento noroeste del compuesto temporal de las escenas en las Figuras 8-14A y 8-14B, vívidamente demuestra los extensos cambios en el curso del río entre 1976 y 1982. Se muestra el curso del río en 1976 en color rojo, y se observa el curso en 1982.

Aunque los análisis temporales no cubren todo el tramo del valle del río Pilcomayo, al lado del área en estudio, claramente demuestran la naturaleza altamente dinámica de las llanuras de inundación y de las áreas de depósitos sedimentarios. Esto indica que hay una necesidad de monitoreo continuo de las llanuras de inundación así como monitoreo durante el período de inundaciones, para evaluar su peligro y demarcar las áreas inundables. La demarcación de las llanuras de inundación y la información del análisis temporal, fueron utilizadas para mayor evaluación de peligro de inundaciones, como parte de los criterios generales de identificación del proyecto.

Conclusiones

Las llanuras de inundación y las áreas inundables son áreas dinámicas de terreno que deben ser evaluadas en términos de los riesgos que presentan a las actividades de desarrollo existentes y propuestas. Este capítulo ha discutido en bastante detalle algunos de los conceptos importantes relacionados con las inundaciones, llanuras de inundación y áreas inundables; su naturaleza cambiante, frecuencia de ocurrencia, período de inundación, relación con las prácticas de desarrollo y manera de mitigar los efectos de las inundaciones. El punto esencial ha sido demostrar la importancia de considerar las inundaciones lo más temprano posible en el proceso de planificación, y la aplicación de imágenes de percepción remota en la demarcación de áreas inundables.

Se dio énfasis a las diferentes preguntas que se deben hacer en las diversas etapas de la planificación. Muchas de las respuestas pueden ser generadas en base al uso de percepción remota y técnicas foto-ópticas, para complementar otros tipos de datos hidrológicos.

[Figura 8-14: USOS DE IMAGEN DE SATELITE PARA DETECTAR CAMBIOS DE CURSO DEL RIO - A](#)

[Figura 8-14: USOS DE IMAGEN DE SATELITE PARA DETECTAR CAMBIOS DE CURSO DEL RIO - B](#)

[Figura 8-14: USOS DE IMAGEN DE SATELITE PARA DETECTAR CAMBIOS DE CURSO DEL RIO - C](#)

Finalmente, los datos de Landsat MSS usados con dos técnicas diferentes de procesamiento foto-óptico, para demarcar áreas inundables en la llanura costera de Honduras y la llanura de inundaciones del río Pilcomayo, son evidencias del valor y de la importancia de la información de satélites. El material en este capítulo debería permitir al planificador contar con un vocabulario de trabajo de los términos, conceptos y conocimientos de las importantes consideraciones relacionadas con el uso de técnicas de percepción remota para la demarcación de llanuras de inundación y para las evaluaciones del peligro de inundaciones.

Referencias

American Society of Photogrammetry. *Multilingual Dictionary of Remote Sensing and Photogrammetry* (Falls Church, Virginia: American Society of Photogrammetry, 1984).

Berg, C.P., Weisnet, D.R., and Matson, M. "Assessing the Red River of the North 1978 Flooding from NOAA Satellite Data" *in* M. Deutsch, D.R. Weisnet, and A. Rango (eds.), *Satellite Hydrology, Proceedings of the Fifth Annual William T. Pecora Symposium on Remote Sensing*, Sioux Falls, South Dakota, June 10-15, 1979 (Minneapolis: American Water Resources Association, Technical Publication Series TPS 81-1, 1981).

Beyer, J.L. "Global Summary of Human Response to Natural Hazards: Floods" *in* G.F. White (ed.), *Natural Hazards Local, National, Global* (New York: Oxford University Press, 1974), pp. 265-274.

Comisión Nacional de Desarrollo Regional del Chaco y Secretaría General de la OEA. *Desarrollo Regional Integrado del Chaco Paraguayo*, Gobierno de la República del Paraguay (Washington, D.C.: Organización de los Estados Americanos, 1984).

Deutsch, M. "Space Technology Applied to Flood Mapping and Flood Plain Assessment" *in* *Satellite Applications to Flood Control and Forecasting, Report of the Sixth FAO/UNDRO/WMO/ESA Training Course in Remote Sensing* (Rome, November 1983).

- "Optical Processing of ERTS Data for Determining Extent of the 1973 Mississippi River Flood" *in* R.C. Williams and W.D. Carter (eds.), *ERTS 1-A New Window on Our Planet*, U.S. Geological Survey Professional Paper 929 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1976), pp. 209-213.

Deutsch, M., *et al.* "A Methodology for Application of Thematically Enhanced Landsat MSS Film Data in Direct Support of Hydrogeologic Investigations" *in* Kenya, *International Association of Hydrology Science Publication No. 153* (1985), pp. 79-84.

Deutsch, M., and Ruggles, F.H. "Optical Data Processing and Projected Applications of the ERTS-1 Imagery Covering the 1973 Mississippi River Valley Floods" *in* *Water Resources Bulletin*, Vol. 10. No. 5 (1974). pp. 1023-1039.

Deutsch, M., Weisnet, D.R., and Rango, A. (eds.). *Satellite Hydrology, Proceedings of the Fifth Annual William T. Pecora Memorial Symposium on Remote Sensing*, Sioux Falls, South Dakota, June 10-15, 1979 (Minneapolis: American Water Resources Association, Technical Publication Series TPS 81-1, 1981).

Eastman-Kodak. *The Joy of Photography: A Guide to the Tools and Techniques of Better Photography* (Rochester, New York: Eastman-Kodak, 1979).

- *Kodak Pocket Photoguide*, Publication No. AR-21 (Rochester, New York: Eastman-Kodak, 1984).

Freden, S.C., and Gordon, F., Jr. "Landsat Satellites" *in* *Manual of Remote Sensing*, 2nd ed., vol 1 (Falls Church, Virginia: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 1983).

Harker, G.R., and Rouse, J.W., Jr. "Flood Plain Delineation Using Multispectral Data Analysis" *in* *Photogrammetry, Engineering and Remote Sensing*, vol. 43, no. 1 (1977), pp. 81-87.

Hoyer, B.E., et al. Flood Inundation Mapping and Remote Sensing in Iowa, Iowa Geologic Survey Publication Information Circular No. 6 (Iowa: Iowa Geologic Survey, 1974).

Interagency Advisory Committee on Water Data. "Guidelines for Determining Flood Flow Frequencies" in Water Resources Council Bulletin, no. 17B (1981).

Kruus, J., et al. "Flood Applications of Satellite Imagery" in M. Deutsch, D.R. Wiesnet. and A. Rango (eds.), Satellite Hydrology, Proceedings of the Fifth Annual William T. Pecora Memorial Symposium on Remote Sensing, Sioux Falls, South Dakota, June 10-15, 1979 (Minneapolis: American Water Resources Association, Technical Publication Series TPS 81 -1.1981), pp. 292-301.

Leopold, L.B. Hydrology for Urban Land Planning, U.S. Geological Survey Circular 554 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1968).

Leopold, L.B., Wolman, M.G., and Miller, J.P. Fluvial Processes in Geomorphology (San Francisco, California: W.H. Freeman, 1964).

Moore, G.K., and North, G.W. "Flood Inundation in the Southeastern United States from Aircraft and Satellite Imagery" in Water Resources Bulletin, vol. 10, no. 5 (1974), pp. 1082-1096.

Organization of American States. Integrated Regional Development Planning: Guidelines and Case Studies from OAS Experience (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984).

- Physical Resource Investigations for Economic Development. (Washington, D.C.: Organization of American States, 1969).

Owens, H.J., and Wall, G.R. Floodplain Management Handbook, U.S. Water Resources Council Contract No. WR18745467 (Washington, D.C.: U.S. Water Resources Council. 1981).

Rango, A., and Anderson, T.A. "Flood Hazard Studies in the Mississippi River Basin Using Remote Sensing" in Water Resources Bulletin, vol. 10, no. 5 (1974), pp. 1060-1081.

Richards, P.B., et al. "Recommended Satellite Imagery Capabilities for Disaster Management" in Proceedings of the 33rd Congress of the International Astronautic Federation, Paris, September 27 - October 2, 1982 (IAF-82-103).

Riggs, H.C. Streamflow Characteristics (New York: Elsevier, 1985).

Robinove, C.J. "Worldwide Disaster Warning and Assessment with Earth Resources Technology Satellites" in Proceedings of the 10th International Symposium on Remote Sensing Information and Analysis, Ann Arbor. Michigan, October 1975 (Ann Arbor: Environmental Research Institute of Michigan, 1976), pp. 811-820.

Salomonson, V.V. "Water Resources Assessment" in R.N. Colwell, Manual of Remote Sensing, 2nd ed. (Falls Church, Virginia: American Society of Photography, 1983), pp. 1497-1570.

Schmudde, T.H. "Floodplain" in R.W. Fairbridge, The Encyclopedia of Geomorphology (New York: Reinhold, 1968), pp. 359-362.

Sollers, S.C., Rango, A., and Henniger, D.L. "Selecting Reconnaissance Strategies for Floodplain Surveys" in Water Resources Bulletin, vol. 14, no. 2 (1978), pp. 359-373.

Strahler, A.H. *Planet Earth: Its Physical Systems Through Geological Time* (New York: Harper & Row, 1972).

Strahler, A.N., and Strahler, A.H. *Environmental Geoscience: Interaction Between Natural Systems and Man* (Santa Barbara, California: Hamilton Publishing, 1973).

Struve, H., and Judson, F.E. "Development of Stage Area Tables for the Yazoo Backwater Area Using Landsat Data" *in* *Proceedings of the U.S. Army Corps of Engineers Remote Sensing Symposium* (Reston, Virginia, 1979), pp. 193-199.

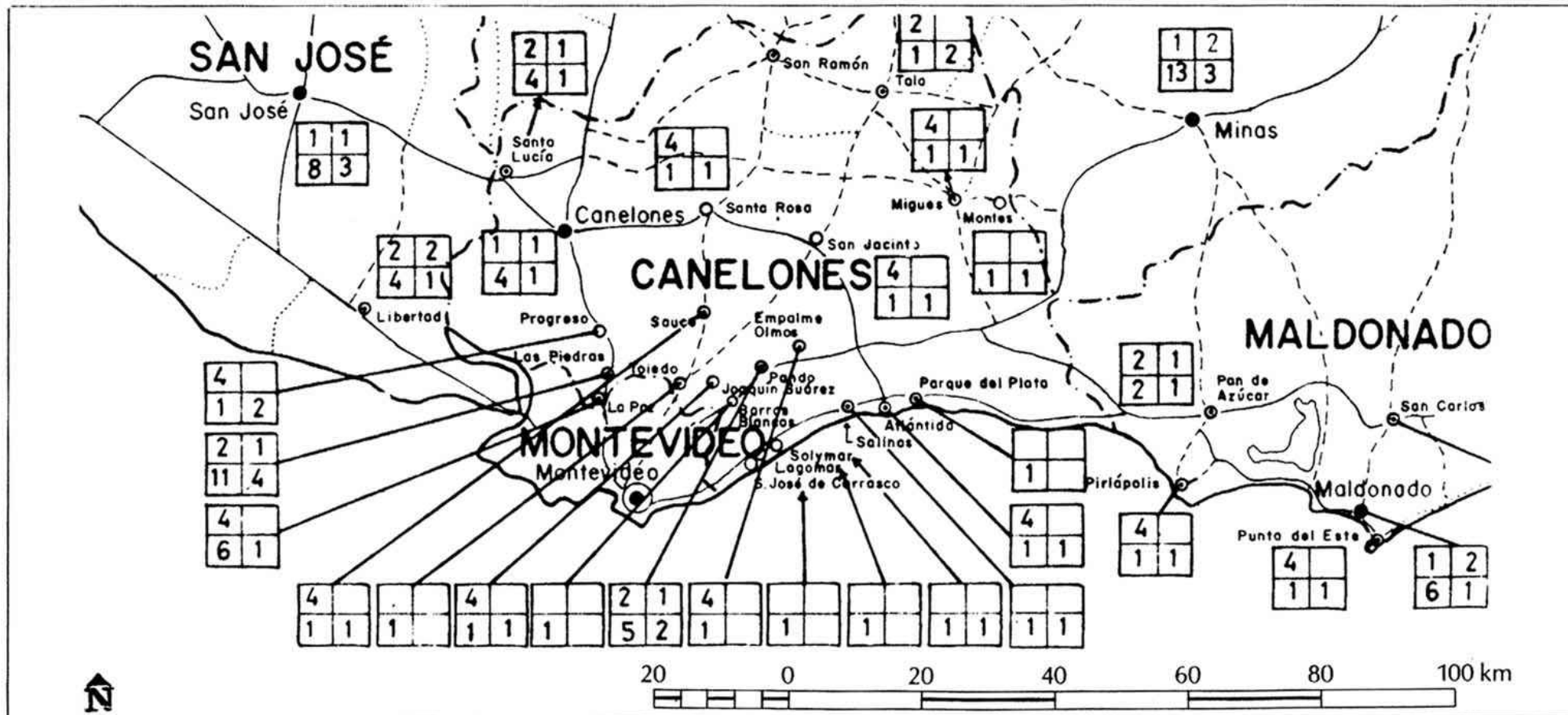
Wiesnet, D.R., McGinnis, D.V., and Pritchard, J.A. "Mapping of the 1973 Mississippi River Floods by the NOAA-2 Satellite" *in* *Water Resources Bulletin*, vol. 10, no. 5 (1974), pp. 1040-1049.

Williams, R.S., Jr. "Geological Applications" *in* *Manual of Remote Sensing* (2nd ed.), vol. 2, chapter 31 (1983), pp. 1728-1735.

Williamson, A.N. "Mississippi River Flood Maps from ERTS-1 Digital Data" *in* *Water Resources Bulletin*, vol. 10, no. 5 (1974), pp. 1050-1059.



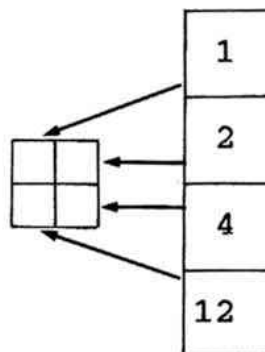
NUMERO DE FIGURA	ESCALA (milés)	COBERTURA	UBICACION E INDICE DE CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS	UBILACION	TIPO DE INSTALACION CRITICA	CAPACIDAD	AREA DE SERVICIOS	PELIGROS NATURALES	MAPAS GENERADOS POR COMPUTADORA
7-3	1,000	N	X		X				
7-4	400	R	X		X	X			
7-5	250	R		X	X		X	X	
7-6	200	R	X	X	X		X		
7-7	125	R	X		X			X	X
7-8	100	R	X	X	X	X		X	X
7-9	66	R		X	X			X	
7-10	50	R		X	X		X		
7-11	33	U		X	X			X	
7-12	24	U		X	X			X	



Leyenda:

TIPOS DE CENTROS DE SALUD

- 1. Centro departamental
- 2. Centro asistencial
- 3. Posta de primeros auxilios
- 4. Policlínico
- 5. Centro de salud

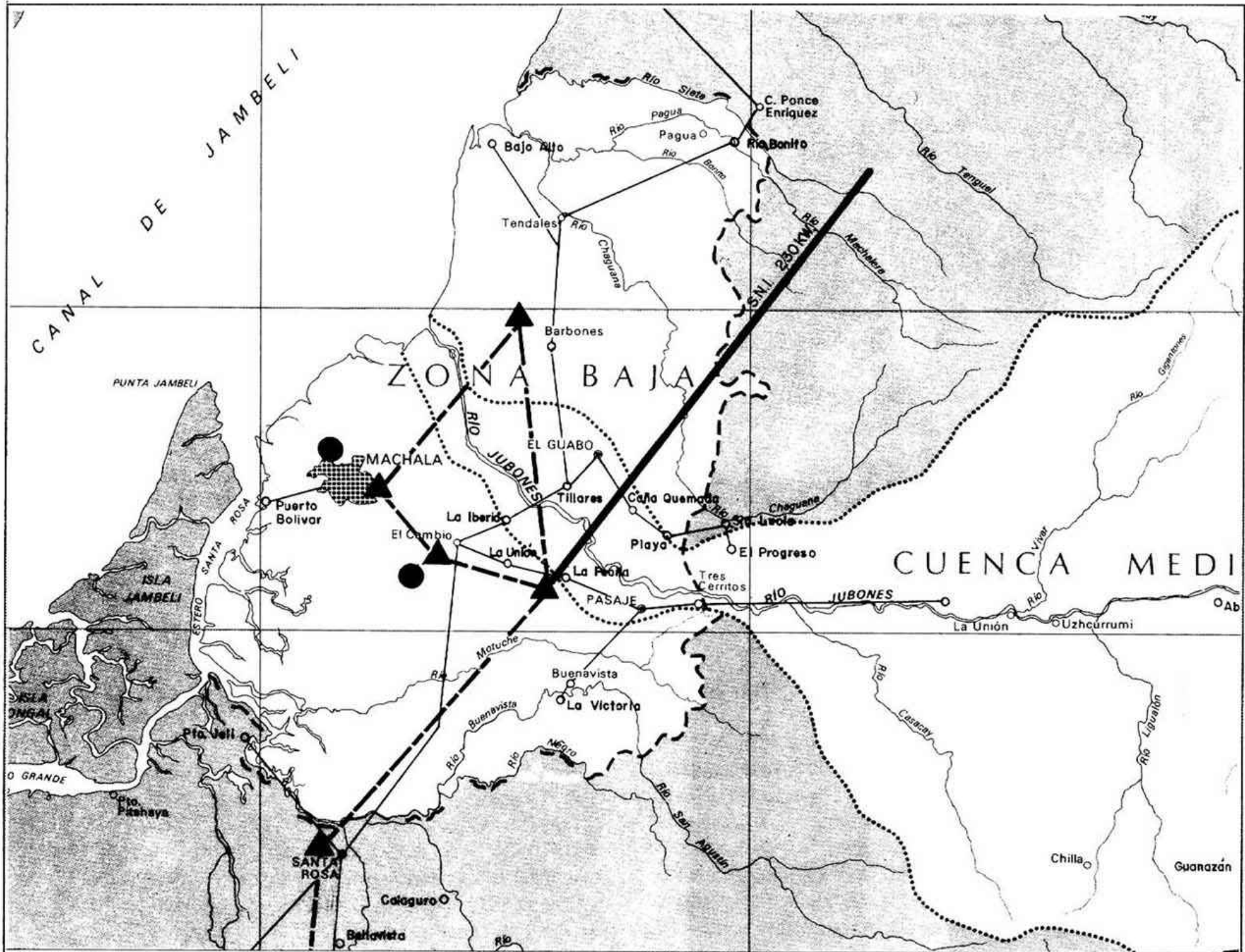


SALUD: Tipo de instalaciones

UNIVERSIDAD TECNICA DEL URUGUAY: Número de establecimientos

SECUNDARIA: Número de escuelas

PRIMARIA: Número de escuelas



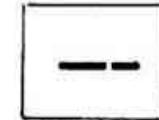


Leyenda:

Estación térmica central



Línea de 69kv



Sub-estación



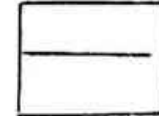
Línea de 22kv

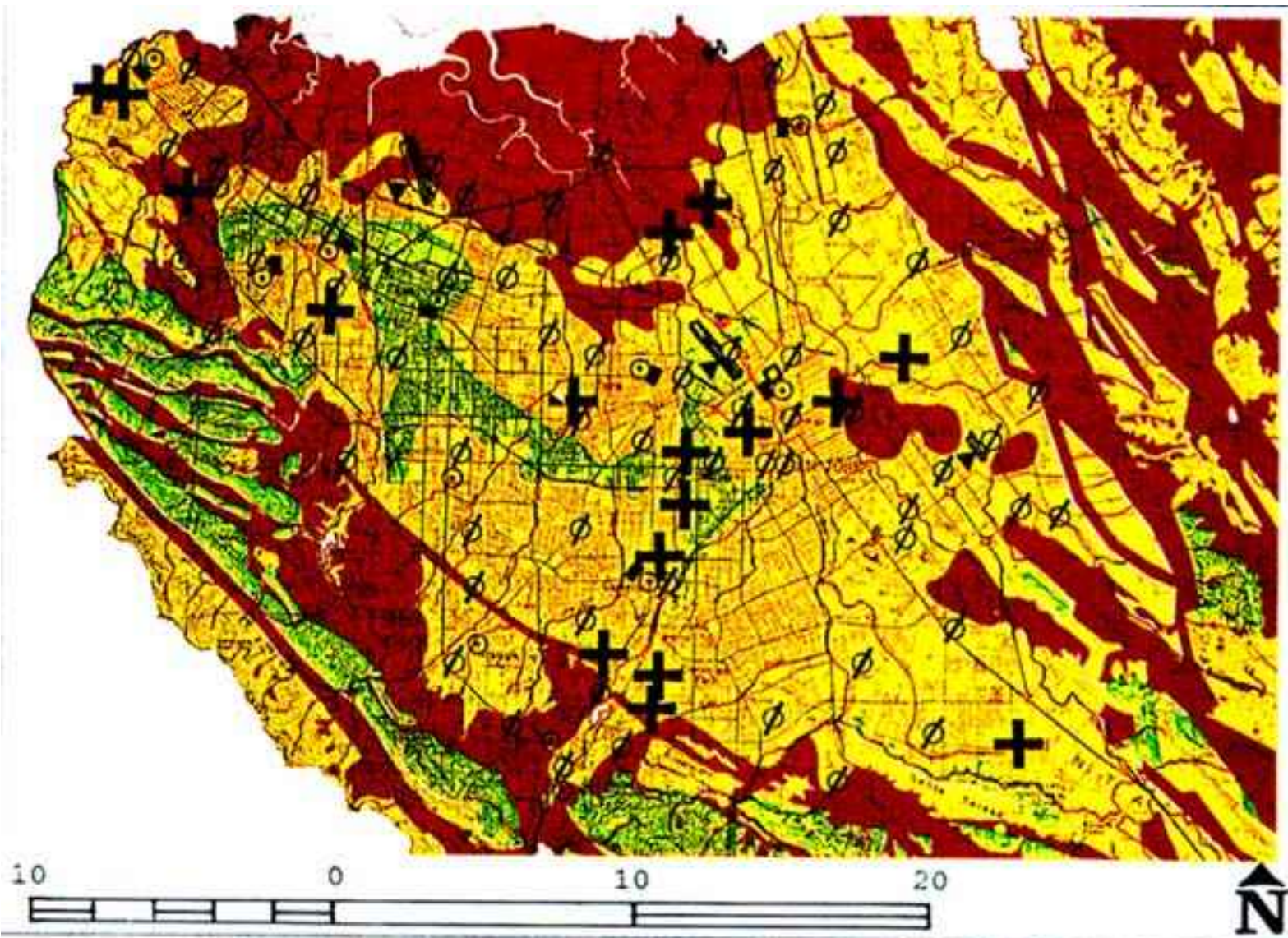


Línea de 230 kv



Línea de 13.8kv

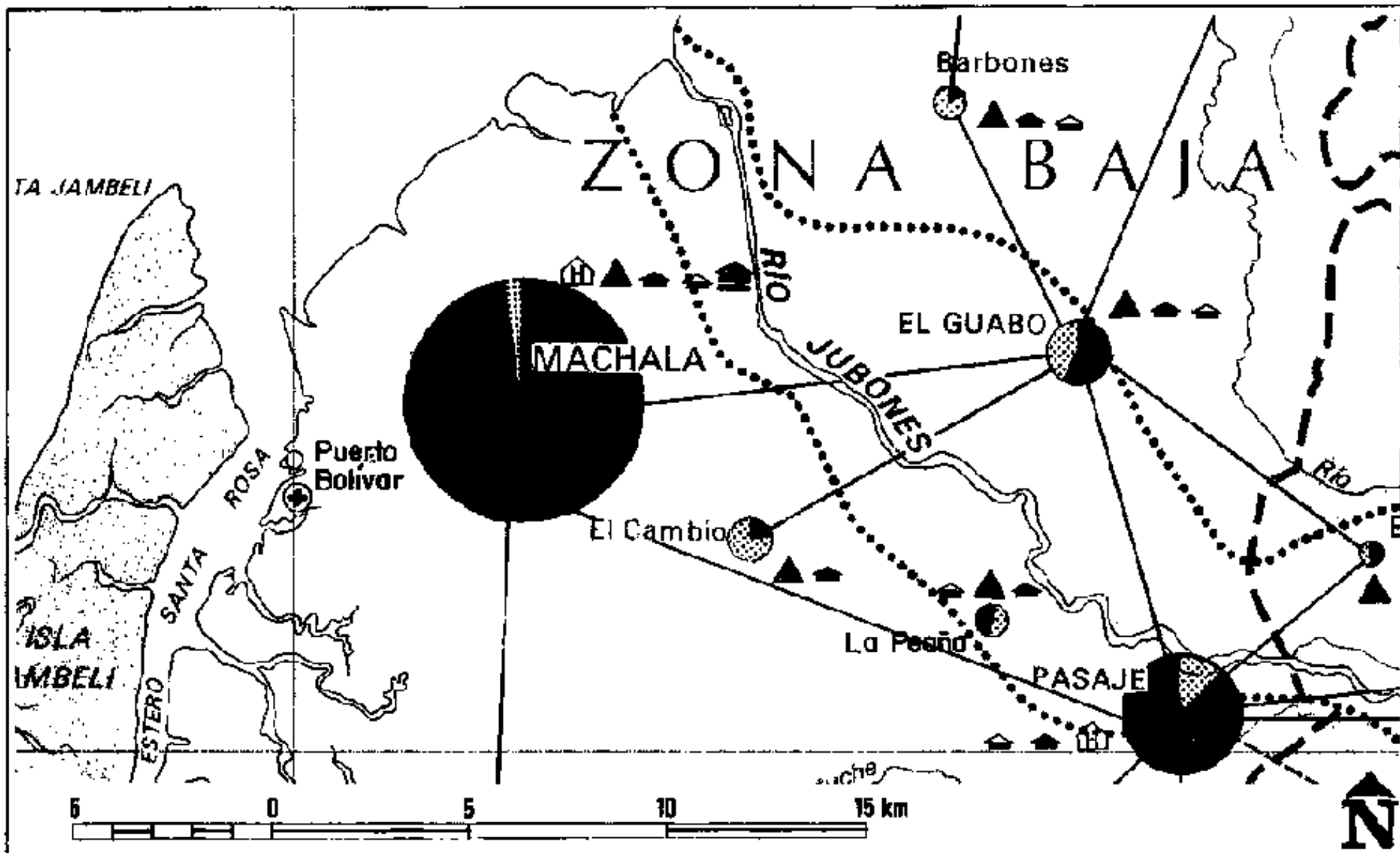




Leyenda:

-  Donde normalmente se requiere investigación geológica
-  Donde la investigación geológica normalmente no se requiere
-  Donde la investigación geológica podría requerirse

-  Hospital
-  Aeropuerto
-  Estación de Policía
-  Estación contra Incendios
-  Administración Municipal
-  Centro Administrativo del Condado



ASENTAMIENTOS HUMANOS

Número de habitantes

40 a 500...

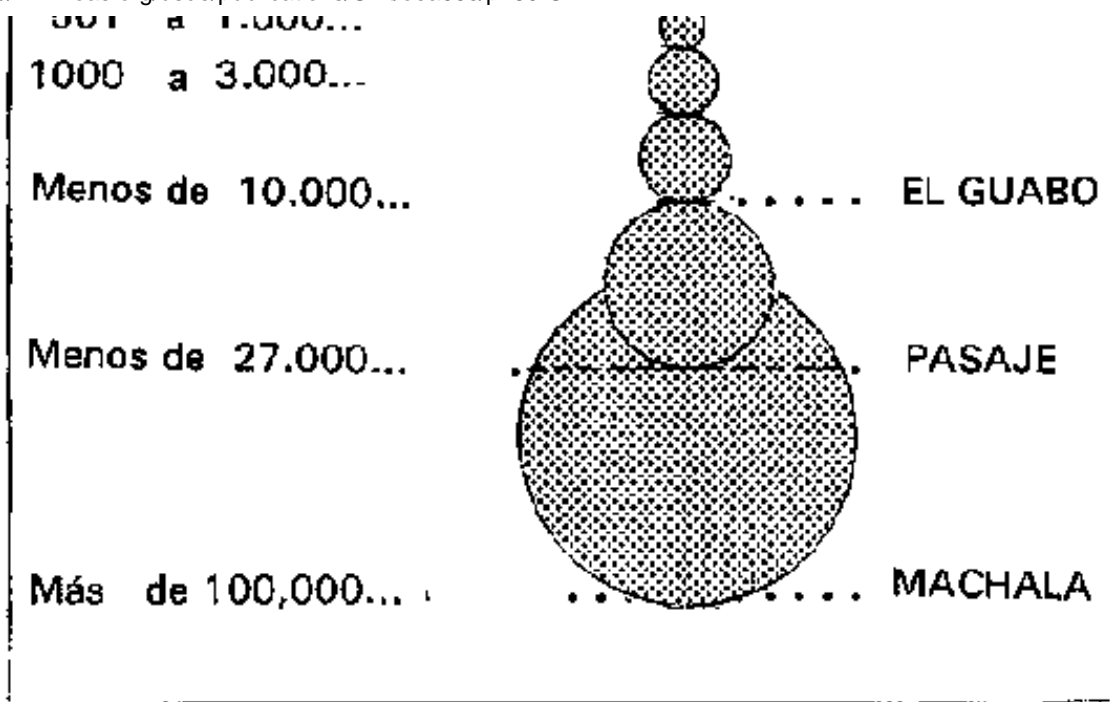
501 a 1 000

Símbolo



Población concentrada





Población dispersa

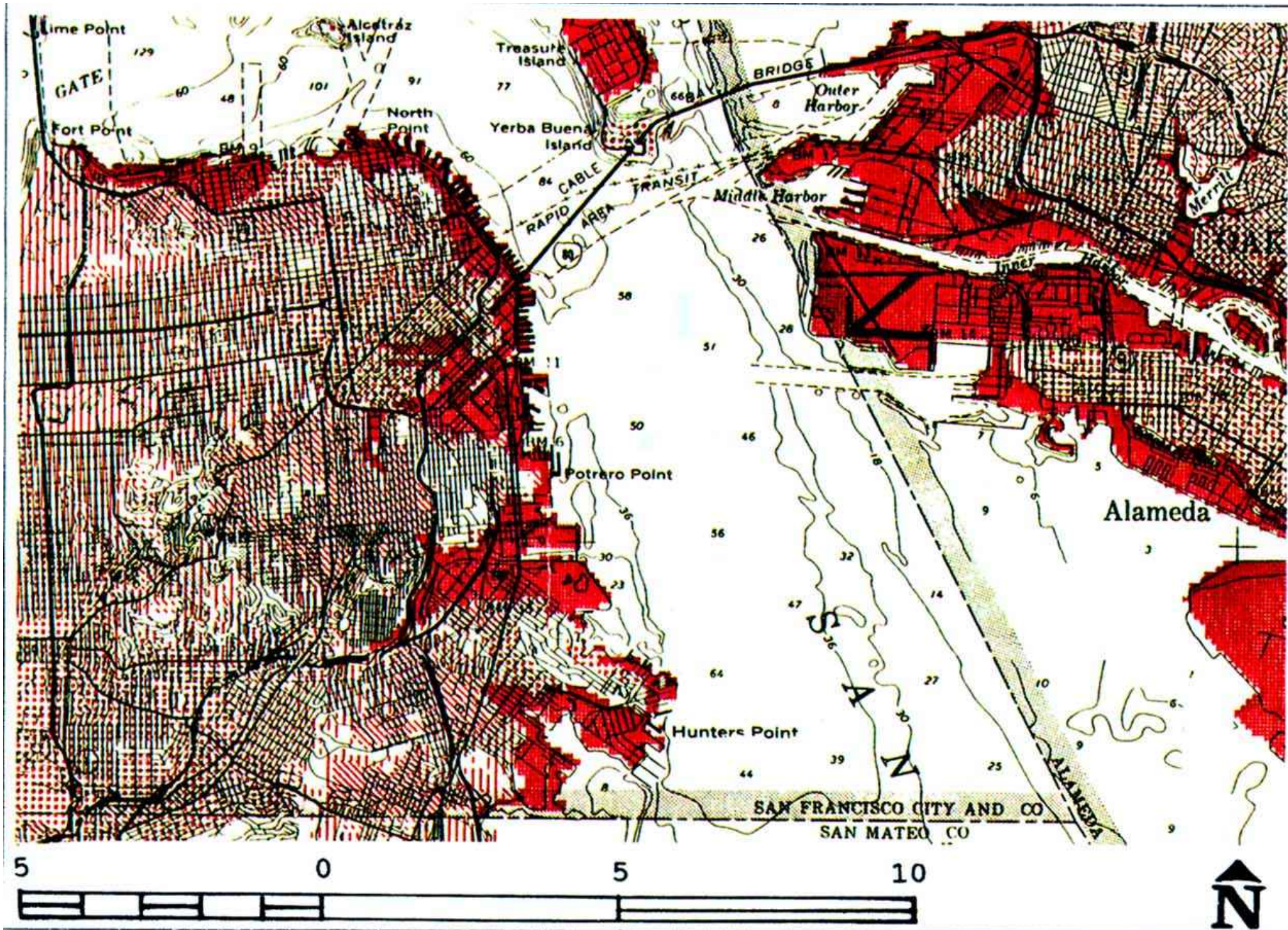
INFRAESTRUCTURA

Hospitales
Centros de salud
Puestos de salud



Universidad
Colegio particular 1
Colegio público





Legenda: Daño cumulativo potencial expresado como daño generado de porcentajes de ciclos presentes

Legenda. Daño acumulativo potencial expresado como daño esperado descontado a valor presente.



**Daño potencial acumulativo
extremadamente alto (6.1 + %)**



Muy alto (5.1 - 6.0%)



Alto (4.1 - 5.0%)



Moderadamente alto (3.1 - 4.0%)



Moderado (2.1 - 3.0%)



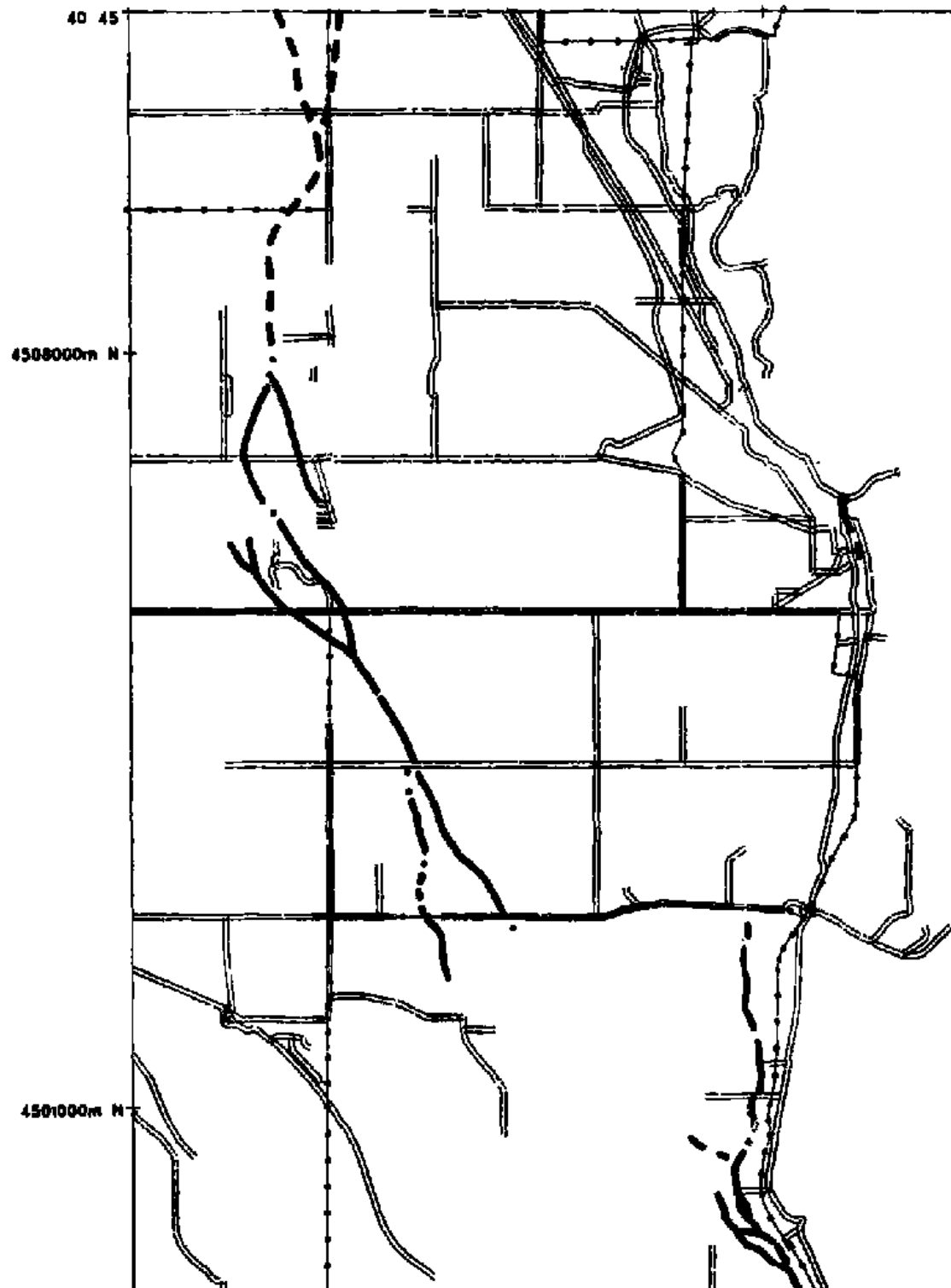
**Moderadamente bajo
(1.1 - 2.0%)**



Bajo (0.3 - 1.0%)



Muy bajo (0 - 0.2%)



Leyenda:

FALLA WASATCH

Escarpa visible



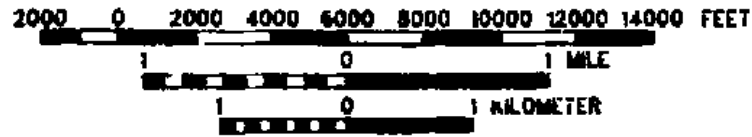
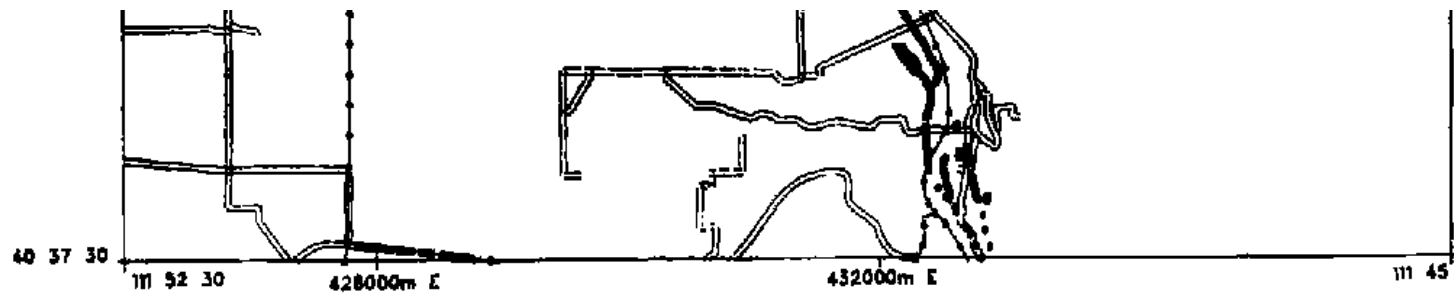
Inferida



Ocultas

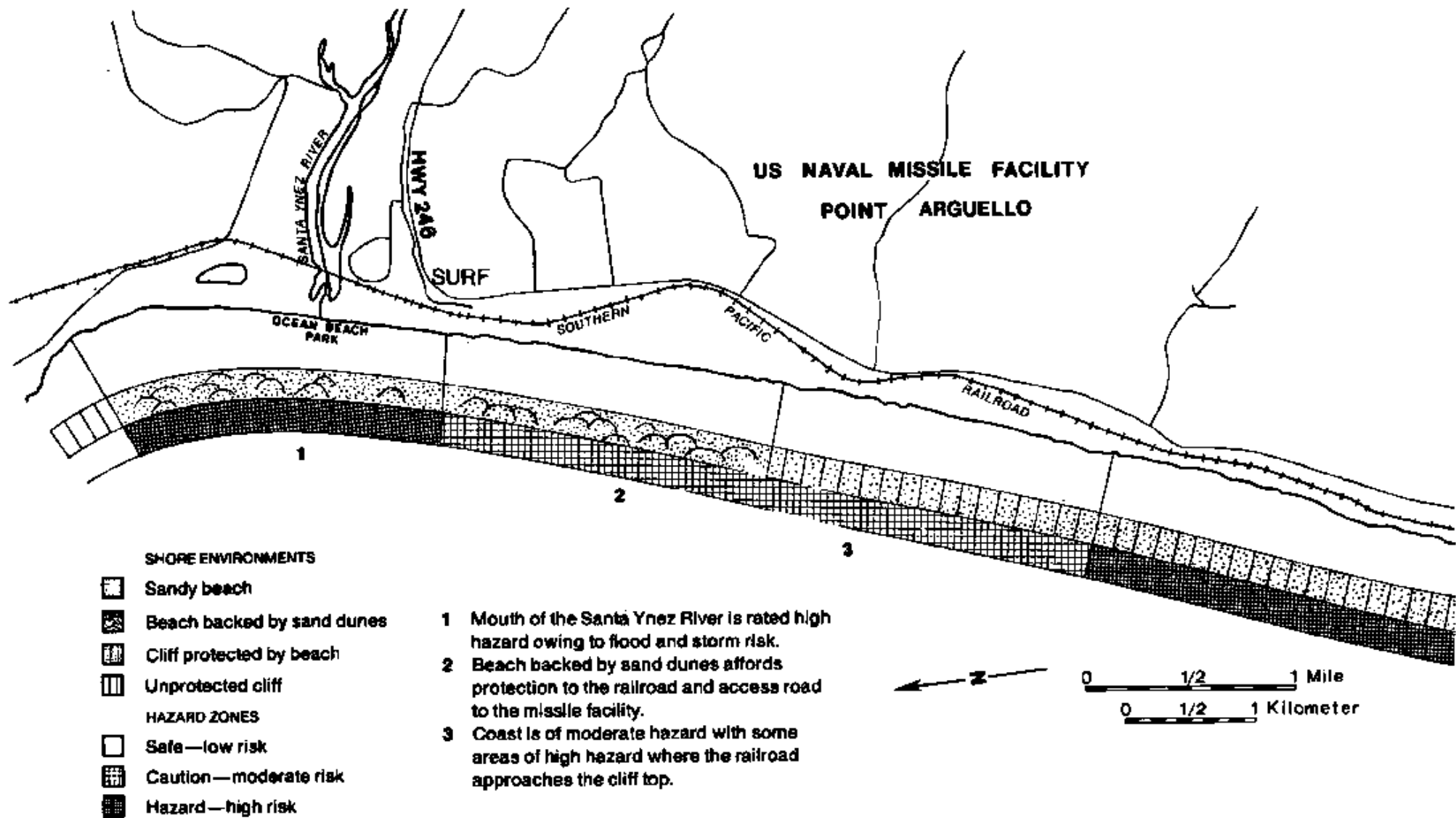


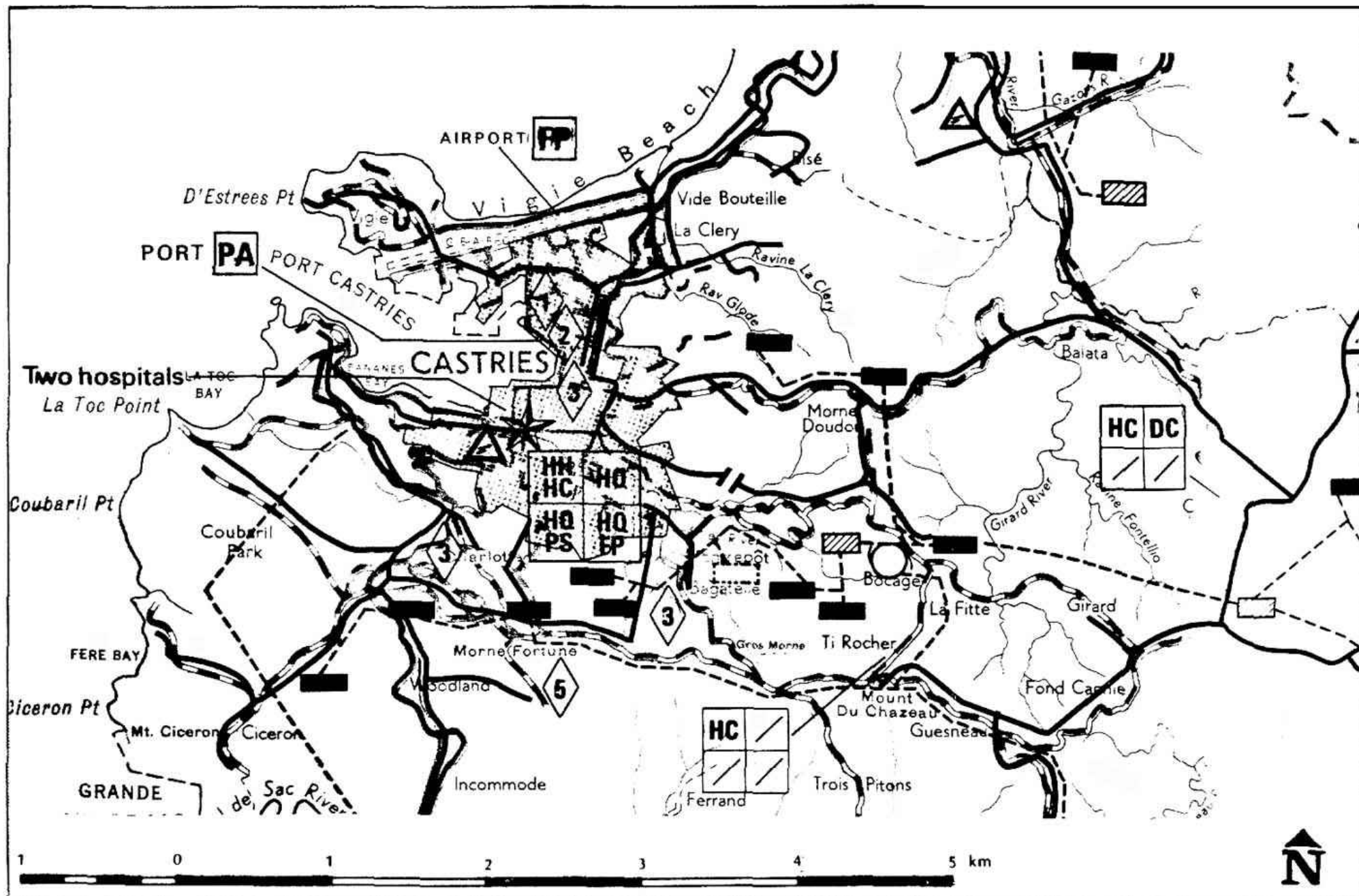
Tuberías principales
de agua



**Tuberías principales
de gas natural**







Leyenda:

INSTALACIONES DE INFRAESTRUCTURA

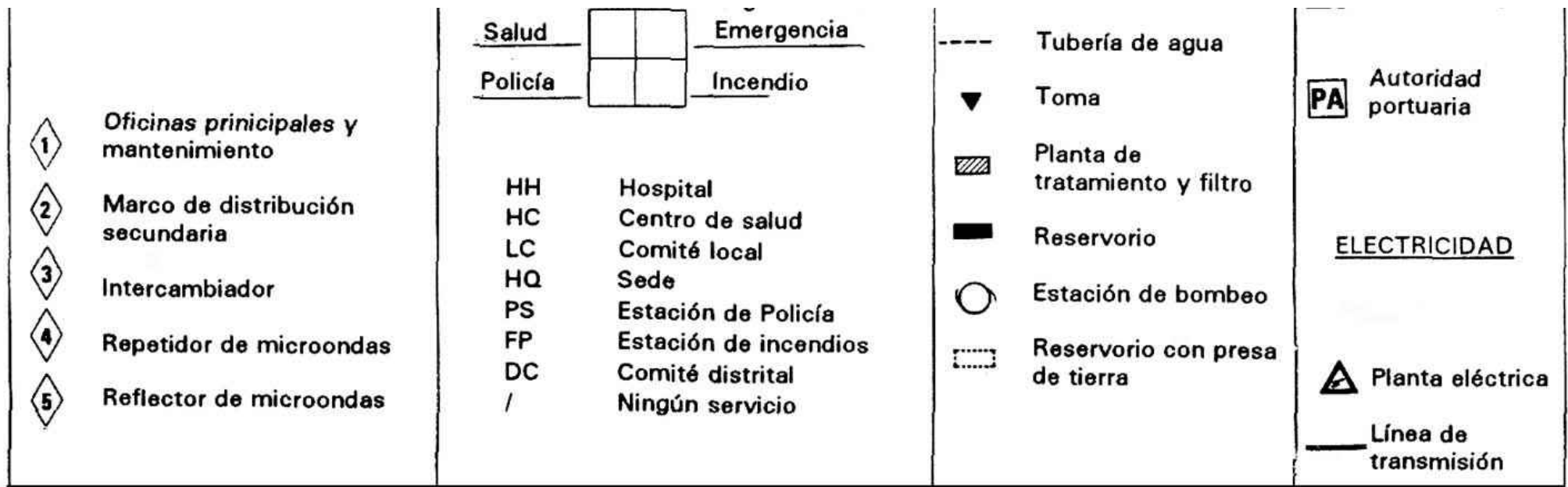
SUMINISTRO DE AGUA

PUERTO MARITIMO

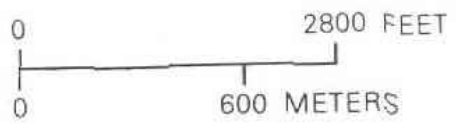
TELECOMUNICACIONES

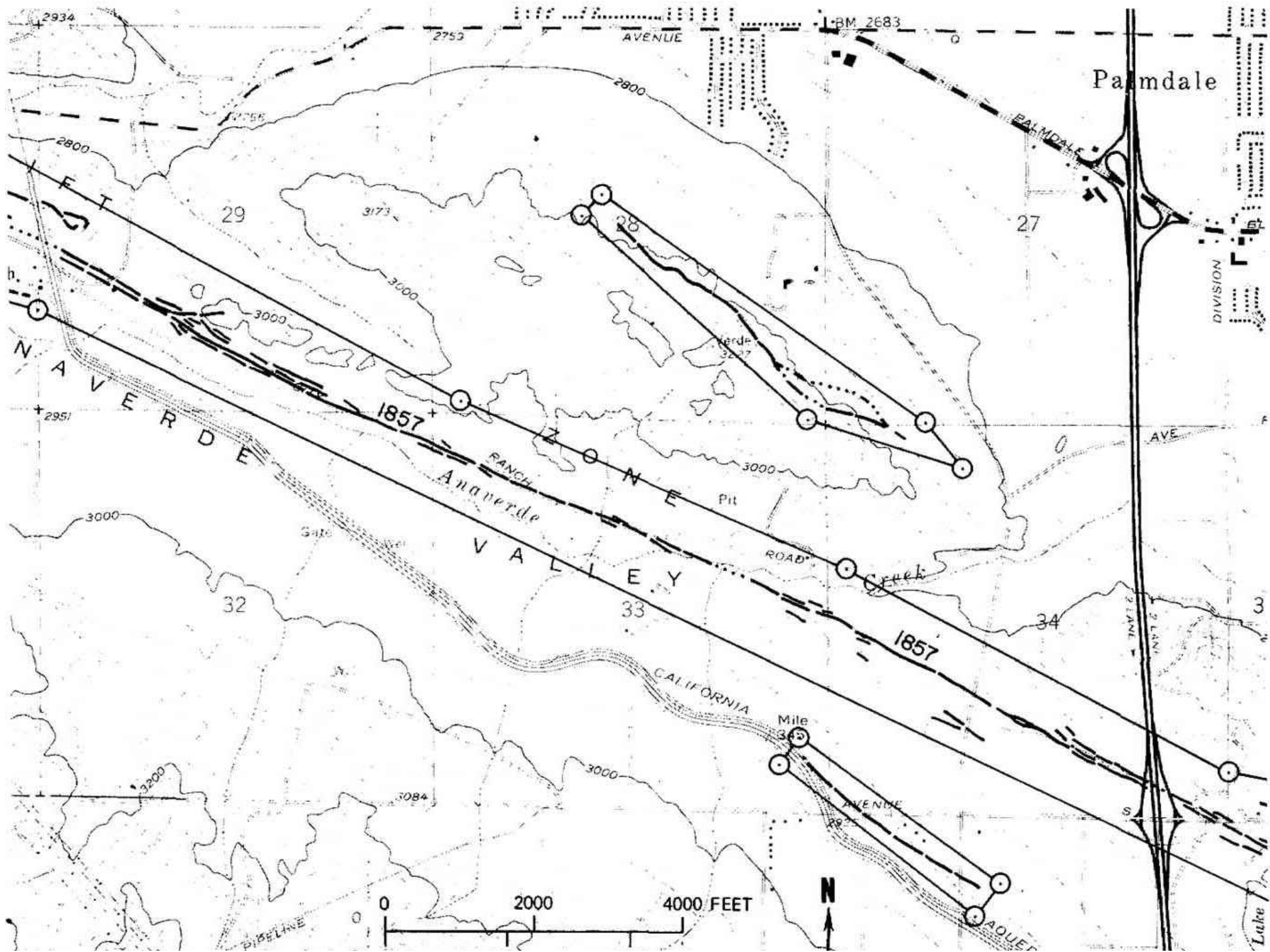
Organizaciones de

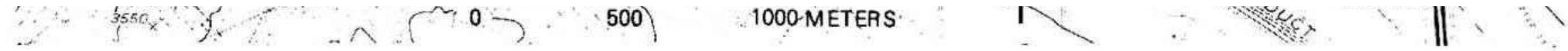
SH Puerto abrigado













Capítulo 9. Evaluación del peligro de desertificación

[A. Términos y conceptos usados en el análisis del peligro de desertificación](#)

[B. Factores principales que influyen sobre el peligro de desertificación](#)

[C. Evaluación del peligro de desertificación en los estudios de planificación regional](#)

[Referencias](#)

[Apéndice](#)

RESUMEN

Aquí se presenta a los planificadores: (1) los términos, conceptos y consideraciones importantes relacionados con un análisis del potencial de desertificación en la región de estudio; (2) los temas críticos que deben ser tratados para integrar el análisis potencial de desertificación en el proceso de planificación para el desarrollo; (3) un árbol de decisiones para ayudar a que el planificador decida si se necesitará o no asistencia técnica para trabajos adicionales en este análisis; (4) lineamientos para adaptar los datos disponibles del árbol de decisiones al mapa de susceptibilidad relativa a la desertificación; y (5) términos de referencia integrados para los diversos sectores que tendrán un rol en el análisis.

Este capítulo proporciona a los planificadores un método que los ayudará a identificar áreas en las que la desertificación se ha iniciado, o en las que existe peligro potencial de que se inicie, a menos que se adopte prácticas adecuadas para uso de tierras, evitando propuestas que puedan iniciar o empeorar el fenómeno.

La desertificación se convirtió en noticia antes que tuviera una definición y los métodos que supuestamente la controlaban, fueron descritos mucho antes que se la entendiera como un proceso susceptible a respuesta práctica humana. En consecuencia, la literatura popular está llena de informaciones erradas, mitos, exageraciones y, frecuentemente, las "curas" sugeridas intensifican el fenómeno, no lo mitigan. Aún más, puede ser un proceso bien natural, bien causado por el hombre y, por lo tanto, es uno de los peligros naturales más susceptibles de ser mitigados por quienes planifican, implementan o manejan los esfuerzos de desarrollo regional.

La definición de desertificación ha sido un problema permanente. De acuerdo con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación (UNCOD, 1977), se trata de "la reducción o destrucción del potencial biológico del terreno que puede crear condiciones análogas a un desierto natural". En diferentes áreas y en diferentes poblaciones, puede significar (1) la degradación de tierras de pastoreo, (2) la destrucción de cubierta vegetativa, (3) la erosión de vientos y traslado de dunas de arena, (4) la

conversión de tierras productivas en terreno "eriazos", y (5) la degradación de la vegetación y de los suelos (Dregne, 1983). Mabbutt (1977) se refiere a la extensión de condiciones de desierto más allá de los linderos del desierto mismo y la intensificación de condiciones del desierto dentro de la demarcación del desierto. La definición usada por Dregne mismo (1983) comprende el empobrecimiento de los ecosistemas terrestres bajo el impacto del hombre, el deterioro del ecosistema medido por el menor volumen de las cosechas, alteraciones indeseables de la biomasa y de la diversidad de fauna y flora, y mayores peligros para la habitabilidad humana. Así, se siente que la desertificación es un proceso de "degradación de recursos" aunque sus causas percibidas puedan cubrir una amplia variedad de actividades incluyendo construcción de caminos, construcciones industriales, estudios geológicos, minería, construcciones de asentamientos, irrigación, transporte motorizado, sobrepastoreo, deforestación, expansión de extensos cultivos comerciales, mal manejo de pozos de agua, y asentamiento en terrenos de poblaciones que anteriormente fueron nómadas.

Lo anterior tiende a describir la desertificación sobre la base de sus causas o efectos secundarios (generalmente pérdida de la producción de biomasa). Aquí, sin embargo, consideraremos la desertificación a través de los fenómenos de saturación de agua, salinización, aumento en la temperatura de los suelos y aridez, mayor formación de dunas, menor materia orgánica en los suelos y un creciente albedo. Obviamente, no todos ocurren simultáneamente; hay muchos diferentes tipos de desiertos. Sin embargo, en todos ellos se encuentra la eventual disminución en la producción total de biomasa y un aumento en la cantidad de flora y fauna nociva y no deseada. Obviamente, sin medidas correctivas, será muy difícil alcanzar muchos de los objetivos del desarrollo.

La desertificación en América del Sur afecta el 56% de las tierras áridas en grado moderado y 22% en un grado severo (Dregne, 1983). Varios millones de personas viven en estas áreas de suelos degradados que pueden empeorar si no son adecuadamente manejados. De los 28,5 millones de habitantes en tierras secas de América del Sur y México, 4 millones viven en terreno montañoso, 22 millones en áreas con agricultura de secano, y 2,5 millones en áreas con irrigación. Así pues, las diferentes regiones geográficas sufren en mayor o menor grado la pérdida de suelos productivos por salinización; erosión por agua y vientos; creación y desplazamientos de dunas; saturación de agua; pérdida de agua de superficie y subterráneas en calidad y cantidad; y un rápido desgaste de la cubierta de vegetación. La presión del crecimiento de la población puede también aumentar el grado de desertificación si es que no se modifican las prácticas de uso de la tierra. Pero mucho de esto es el resultado de condiciones climáticas (altas tasas de evapotranspiración, precipitación escasa y errática y sequías recurrentes) y de características físicas inherentes del área (suelos extremadamente permeables o impermeables y capas freáticas altas).

A. Términos y conceptos usados en el análisis del peligro de desertificación

El idioma de los especialistas en desertificación tiene conceptos como agricultura, selvicultura, geomorfología, hidrología, economía, física, química, sociología y antropología. Pocos son expertos en todos estos campos, pero el planificador que trabaja en áreas áridas y semi-áridas debe estar familiarizado con los términos "especializados" más comunes. Esta sección introduce algunos de los términos y conceptos usados en las discusiones sobre desertificación.

- **Albedo:** Es la relación entre la luz reflejada por una superficie no pulida y el total de la luz

incidente sobre dicha superficie. El albedo es importante para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ver más abajo) usando el método del presupuesto de calor para determinar la evaporación. Los diferentes tipos de vegetación y diferentes suelos absorben diferentes cantidades de radiación solar y su **evapotranspiración potencial** también será distinta. A medida que aumenta el albedo de la superficie, una mayor cantidad de radiación solar es reflejada y queda menos para calentamiento y evaporación.

- **Suelos alcalinos:** Son suelos con pocas sales libres pero con suficiente sodio (Na) o potasio (K) para ser dañinos a la mayoría de las plantas. Los coloides de estos suelos defloculan de tal modo que el drenaje y la aeración son pobres. La arcilla se lava hacia abajo y se acumula como una capa dura debajo de la superficie. Una alta cantidad de sodio (Na) puede elevar el pH por encima de 8,5. La hidrólisis a NaOH es altamente corrosiva para el humus, las raíces y otros tejidos vivientes.

- **Unidad animal:** Una medida que se usa para convertir números de las diversas especies de ganado a un patrón común en relación con los recursos de forraje, tomando como equivalente a una vaca madura (peso en vivo de alrededor de 450 kilogramos). Una unidad animal es igual a una cabeza de ganado, un caballo, una mula, cinco carneros, cinco puercos, o cinco cabras.

- **Zona árida:** Un área que tiene una baja relación de precipitación a evapotranspiración potencial ($P/PET=0,03$ a $0,20$). Como resultado, las zonas áridas son regiones de baja productividad biótica. Las zonas áridas son áreas de tierra seca con especies anuales y perennes. En su forma natural generalmente pueden sostener un extenso pastoreo de ganado pero no agricultura de secano.

- **Capacidad de sostenimiento:** (a) el número de individuos de una especie dada que pueden ser sostenidos por un ecosistema dado; (b) la densidad de personas con un determinado patrón de vida que pueden ser sostenidas por un sistema; y, (c) el máximo número de una especie silvestre que podrá sostener un determinado territorio a lo largo del período más crítico del año en términos de forraje. Las personas usan información y tecnología para elevar la capacidad natural de sostenimiento de su medio ambiente, suplementando los ecosistemas locales por medio de la importación de energía y otros recursos. Esto permite que más personas ocupen la tierra con un mayor nivel de vida al que podría lograrse contando tan sólo con el ambiente natural local.

- **Desierto:** El término "desierto" nunca ha sido definido con precisión. En el imaginario popular, generalmente es una región con poca o ninguna vegetación, por razón de deficiente precipitación o aridez edáfica. También puede significar "tierras eriazas", es decir, áreas de baja producción de vegetación, cualquiera que fuera la razón por la que ello ocurre.

- **Indicador de desertificación:** Es un fenómeno físico, un organismo, una comunidad biótica, un criterio social, o una combinación de estos, generalmente asociado con una o más condiciones que demuestran la existencia del proceso de desertificación (Reining, 1978; Dregne, 1983).

- **Pavimento del desierto:** En áreas de desierto, una capa de piedras pequeñas o grava que cubre la superficie del suelo y permanece después de que la erosión cólica ha retirado el

material más fino.

- **Sequía:** Un extendido período de sequedad; generalmente cualquier período de deficiencia de humedad que está por debajo de lo normal para una área específica. Compartiendo este concepto, hay varias definiciones que tienden a ser conceptuales u operacionales y varían de acuerdo a la disciplina (sequía meteorológica, sequía agrícola, sequía hidrológica, sequía socio-económica) y de acuerdo al país (Whilhite y Glantz, 1987).

- **Ecosistema:** Cualquier área que tiene organismos vivientes y sustancias inanimadas que actúan como una unidad y donde hay un intercambio de material entre los elementos vivientes e inanimados y se desarrolla un flujo de energía dentro y a través del sistema. Aunque los ecosistemas pueden ser extremadamente pequeños, la palabra es usada en este capítulo para significar una área desde el tamaño de una pequeña granja (1 -5 hectáreas) hasta una región (varios miles de kilómetros cuadrados). Los linderos de los ecosistemas son establecidos arbitrariamente y se determinan de acuerdo a los objetivos del estudio.

Figura 9-1: CLASIFICACION HOLDRIDGE DE ZONAS DE VIDA

Fuente: Holdridge, L.R. Life Zone Ecology (San José, Costa Rica: Tropical Science Center, 1967).

- **Efímero:** Indica una existencia de corta vida, en este caso las plantas que tienen adaptaciones genéticas que les permiten germinar, crecer y reproducirse en unas pocas semanas y así "tomar ventaja" de ciertos factores ambientales de corta vida (humedad del suelo, temperatura, acceso a nutrientes) que requieren para completar su ciclo de vida.

- **Evapotranspiración (ET):** El total de agua perdida por cuerpos de tierra y agua por evaporación y transpiración de las plantas. La evaporación de suelos, superficies de plantas, y cuerpos de agua, y la transpiración a través de la estoma de las plantas, constituyen colectivamente la evapotranspiración. El proceso de evaporación es sencillamente la pérdida neta de agua de una superficie debido al cambio de estado de agua líquida a vapor. Los requerimientos para evaporación o transpiración son: a) flujo de energía a la superficie de evaporación o transpiración; b) flujo de vapor desde estas superficies; y c) flujo de agua líquida hacia estas superficies.

- **Halofita:** Una planta que crece en suelos salinos; una planta tolerante de sal. Algunas especies tales como la alfalfa son clasificadas como halofitas aunque el término generalmente significa plantas nativas del habitat salino. Las diferentes especies de halofitas toleran diferentes grados de salinidad.

- **Zona húmeda:** Una área que tiene una relación de precipitación a evapotranspiración potencial mayor de 0,75 ($P/PET > 0,75$). Es decir es una área que tiene exceso de agua y donde las condiciones de sequía ocurren muy rara vez. Si lo permiten las temperaturas, en estas zonas los bosques crecen, y ciertos cultivos pueden crecer sin irrigación, aunque el extremo inferior del rango de precipitación puede reducir la producción.

- **Zona hiper-árida:** Una área de extrema aridez con una relación de precipitación a evapotranspiración potencial de menos de 0,03 ($P/PET < 0,03$) y donde pueden transcurrir períodos (aún años) sin precipitación. Exceptuando los freatófitos no existe vegetación

permanente aunque con la precipitación crezcan plantas efímeras. Excepto durante períodos raros de precipitación, cuando los efímeros pueden ser usados para pastoreo, son imposibles la agricultura, la silvicultura y el pastoreo sin algún tipo de irrigación.

- **Zona de vida:** Una bioregión altitudinal o latitudinal con características distintivas de fauna y flora. Estas son áreas de paisajes naturales homogéneas en cuanto a clima. En América Latina, y en algún grado en el Caribe, los mapas de zonas de vida se han desarrollado en base al sistema Holdridge. Estas son áreas que tienen divisiones de calor, precipitación y humedad equivalentemente ponderadas. El calor se expresa como biotemperatura, que es una medida de calor efectivo en el crecimiento de la planta (0-30 grados Celsius); la precipitación es la precipitación total anual y la humedad efectiva es una combinación de biotemperatura y precipitación. Todas las principales zonas de vida pueden tener una presentación gráfica (Ver Figura 9-1).

- **Freatofito:** Una planta que absorbe su agua de una fuente permanente en el terreno. Estas se pueden encontrar a lo largo de los cursos de agua donde hay un flujo permanente de agua de superficie o subterránea y en áreas donde la capa freática generalmente está cerca de la superficie.

- **Presión de la población:** Son las densidades de población humana, silvestre y de ganado, relacionadas con las diversas capacidades de sostenimiento de un ecosistema. También están incluidas las presiones relativas de los cultivos y de irrigación sobre terrenos sujetos a salinización. Se piensa que los límites máximos sin irrigación son, en zonas áridas, de 7 habitantes por kilómetro cuadrado y una unidad animal por cada 5 hectáreas y, en zonas semi-áridas, de 20 habitantes por kilómetro cuadrado y una unidad animal por hectárea.

- **Evapotranspiración potencial (PET):** Generalmente definida como la tasa de evaporación y transpiración que tendría lugar en una área completamente cubierta de vegetación en la cual el agua del suelo no es limitante. Las tasas máximas de evaporación de grandes embalses de agua en las zonas áridas se aproximan a los 2.500 mm por año.

- **Precipitación (P):** Todo tipo de humedad descargada de la atmósfera (lluvia, nieve, granizo, agua, y niebla medible).

- **Condición de pradera:** El status de la vegetación en praderas en relación con su potencial en términos de la cantidad y tipo de producción de biomasa. La evaluación de condición de pradera involucra un análisis de densidad y composición de especies de planta de "calidad" (aquellas que son degustables y que son preferidas por los ganados y la fauna silvestre) por contraste tanto con aquellas que son menos degustables y que aumentan en densidad y composición bajo excesiva presión de pastoreo, como con aquellas que no son degustables, posiblemente dañinas, y que invaden las praderas bajo condiciones de uso extremadamente pesado por el ganado.

- **Tendencia de pradera:** La evidencia de cambio en la vegetación. Por ejemplo, son indicadores importantes de tendencias la especie y el vigor de los sembríos que, en la terminología del manejo de praderas, pueden ser llamados disminuidores, aumentadores o invasores, según sus características de comportamiento bajo presión del pastoreo. También es importante la evidencia de nueva o creciente erosión de áreas erosionadas, a diferencia de

las que se están recuperando y las de pisoteo. ya que la tendencia de la pradera es de interés principal para el administrador de ganado, un aumento en la vegetación forestal normalmente indica una tendencia decreciente. En términos de desertificación, sin embargo, un aumento de vegetación forestal podría indicar una tendencia favorable.

- **Suelos salino-alcálinos:** Los suelos que combinan los problemas tanto de suelos salinos como de suelos alcalinos que tienen una gran cantidad de sodio (Na), son defloculados, y generalmente tienen un pH superior al 8,5.

- **Zona semi-árida:** Un área con una razón de precipitación a evapotranspiración potencial de 0,20 a 0,50 ($P/PET = 0,20-0,50$) y una cobertura de vegetación natural herbácea discontinua con una frecuencia mayor de especies perennes que las zonas áridas. Esta zona normalmente puede sostener agricultura de secano y actividades de crianza de ganado con poca ayuda adicional si es que las tasas de crecimiento se mantienen a niveles adecuados para sostener la producción.

- **Textura del suelo:** Las proporciones relativas de los diversos tamaños de partículas minerales (grava, arena, limo, arcilla) en el suelo. Las partículas finas y gruesas tienen muy diferentes propiedades en términos de infiltración de agua y capacidad de almacenamiento, compactabilidad, erosividad y disponibilidad de nutrientes. Las clases de texturas van desde la arcilla que consiste de partículas de tamaño menor a 0,002 mm en diámetro (el material pasa a través de una saranda de 0,002mm), a limo (que pasa por una saranda entre 0,002mm y 0,050mm), a arena fina (que pasa por una saranda en 0,050mm y 0,020mm), a arena gruesa (que pasa por una saranda entre los puntos 0,020mm y 0,200mm), hasta grava fina (que pasa a través de un tejido entre 0,200mm y 2,00mm) y grava gruesa (que pasa a través de una malla de 2,00mm y 5,0mm). En general los términos de "textura fina" y "textura gruesa" se refieren a suelos que contienen grandes cantidades de arcillas o limos de arcilla mientras que "textura gruesa" o "textura leve" se refieren a suelos que contienen relativamente más arena que arcilla.

- **Zona sub-húmeda:** Una área con una relación de precipitación a evapotranspiración potencial de 0,5 a 0,75 ($P/PET = 0,5-0,75$) cubierta con zonas pequeñas de vegetación natural que son más densas pero que pueden incluir las sabanas tropicales. La agricultura en secano es común en esta zona para cultivos adaptados a sequías ocasionales.

- **Sucesión:** Un proceso de cambio en ecosistemas de las etapas "inmaduras" a "maduras". Las etapas anteriores son caracterizadas por una producción neta primaria mayor y menos diversidad de especies. El mantenimiento de las primeras etapas puede ser difícil y costoso pero cualquier exceso de producción puede ser cosechado como alimento y fibra.

- **Vegetación xerofítica:** Vegetación, especialmente vegetación leñosa en climas secos. Estas plantas tienden a crecer en pequeñas parcelas con bajas densidades. Crecen muy lentamente y tienen una estructura de hoja y características bioquímicas que permiten una gran eficiencia en el uso del agua.

B. Factores principales que influyen sobre el peligro de desertificación

[1. Precipitación y la ocurrencia de sequías](#)

[2. La evapotranspiración potencial \(PET\)](#)

[3. Vientos](#)

[4. Textura de suelos](#)

[5. Forma del terreno](#)

[6. Usos de la tierra](#)

[7. Manejo de la tierra](#)

Esta sección describe varios de los factores que afectan los procesos de desertificación. Esto, depende por supuesto, de la gran variedad de características físicas (incluyendo climáticas) y del uso de tierras en una área. Sólo aquellas características físicas que pueden ser fácilmente medidas o calculadas, y que no varían grandemente con diferentes prácticas en el uso de tierras, son consideradas como factores principales. Ellos son: precipitación, evapotranspiración potencial, textura de suelos, forma del terreno y vientos.

Estos serán utilizados para describir los métodos de evaluación de desertificación en las etapas tempranas de la planificación para el desarrollo, que se discutirán más adelante en el capítulo. Debido a que el hombre puede causar, intensificar o atenuar el proceso de desertificación a través de actividades del ciclo agrícola anual, es importante conocer como estas actividades responden a los principales factores físicos. El uso de tierras y manejo de tierras se describe en esta sección, así como otros factores tales como niveles de agua subterránea y de superficie. La ocurrencia de sales solubles y condiciones de salinidad en los substratos, la estructura del suelo, los nutrientes del suelo y la existencia y movilidad de herbívoros, incluyendo la fauna de insectos, también son muy influyentes en la desertificación. Estos, sin embargo, pueden cambiar rápidamente bajo condiciones de uso. En consecuencia, no son usados aquí como factores primarios determinantes en los trabajos sobre el potencial de desertificación.

1. Precipitación y la ocurrencia de sequías

Los datos sobre los niveles de precipitación anual generalmente están disponibles, aunque las cifras mensuales suelen ser escasas. En los casos donde falten datos, las cantidades anuales y estacionales se pueden estimar a partir de la observación de tipos y densidad de la vegetación nativa no perturbada. Se pueden estimar los niveles de precipitación, por ejemplo, de los mapas desarrollados con el sistema Holdridge para zonas de vida (ver Figura 9-2). La información relacionada con la variación anual histórica de la precipitación, será necesaria para poder entender la ocurrencia de sequías. Si los datos de la estación climática no están disponibles, se puede obtener información secundaria de registros históricos escritos y orales, estudios geomorfológicos, así como del análisis de los anillos de crecimiento de la vegetación boscosa.

Figura 9-2

RELACION ENTRE PRECIPITACION y VEGETACION DOMINANTE

Precipitación	Vegetación dominante
0-25,4 cm/año	Desierto
25,4 cm-76,2 cm/año	Pastizales, sabanas, bosques abiertos
76.2 cm-127,0 cm/año	Bosques secos
> 127,0 cm/año	Bosques húmedos

Fuente: Adaptado de Odum, E.P. Ecology (New York: Holt, Rinehart and Winston, 1963).

En este manual los niveles de precipitación mayores de 1.500 mm/año son considerados demasiado húmedos para la mayoría de las formas de desertificación. Si el nivel de precipitación del área de estudio es inferior a 1.500mm/año, los métodos aquí discutidos pueden ser de ayuda en el proceso de planificación.

Varios diferentes tipos de tormentas son importantes para el análisis de los peligros de desertificación. Las tormentas ciclónicas o frontales son de larga duración y se mueven casi continuamente por rutas definidas a través de un continente. En áreas donde prevalece este tipo de precipitación pueden ocurrir largos períodos de sequía. La **precipitación orográfica** es causada por corrientes de aire ascendentes que se desplazan sobre la tierra a una altitud suficientemente elevada para que la expansión y el enfriamiento de la masa de aire produzca condensación de humedad. A medida que desciende la masa de aire, después de cruzar una mayor elevación, se calienta y la humedad disponible es fuertemente retenida. Esto crea condiciones de aridez a sotavento de las áreas elevadas. Tal es el caso de gran parte de Centroamérica, donde los movimientos de aire del mar Caribe contribuyen a la formación de bosques nubosos en los picos de las montañas pero condiciones extremadamente áridas, a menor elevación sobre el lado occidental de la cadena de montañas (Figura 9-3). La **precipitación convectiva** ocurre en los meses calientes cuando la superficie de la tierra se calienta bajo fuerte insolación que luego calienta los estratos inferiores de la atmósfera causando que éstos se eleven a estratos de menor temperatura. La condensación produce lluvias, que tienden a ser fuertes, de corta duración, locales en distribución y acompañadas de tempestades eléctricas. Estas tormentas suelen caracterizarse por vientos fuertes, pero a veces sólo ocurren vientos con poca o ninguna precipitación, causando intensas tempestades de polvo. Debido a la precipitación orográfica y convectiva, los mapas de precipitación hechos en regiones montañosas con estaciones ubicadas a pocas millas de distancia entre sí, pueden estar sujetos a considerable error.

2. La evapotranspiración potencial (PET)

El concepto de evapotranspiración potencial se define como una estimación de tasas de evaporación y transpiración cuando no se limita el agua del suelo. Compensa fácilmente la falta de información sobre transpiración y permite una síntesis clara de las numerosas mediciones de humedad de suelos, infiltración, escurrimiento, etc., que se necesitan para entender los parámetros climáticos. Las tasas de evapotranspiración están relacionadas a varios factores climáticos, siendo la temperatura el más importante. Por ejemplo, si se ajustan las cifras de temperatura para variaciones en la longitud del día (horas del día), usando una fórmula desarrollada por Penman (Chow, 1964), se demuestra que hay una íntima relación entre temperatura media y evapotranspiración potencial. En consecuencia, se puede usar esta fórmula para calcular la evapotranspiración potencial para cualquier lugar cuya latitud es conocida y

donde los registros de temperatura están disponibles o pueden ser estimados. Los datos sobre excedentes y déficit de agua se pueden inferir comparando las cifras de precipitación mensual y las de la evapotranspiración potencial mensual.

Las tasas de evaporación se pueden obtener de lecturas en cuerpos controlados de agua abierta (evaporímetros). Aunque la transpiración es producto de la evaporación de superficie de las hojas, sus tasas dependen de la disponibilidad de agua del suelo así como de los rasgos estructurales y funcionales de las plantas (ubicación del estoma y de los procesos internos que gobiernan la pérdida o ganancia de agua en las celdas protectoras) ya que estas están afectadas por la luz. Por ejemplo, la luz aumenta las tasas de transpiración más que las tasas de evaporación. Por otro lado, el viento aumenta la tasa de evaporación más que la de transpiración. Así pues, las tasas de evaporación no siempre son un índice de las tasas de transpiración.

Figura 9-3: REPRESENTACION DE LA TOPOGRAFIA DE CENTROAMERICA RESPONSABLE DEL FENOMENO OROGRAFICO QUE DA LUGAR A BOSQUES NUBOSOS CERCANOS A ZONAS ARIDAS

3. Vientos

El viento es un factor climático que puede intensificar la desertificación de diferentes maneras. Su fuerza puede erosionar, transportar, y depositar partículas de suelos. El daño a las plantas puede ocurrir y a sea a través del impacto de su fuerza física cuando las velocidades son altas o a través del impacto de partículas abrasivas de suelo y de sal transportadas (chorro de arena). En áreas secas donde el suelo no permanece en su lugar retenido por la vegetación, el viento es un factor importante en la formación de dunas. En el proceso de formación de dunas el viento, debido a su velocidad, deja atrás el material más grueso y continúa transportando las partículas más finas del suelo. Aunque las dunas pueden existir en ambientes no propensos a la desertificación, como son las zonas del litoral o aquellos cerca de arenizcas pobremente cementadas, su movimiento hacia los bordes de los desiertos es un claro indicador que se ha iniciado el proceso de desertificación.

El viento aumenta las tasas de evaporación de agua de superficie en tierra y plantas. Este poder evaporativo del aire en movimiento, aumenta con las altas temperaturas y con una menor humedad relativa. Como resultado, los vientos secos calientes durante el período de crecimiento de la planta pueden aumentar la cantidad de agua que consumen.

Aunque el viento es parte del clima y es mucho más regional en sus alcances, los patrones de viento pueden cambiar drásticamente bajo la influencia de las actividades del hombre al eliminar o añadir vegetación -especialmente vegetación leñosa- que actúa como barrera, proporciona sombra, y aumenta el albedo.

4. Textura de suelos

La textura de los suelos puede influir en muchas otras de sus características, especialmente aquellas relacionadas con la humedad (Figura 9-4) y fertilidad del suelo. Cuando los suelos arenosos son irrigados, requieren más agua que los suelos con texturas más finas, pero un exceso de agua puede producir la lixiviación de cualquier coloide y nutriente disponible. Por otro lado, la descarga se reduce casi a cero debido a que la precipitación penetra casi inmediatamente en los suelos de textura gruesa. Los

suelos de textura fina pueden absorber más agua que los suelos de textura gruesa pero en general: (a) ésta se mantiene en los estratos superiores del suelo donde se seca más rápidamente; (b) hay mayor pérdida de agua debido a menores tasas de infiltración y mayores tasas de flujo o escurrimiento en superficie; (c) restringen el crecimiento de raíces y de retoños, que pueden brotar en tales suelos y morir antes de llegar a la humedad que se mantiene a niveles más profundos del suelo; (d) son responsables del crecimiento poco profundo de las raíces, que hacen a las plantas susceptibles a la sequía; y (e) son menos susceptibles a erosión de grietas y de superficies.

5. Forma del terreno

Dos formas características de terreno son de interés para esta discusión de desertificación: (a) el grado de pendiente y (b) la profundidad de la napa freática en relación a la superficie del suelo.

El grado de pendiente es importante porque influye sobre la velocidad y la cantidad de la corriente de agua en superficie. La descarga, por supuesto, es mayor si la pendiente del cerro es más pronunciada. El grado de pendiente también influye sobre la cantidad e intensidad de luz solar que recibe un determinado sitio. La desecación, o el acto de secar, es mayor si la pendiente da cara al sol durante un mayor período de tiempo y aumenta más si el ángulo de la pendiente es perpendicular a los rayos solares. Debido a que el agua corriente es agente erosivo, las partículas son acarreadas a áreas más planas o áreas de depresión. Así, cerca de la parte superior de una colina, los suelos tienden a ser menos profundos, de textura más gruesa y, por tanto, son relativamente más profundos y de textura más fina al pie de una pendiente. Nuevamente dependiendo del grado de la pendiente, la desecación es menos severa en áreas que dan cara al sol con menor frecuencia y están, por lo tanto, mayormente en la sombra. La desecación también es menor en áreas con posiciones a sotavento, protegidas por los terrenos interpuestos de mayor elevación esas elevaciones son suficientemente altas y abruptas, se podría establecer un efecto de lluvia-sombra que causaría la disminución de la precipitación total (Figura 9-3).

La profundidad hasta el agua subterránea es importante porque si la napa freática está muy profunda, las raíces de las plantas no podrán obtener la humedad disponible. Por otro lado, si la napa freática está demasiado cerca a la superficie, los aniegos serán un problema. y, en estas áreas, la condición salina y alcalina puede matar la vegetación o retardar su crecimiento.

6. Usos de la tierra

La manera de usar un determinado terreno o entorno puede iniciar el proceso de desertificación. Ciertas prácticas de agricultura, sobrepastoreo por ganado y fauna silvestre, la selvicultura extractiva, las actividades de construcción y el uso del fuego son frecuentemente considerados como las causas más importantes del proceso.

Las prácticas agrícolas en tierras secas pueden contribuir al proceso porque exponen los suelos al viento y a la erosión del agua durante períodos de sembrío temprano y después de la cosecha. Las partículas más finas del suelo son acarreadas por el viento o lavadas con el material orgánico esencial que hará falta en el próximo ciclo agrícola. Así, se da una gradual reducción de nutrientes con el correr de los años.

Figura 9-4

RELACIONES ENTRE TIPO DE SUELO y CONSTANTES DE LA HUMEDAD DEL SUELO (PORCENTAJES)

Contenido de humedad	Arcilla	Limo	Aluvi3n	Limo arenoso	arena fina
Equivalente de humedad	28,4	21,7	16,1	9,5	3,2
Punto permanente de marchitamiento	13,4	10,3	7,5	1,0	1,0
Capacidad de almacenamiento de agua subterr3nea	15,0	11,4	8,6	6,6	2,2

Fuente: Daubenmire, R.F. *Plants and Environment*, 2nd ed. (New York: John Wiley and Sons, 1964).

La agricultura con riego tambi3n puede contribuir a la desertificaci3n si es responsable de aniegos y salinizaci3n. Los aniegos reducen la aeraci3n del suelo y las ra3ces de las plantas no pueden sobrevivir en 3l. Esta condici3n empeora cuanto la napa fre3tica se acerca a la superficie. La salinizaci3n o alcalizaci3n de 3reas de tierras bajas, ocurre cuando un exceso de irrigaci3n induce la acumulaci3n de sales solubles, lo que a su vez perjudica el crecimiento de la planta.

El pastoreo mal manejado de ganado dom3stico, animales salvajes o ex3ticos y animales de caza, grandes o peque1os, contribuye a la p3rdida de la cobertura vegetativa de los suelos. En algunos ecosistemas, el sobrepastoreo promueve la invasi3n de especies le1osas de plantas que los animales encuentran desagradables para su paladar. As3 pues, el nivel de biomasa aumenta con una mezcla menos deseable de especies de plantas. La competencia por el agua disponible entre las plantas, combinada con un continuo sobreuso de especies comestibles por parte del ganado, puede hacer que los campos se deterioren a3n m3s, en t3rminos de la producci3n de forraje y de animales.

El corte de le1a, para prop3sitos dom3sticos e industriales tambi3n puede contribuir a la desertificaci3n. La recolecci3n de le1a, y la producci3n de carb3n de palo, normalmente resultan significativos en 3reas cerca a centros poblados donde 3sta es la m3s barata o la 3nica fuente de energ3a. En otras partes, la recolecci3n de le1a en lugares recientemente talados o quemados tiene importancia secundaria. La recolecci3n para prop3sitos industriales puede reducir r3pida y significativamente la cubierta vegetal, dado que la demanda es alta y que el que cosecha obtiene un ingreso de la madera recolectada.

Al igual que la agricultura, la construcci3n de edificios, reservorios, caminos, etc., y el uso indiscriminado del fuego, tambi3n eliminan la cobertura vegetativa y dejan a los suelos sin protecci3n y expuestos a la erosi3n. Actividades como 3stas, que cambian los patrones normales de drenaje, pueden ser responsables de la erosi3n de extensiones extremadamente grandes de suelos. Casi cualquier alteraci3n en la superficie estable de los suelos, tal como el pavimento des3rtico, puede iniciar un nuevo ciclo de erosi3n e3lica y de agua.

7. Manejo de la tierra

Las consecuencias de las pr3cticas de administraci3n de tierras pueden ser positivas o negativas. Se estima que 23 millones de toneladas m3tricas de trigo producido al a1o, se pierden en todo el mundo por la desertificaci3n (Dregne, 1983). A trav3s de t3cnicas de administraci3n, adecuadas para la agricultura, la selvicultura y los campos de pastizales, muchas de estas p3rdidas pueden ser minimizadas. El enriquecimiento de suelos cuyos nutrientes se han agotado es muy costoso y puede ser evitado.

La administraci3n o manejo de la tierra, sin embargo, involucra m3s que la tierra misma y se deben considerar otros atributos f3sicos, bi3ticos, sociales, econ3micos y culturales. En muchas partes del mundo, estos atributos conducen a un ciclo anual de eventos que representan lo que puede llamarse, por

lo menos en un contexto rural, el año agrícola. En tales áreas, un año se puede dividir en períodos distintos que dependen del número de cosechas que pueden ser cultivadas durante el año. Este número está relacionado con el período de la estación de crecimiento, que puede ser dictado por la temperatura o por la longitud del día - fotoperíodo - y por la distribución de la precipitación en el curso del año. Todos estos factores, por supuesto, influyen sobre el crecimiento de las plantas, su floración y producción de semillas y así dictan los tipos y el tiempo de dedicación a actividades que el campesino, selvicultor o ganadero realizará durante el año.

En climas templados, generalmente existen cuatro períodos distintos que condicionan el año agrícola. Dada una precipitación adecuada y uniformemente distribuida, el año agrícola sigue este ciclo: la primavera para la preparación de la tierra y siembra; el verano para el crecimiento de las plantas y las actividades de cultivo (deshierbe, fertilización, etc.); el otoño para las actividades de la cosecha y el invierno para descanso. Estas actividades variarán bastante a medida que uno se desplaza hacia climas más tropicales, donde puede ser posible obtener más de una cosecha al año, a veces sin ningún período de descanso. También varía a medida que uno se desplaza hacia climas más áridos, donde podría ser necesaria la irrigación para reemplazar el suministro natural de humedad o donde el período de descanso puede ser muy prolongado debido a falta de precipitación.

Con el tiempo, surge un ciclo de actividades de acuerdo con el patrón climático de un lugar dado. Aparecen problemas cuando una sequía altera el ciclo y se presentan vientos o fuertes precipitaciones, o cuando la cobertura vegetativa del terreno ha sido eliminada o perturbada. También ocurren problemas en áreas que recientemente han sido preparadas para cultivos, y donde no se ha desarrollado un adecuado empalme de cultivo/clima; o donde se han introducido nuevos tipos de cultivos que no concuerdan exactamente con las peculiaridades del clima local. El problema de erosión de suelos surge cuando el terreno permanece en estado de preparación o sin cobertura, en descanso, durante períodos de fuertes vientos y lluvias o si después de la preparación del terreno y de la siembra hay sequía.

La actividad ganadera, especialmente de rumiantes, también tiene que adecuarse a los ciclos locales climáticos y bióticos. Un intenso pastoreo en la primavera, por ejemplo, cuando el pasto es tierno y el terreno húmedo, puede causar problemas de pisoteo y compactación de suelos, mientras que una presión excesiva de pastoreo durante períodos de sequía puede desarraigar las plantas y producir aún más presión sobre la vegetación que está tratando de sobrevivir y reproducirse.

Muchas otras variantes y combinaciones ocurren en la miríada de climas que existen en zonas áridas y semiáridas sean tropicales o templados. Las actividades de la agricultura y de la ganadería deben de ser contrastadas con el año agrícola para evaluar si ocurren déficits de humedad, vientos y superficies desnudas y si éstos ocurren al mismo tiempo.

C. Evaluación del peligro de desertificación en los estudios de planificación regional

[1. Etapas de la planificación](#)

[2. Definición del potencial de desertificación](#)

[3. Análisis integrado del peligro de desertificación](#)

Los estudios de planificación para el desarrollo integrado regional se pueden preparar para cuencas fluviales físicamente definidas y para áreas que están mejor definidas geopolíticamente. En tales regiones, la humedad disponible para sostener la vida y las actividades humanas varía (OEA, 1984). Tal como se discutió en el Capítulo 1, un proceso de planificación que conduce al desarrollo integrado de una región puede ser dividido en cuatro etapas, cada una con el requerimiento de mayores detalles respecto a ciertos temas específicos de interés e importancia. Cada etapa requiere distintos tipos y niveles de información para un mejor entendimiento y consideración del grado del peligro de desertificación (Figura 9-5). Los métodos aquí propuestos han sido diseñados para su adecuación a estas etapas. y, tal como en la planificación en general, se necesitará información más detallada sobre una menor cantidad de temas, en cada etapa sucesiva.

1. Etapas de la planificación

La evaluación de los peligros de desertificación se efectúa en todas las etapas de la planificación: Misión Preliminar; diagnóstico de la región e identificación del proyecto (Fase I); plan de acción y formulación del proyecto (Fase II); e implementación del programa. La planificación deberá incluir proyectos para reducir los peligros de desertificación así como para monitorear los efectos que los proyectos puedan tener sobre el proceso de desertificación. Para llevar a cabo tales evaluaciones será necesario contar con información básica sobre los recursos naturales y las características socioeconómicas. Esta información ayudará en la toma de decisiones sobre el trabajo que se requiere para evaluar y administrar los peligros de desertificación posteriormente. Una importante tarea de la Misión Preliminar y Fase I (ver Capítulo 1) es identificar las fuentes y la disponibilidad de tal información.

a. Misión preliminar

La Misión Preliminar es la primera respuesta a la invitación de un gobierno para llevar a cabo un estudio de planificación. Típicamente, una misión preliminar incluye tres disciplinas profesionales: economía, desarrollo de recursos naturales, y planificación regional. Aunque cada una de estas debe considerar la situación de, o el potencial para, un proceso de desertificación en la región, el profesional en la administración de recursos naturales es quien asume la responsabilidad primaria del tema.

Se puede hacer una evaluación al respecto si alguna parte de la región bajo estudio tiene potencial para sufrir el proceso de desertificación usando cualquiera de los muchos mapas mundiales o regionales, disponibles en bibliotecas de tamaño moderado, que tienen información sobre recursos naturales. El "Mapa Mundial de Desertificación" (1:25.000.000) que fue desarrollado para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación (FAO, 1977) es un ejemplo. Otro mapa útil es aquel preparado por Dregne en 1983 (Figura 9.6). La Figura 9-7 ha sido adaptada de este mapa e identifica áreas con potencial de desertificación en los países de América del Sur.

También pueden ser usados los mapas de zonas de vida de Holdridge, que se hallan disponibles, virtualmente, para todos los países de Centro y Sud América. En el sistema de Holdridge (1967) la tundra seca, los matorrales secos, estepas, bosques secos, matorrales de desierto, estepas de espinas, bosques con espinas, bosques muy secos o zonas de vida de desierto, indican áreas de desertificación potencial. Si una parte del área bajo estudio se encuentra en cualquiera de estas zonas de vida, se deberá llevar a cabo mayor análisis del peligro de desertificación. Un método simplificado para identificar los diversos tipos de peligros de desertificación es dado más abajo (ver Sección C.2 Definición del potencial de

desertificación).

Figura 9-5: RELACIONES ENTRE LOS REQUERIMIENTOS DE INFORMACION SOBRE EVALUACION DEL PELIGRO DE DESERTIFICACION Y LAS ETAPAS DEL PROCESO DE LA PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO INTEGRADO

Figura 9-6: MAPA QUE MUESTRA ZONAS DE DESERTIFICACION POTENCIAL EN AMERICA DEL SUR

Fuente: Adaptado de Dregne, H.E. Desertification of Arid Lands, Vol. 3 of Advances in Desert and Arid Land Technology and Development (Chur, Switzerland: Harwood Academic Publishers, 1983).

**Figura 9-7
AREAS DE DESERTIFICACION POTENCIAL EN AMERICA DEL SUR POR ESTADO, PROVINCIA O DEPARTAMENTO^a**

^a Se define el área como la subdivisión política más grande del país. El hecho que una área aparezca con un determinado estado de desertificación no implica necesariamente que todo el área está afectada. Aún más, una área puede tener más de un estado cuando las diferentes porciones son afectadas a diferentes niveles o diferentes grados.

		ESTADO DE LA DESERTIFICACION			
PAIS	Región hiperárida	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
ARGENTINA		Catamarca	Chubut	Catamarca	La Pampa
		Chaco	La Pampa	Córdoba	
		Chubut	Mendoza	Jujuy	
		Formosa	Neuquén	La Pampa	
		Jujuy	Río Negro	La Rioja	
		La Rioja		Mendoza	
		Mendoza		Salta	
		Neuquén		San Juan	
		Río Negro		San Luis	
		Salta		Santiago del Estero	
		San Juan			
		Santa Cruz			
		Santiago del Estero			
BOLIVIA		Cochabamba		Cochabamba	
		Chuquisaca		Chuquisaca	

		La Paz		La Paz	
		Oruro		Potosí	
		Potosí		Tarija	
		Santa Cruz			
		Tarija			
BRASIL			Alagoas		
			Bahía		
			Ceará		
			Paraíba		
			Pernambuco		
			Piauí		
			Río Grande do Norte		
			Sergipe		
COLOMBIA			Atlántico		
			Guajira		
			Magdalena		
CHILE	Antofagasta	Antofagasta	Aconcagua	Antofagasta	
	Atacama	Atacama	Coquimbo	Atacama	
	Tarapacá	Tarapacá	Valparaíso		
ECUADOR		Esmeraldas			
		Guayas			
		Manabí			
MEXICO	Sonora	Baja	Baja	Aguas	Chihuahua
		California	California	Calientes	
		Norte	Norte	Baja	
		Baja	Nuevo León	California	
		California	Sinaloa	Norte	
		Sur	Sonora	Chihuahua	
		Sonora		Coahuila	
				Durango	
				Guanajuato	
				Guerrero	
				Hidalgo	
				Michoacán	

				Nuevo León	
				Oaxaca	
				Puebla	
				Querétaro	
				San Luis Potosí	
				Sinaloa	
				Sonora	
				Tamaulipas	
				Zacatecas	
PARAGUAY		Boquerón			
		Chaco			
		Nueva Asunción			
PERU	Ancash	Ancash		Arequipa	
	Arequipa	Arequipa		Ayacucho	
	Ica	Ayacucho		Moquegua	
	La Libertad	Cajamarca		Puno	
	Lima	Huancavelica		Tacna	
	Moquegua	Ica			
	Tacna	La Libertad			
		Lambayeque			
		Lima			
		Moquegua			
		Piura			
		Puno			
		Tacna			
		Tumbes			
VENEZUELA			Falcón		
			Zulia		

Fuente: Adaptado de: Dregne, H.E. Desertification of Arid Lands (Chur, Switzerland: Harwood Academic Publishers GmbH, 1983).

MISION PRELIMINAR

PREGUNTAS QUE DEBEN HACER LOS PLANIFICADORES:

- ¿Esté incluida el área de estudio en un mapa previamente definido de peligros de desertificación o un mapa de peligro potencial de desertificación?
- ¿Qué información sobre recursos básicos ha sido cartografiada (suelos, geología, clima, vegetación, bosques, zonas de vida, topografía)?
- ¿Cuál es la disponibilidad de imágenes de satélites? ¿A qué escala?
- ¿Está disponible la información sobre hidrología?
- ¿Existe instrumentación básica, climática e hidrológica en la región?
- ¿Qué otra información descriptiva está disponible de la región desde un punto de vista de sistemas?
- ¿Cuál es la historia de ocurrencia de eventos peligrosos que contribuyen a la desertificación?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA

- Creación de un mapa base y compilación de mapas temáticos relevantes, a escalas apropiadas.
- Formación de un equipo de estudios para tratar la escasez de datos sobre desertificación en términos espaciales y temáticos.
- La preparación de un plan de trabajo integrado para la siguiente etapa que incluye evaluaciones de desertificación.

Si el análisis preliminar sugiere que existe desertificación o hay un problema potencial en el área de estudio, se debe formular un objetivo más precisamente definido a ser tratado en la siguiente etapa de planificación. Es decir, un objetivo que específicamente trate el problema de desertificación, debe ser hecho de tal modo que pueda ser tratado en el plan regional en conjunto. Los términos de referencia relevantes a un estudio adicional del peligro de desertificación, deben ser incluidos en el trabajo de los especialistas asignados a la siguiente etapa del estudio (ver el Apéndice a este capítulo).

El miembro de la Misión Preliminar asignado específicamente a evaluar la desertificación tendrá que responder a las preguntas establecidas en el recuadro arriba y generar más información para un análisis del peligro de desertificación en las etapas subsiguientes. b. Fase 1. Diagnóstico del área de estudio

La fase de diagnóstico del estudio está diseñada para identificar los principales problemas, potencialidades, y restricciones en la región en estudio. Incluye una evaluación de recursos naturales y condiciones socioeconómicas; delimita y estudia las sub-regiones, genera nueva información sobre áreas al sujeto relevantes, identifica proyectos de desarrollo en perspectiva. Dado el trabajo de la precedente misión preliminar, todos los profesionales del equipo de estudio deberían estar concientes del potencial para la desertificación y deberían dar en su análisis atención explícita a ese potencial². El asesor sobre administración ambiental del equipo, o el especialista en peligros naturales, debería asumir plena responsabilidad de este estudio. Si no existe ninguno de estos dos expertos, la responsabilidad recae en los especialistas en el manejo de la agricultura o de la ganadería. Se deben considerar varias preguntas y

tomar varias decisiones (ver el recuadro a continuación) que ayudarán a guiar a los miembros del equipo en la evaluación en conjunto del peligro de desertificación así como en la evaluación de tipos individuales de peligros que pudieran existir en el área de estudio.

c. Fase II. Formulación de Proyectos de desarrollo

Con los recursos disponibles, la anterior etapa identificó los temas acuciantes y formuló una estrategia general junto con ideas sobre proyectos que analizan los problemas. También se habrán sugerido acciones que son políticamente factibles en un determinado período de tiempo, lo suficientemente corto, para mantener el momento requerido para la toma de decisiones.

FASE I

PREGUNTAS QUE DEBEN HACER LOS PLANIFICADORES:

- ¿Pueden ser mostradas las relaciones causa/efecto entre eventos naturales y entre eventos naturales y la actividad humana que sean responsables de la desertificación en el pasado?
- ¿Cuáles son los bienes y servicios naturales proporcionados a las poblaciones locales por los ecosistemas y cómo están estos divididos en los sistemas que representan las unidades ambientales?
- ¿Quiénes son los individuos a nivel local regional y nacional mejor informados respecto a la estructura y funciones de los ecosistemas regionales y locales? .
- ¿Cuáles son los enlaces importantes entre la región bajo estudio y las regiones vecinas?
- ¿Cuál es la distribución de los eventos de desertificación de acuerdo con el sub-sistema?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- Las características de proyectos orientados a eliminar la desertificación que deberían de ser considerados.
- La identificación de proyectos orientados a eliminar la desertificación que son parte de programas en ejecución o de un programa de desarrollo nuevo.
- Preparación de un plan integrado de trabajo que incluye trabajos sobre desertificación específica para la próxima etapa del proceso.

Esta etapa tiene el propósito de formular proyectos específicos de desarrollo en base a la estrategia general y las ideas de proyectos que fueron diseñadas durante la Fase 1. Para efectos del control de la desertificación, habrán sido estudiados los servicios existentes tanto naturales como hechos por el hombre, que controlan el proceso de desertificación y, también, los eventos peligrosos que contribuyen a su avance. Los factores culturales, sociales y económicos que podrían influir sobre la ejecución del proyecto y su éxito, deben de ser evaluados a un nivel adecuado de factibilidad. La compatibilidad de los proyectos mismos debe de ser evaluada en términos del potencial para intensificar o mitigar el proceso de desertificación.

Los especialistas de cualquier sector deben de evaluar los proyectos potenciales que explícitamente tratan de la mitigación del proceso de desertificación y algunos especialistas, como aquellos en la agricultura, administración de pastizales y selvicultura, deben tener experiencia en el estudio y la preparación de

proyectos y programas relevantes al proceso de desertificación.

2. Definición del potencial de desertificación

En esta sección se presentarán descripciones breves respecto a dos aspectos importantes de la identificación y evaluación del potencial de desertificación: la zonificación de peligros potenciales y la identificación de peligros específicos de desertificación.

a. Zonificación de peligros

El área de estudio en la cual se ha de llevar a cabo la evaluación de los peligros de desertificación debe ser zonificada de acuerdo al mayor número posible de las principales variables activas en el proceso de desertificación (ver B arriba). Los datos climáticos son de especial importancia y existen diversos sistemas convencionales de zonificación climática. Bailey (1980) sugiere varias clasificaciones según el nivel de la cartografía que se está considerando. Por ejemplo, los métodos de Koppen, Kuchler, y Hammond se pueden usar para dividir el territorio en una serie de niveles de ecosistemas (Figura 9-8). El método de zonas de vida de Holdridge hace uso de valores de la media anual de la " bio-temperatura", la relación potencial de la evapotranspiración y el promedio de la precipitación total anual, para dividir el área en zonas de vida. Tiene una serie de ventajas. Primero, está basado en biotemperatura y humedad, ambos altamente correlacionados con la desertificación. Segundo, ahora incluye datos sobre pendientes, textura de suelos, y profundidad de suelos. Y, tercero, existen mapas a diferentes escalas para la mayor parte de la América Latina y parte del Caribe.

b. Clave descriptiva para identificar el potencial de desertificación

Durante la Misión Preliminar, las decisiones dependen de la existencia de diferentes peligros de desertificación. Tales decisiones tienen que ver con la selección de especialistas para la Fase I y con el desarrollo de los términos de referencia respectivos.

Figura 9-8

NIVELES DE GENERALIZACION EN UNA JERARQUIA DE ECOSISTEMAS

Niveles de Generalización y escalas comunes de cartografía	Definiciones corrientes
1. Campo de acción	
1:3.000.000 y menor (para uso a nivel de planificación de la misión preliminar)	Áreas subcontinentales de similitud climática general, identificadas por criterios de calor zonal y balance hídrico.
2. División	
1:1.000.000 a 1:3.000.000 (para uso a nivel de la planificación de la misión Preliminar)	Parte de un territorio identificado por criterios macroclimáticos generalmente a nivel de los tipos básicos de climas de Koppen.
3. Provincia	

1:500.000 a 1:1.000.000 (para uso de trabajo preliminar durante la Fase I)	Parte de una división, identificada por criterios bioclimáticos y de suelos, a nivel de órdenes de suelos y clases de vegetación durante formaciones. Se distinguen a este nivel las regiones elevadas (p.e., sistemas de montañas) de compleja zonación clima-vegetación.
4. Sección	
1:250.000 a 1:500.000 (para uso en la Fase I y al comenzar la Fase II)	Parte de una provincia identificada por una sola gradación climática de vegetación a nivel de los tipos potenciales de vegetación de Kuchler.
5. Distrito	
1:150.000 a 1:250.000 (para uso en la Fase I y al comenzar la Fase II)	Parte de una sección identificada por los tipos de formas de superficie del terreno de Hammond.
6. Asociación con tipo de terreno	
1:20.000 a 1:125.000 (para uso en Fase I y Fase II)	Parte de un distrito determinado aislando las áreas cuya forma expresa un proceso climático-geomórfico (p.e. fluvial, glacial, etc.).
7. Tipo de terreno	
1:10.000 a 1:20.000 (para uso en la Fase II y algo del trabajo de diseño)	Parte de una asociación de tipo de terreno con una combinación de suelos bastante importante (p.e. series de suelos) y una secuencia cronológica de vegetación a nivel de tipos de habitat de Daubenmire.
8. Fase de tipo de terreno	
1:2.500 a 1:10.000 (para uso en la Fase II y algo del trabajo de diseño)	Parte del tipo del terreno basado en variaciones de las propiedades de suelos y formas de terreno tales como drenaje de los suelos y pendientes que afectan la productividad del tipo de habitat.
9. Sitio	
1:2.500 y mayor (para uso en trabajo de diseño)	Parte de una fase de tipos de terreno que es homogénea en relación con todos los componentes, su apariencia, potencial para producir biomasa, limitaciones de uso, y respuesta al manejo. Es la célula geográfica básica de la clasificación ecológica.

Fuente: Modificado de Bailey, R.G. "Integrated Approaches to Classifying Land as Ecosystems" en Proceedings of the Workshop of Land Evaluation for Forestry (Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1980).

FASE II

PREGUNTAS QUE DEBEN HACER LOS PLANIFICADO RES:

- ¿Cuáles son los niveles realistas de tecnología, crédito, conocimientos, información, mercado, etc. que estarán disponibles para los usuarios de la tierra?
- ¿Cuáles son los proyectos y programas que están siendo discutidos por los otros miembros del equipo que pudieran intensificar o mitigar el proceso de desertificación?
- ¿Cómo se pueden diseñar medidas de mitigación para concordar o aún mejorar estos proyectos?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- Hacer ajustes al uso actual de tierras,
- Recomendar niveles de tecnología, crédito, mercado, información, etc.
- Definir los instrumentos específicos de política y de administración que se requieren para la implementación de la estrategia general y proyectos individuales.
- Los proyectos de diseño que se necesitan para monitorear la implementación del programa en términos de desertificación.

La Figura 9-9 es una clave descriptiva o un árbol modificado de decisiones para ayudar a recabar información sobre el tipo y grado de desertificación que se podría encontrarse en los estudios de desarrollo regional. El método está basado en datos fácilmente mensurables, o existentes, que normalmente no están sujetos a modificación por la actividad humana; y es totalmente objetivo desde el punto de vista del evaluador.

El método hace uso de datos de la región que está siendo estudiada y está basado en un entendimiento del sistema regional, incluyendo las condiciones existentes y las actividades de desarrollo, permitiendo así que uno identifique cuáles peligros de desertificación están presentes. Con esta información, se pueden diseñar acciones en etapas posteriores, que podrían evitar o ayudar a atenuar los procesos de desertificación.

En la Clave (Figura 9-9), los números en la columna a la derecha (2,2*, 3,3*, 4,4* 15,15*) indican como continuar usando la clave en función de los datos que se tiene a la mano. Las letras corresponden a descripciones generales del potencial de desertificación y las discusiones sobre uso de tierras que pudieran estar relacionadas con el lugar que se está describiendo.

La información derivada de la Figura 9-9 puede ayudar a seleccionar los especialistas y desarrollar los términos de referencia para estos especialistas de la Fase I; y ésta podría ser graficada según la escala, calidad, y cantidad de esta información para indicar la ubicación de cada diferente peligro de desertificación que se encuentre en el estudio.

(a) Precipitación media anual > 1500mm;
> 50% de arena;
> 10° de pendiente

Una precipitación media anual de más de 1500mm generalmente indica un lugar situado en la zona de

vida de bosques húmedos del sistema de clasificación de Holdridge (1967). Sin embargo, el instante de ocurrencia, duración, e intensidad de cada evento de precipitación así como las características del suelo, temperatura del aire, y topografía pueden dictar el potencial de un lugar proclive a sufrir el inicio de un proceso de desertificación. En consecuencia, aún si la precipitación anual es cercana a 1500mm, su distribución en conjunto debe ser evaluada, dado que marcados períodos húmedos y secos podrían indicar problemas potenciales de desertificación en términos de pérdida de suelos por erosión del agua o del viento. La erosión del suelo también dependerá de las características del uso de la tierra y del manejo de dicho uso. Es decir, la falta de protección a los suelos durante las épocas muy húmedas o muy secas del año puede aumentar la pérdida de suelos, y el uso de medidas de conservación de suelos puede ayudar a controlar o atenuar la pérdida de suelos. La infraestructura, como edificios y otras estructuras, podrían ser perdidas debido a la erosión del viento y del agua, a falla de la pendiente, al alto contenido de arena del suelo y a las pendientes relativamente pronunciadas. Los aniegos, sin embargo, no deberían ser un problema debido a que el alto contenido de arena del suelo y las pendientes relativamente fuertes proporcionan drenaje más que adecuado.

Figura 9-9
CLAVE DESCRIPTIVA PARA LA IDENTIFICACION DEL POTENCIAL DE DESERTIFICACION

Se presenta a continuación una clave dicótoma que permite identificar varios factores que pueden influenciar el proceso de desertificación. En la clave se obliga a una decisión en cada número que depende sólo del factor en consideración. Los números entre 1 y 15 se dan en pares; y uno de cada par tiene un asterisco (*) que también puede ser escogido según el valor cuantitativo del factor que se esté considerando. El texto correspondiente a las letras del alfabeto discute cada lugar individual y su potencial para sufrir el inicio del proceso de desertificación.

SI ES QUE:	IRA:
(1) Precip > 1500mm/año	2 o 3*
(2) > 50% arena	2 o 3*
(3) > 10° pendiente	(a) en el texto
(3*) < 10° pendiente	(b) en el texto
(2*) < 50% arena	4 o 4*
(4) > 10° pendiente	(c) en el texto
(4*) < 10° pendiente	(d) en el texto
(1*) Precip < 1500mm/año	5 o 5*
(5) P/PET > 1.0	6 o 6*
(6) > 50% arena	7 o 7*
(7) > 10° pendiente	(e) en el texto
(7*) < 10° pendiente	(f) en el texto
(6*) < 50% arena	8 o 8*
(8) > 10° pendiente	(g) en el texto
(8*) < 10° pendiente	(h) en el texto

(5*) P/PET < 1.0	9 o 9*
(9) P/PET .76-.99	10 o 10*
(10) > 50% arena	11 o 11*
(11) > 10° pendiente	(i) en el texto
(11 *) < 10° pendiente	(j) en el texto
(10*) < 50% arena	12 o 12*
(12) > 10° pendiente	(k) en el texto
(12*) < 10° pendiente	(l) en el texto
(9*) P/PET .01-.75	13 o 13*
(13) > 50% arena	14 o 14*
(14) > 10° pendiente	(m) en el texto
(14*) < 10° pendiente	(n) en el texto
(13*) < 50% arena	15 o 15*
(15) > 10° pendiente	(o) en el texto
(15*) < 10° pendiente	(p) en el texto

**(b) Precipitación anual media > 1500mm;
> 50% de arena;
< 10° de pendiente**

La vegetación nativa nuevamente sería clasificada como bosque húmedo. Suele intentarse actividades de agricultura y ganadería en terrenos con estas características. Estas actividades tienen más éxito, si alguno al fin y al cabo, en el extremo más seco del rango de precipitación. Dado el pequeño ángulo de pendiente, el pisoteo por el ganado podría reducir la tasa de infiltración - si es que la restante fracción de los suelos es arcilla - y se crearían problemas similares a aquellos de los aniegos. Sin embargo, la erosión del agua sería mínima debido a la menor pendiente y, donde el suelo es muy arenoso los aniegos no serían un problema, a no ser que el área se encontrara en una depresión geográfica con la napa freática alta. Los problemas de salinidad y alcalinidad generalmente serían limitados debido a la alta precipitación. La construcción requiere de caminos, puentes y cimientos bien diseñados por los ingenieros, debido a la erosión a lo largo de los bordes de los ríos, en áreas de terrenos relativamente planos.

(c) Precipitación anual media > 1500mm; < 50% de arena; pendiente > de 10° grados

Las áreas que tienen estas características sufren los mismos peligros potenciales que aquellas descritas en (a) con la pequeña diferencia que el menor contenido de arena puede reducir el potencial de erosión del agua en pendientes más pronunciadas. Los suelos que tienen un mayor porcentaje de arcilla y limo contienen más nutrientes, no obstante precipitaciones mayores de 1500mm por año y, por lo tanto, tales áreas generalmente tienen una buena cobertura vegetativa en su estado natural. En consecuencia, tanto la conversión de bosques a pastizales como el mantenimiento de pastizales, son difíciles y costosos. Además, como el pastoreo ejerce presión para mantener en mínimos la vegetación leñosa, éstas áreas sufren del pisoteo y de la creación de terrazas o trochas por acción del ganado. Esto permite que se concentre el agua de escumamiento y que las trochas luego resulten susceptibles a la formación de

acequias. Los suelos en este grupo son un poco más estables que aquellos que tienen un porcentaje más alto de arena, y los edificios y demás infraestructura, generalmente se encontrarán a menor riesgo de erosión y falla de pendiente.

(d) Precipitación anual media > 1500mm; < 50% de arena; pendiente < 10°:

Bajo estas condiciones el principal peligro de desertificación son los aniegos. La elevada precipitación, los suelos relativamente más pesados (suelos que tienen un mayor porcentaje de arcillas) y las pendientes menos pronunciadas, conducen a un exceso de agua y aniegos: más agua, menos escurrimiento y menores velocidades de infiltración. El potencial para aniegos puede ser agravado por ciertos usos de tierras. La eliminación de árboles disminuye la evapotranspiración; el pisoteo por el ganado aumenta las densidades de masas de suelos menos arenosos; el agua se embalsa en áreas de poca o ninguna pendiente. En términos de infraestructura, cualquier camino requerirá la construcción de un gran número de alcantarillas para permitir el paso libre de la descarga.

(e) Precipitación anual media < 1500mm; p/PET 1,0 +; > 50% de arena; pendiente > 10°:

La poca evapotranspiración comparada con el nivel de precipitación que reciben estas áreas indica que éstas regiones tienen una temperatura relativamente baja. Aún si la precipitación media anual es baja, podría existir exceso de agua. La fracción con alto contenido de arena y las pendientes pronunciadas hacen difíciles los aniegos. Sin embargo, estas mismas características propician la erosión del agua. Si es que en las áreas más frías se acorta el período de crecimiento, ciertos tipos de agricultura y ganadería (intenso pastoreo, pisoteo, arado, terreno en descanso, y algunas actividades de construcción) eliminarían o reducirían la cobertura del terreno durante ciertas épocas del año. Si estos períodos coinciden con las épocas de vientos, se puede esperar erosión y la formación y desplazamiento de dunas de arena.

(f) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET 1.0 +; > 50% de arena; pendiente < 10°:

Con estas características hay limitado potencial para casi todo tipo de desertificación - especialmente cerca del extremo superior del rango de precipitación y con relaciones P/PET más altos. Nuevamente, debido a esta relación P/PET más alta, el clima general sería de fresco a frío, lo cual ubica el área en una altitud elevada o una latitud alta. El principal peligro de desertificación sería el viento que causaría problemas de erosión si la tierra fuera dejada sin vegetación. Las temporadas de crecimiento de los cultivos generalmente serían cortas, y un descanso de terrenos sin cultivos coincidiría, más probablemente, con el período de vientos. Los aniegos también podrían ser un problema en las áreas más planas y con menor contenido de arena en el suelo.

(g) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET 1.0 +; < 50% de arena; pendiente > 10°:

No obstante la gran variación de precipitación que podría ocurrir en estas áreas, la clave para entender el correspondiente peligro de desertificación es la relación P/PET mayor de 1,0. Una relación alta de precipitación a evapotranspiración potencial, significa un sobrante de agua durante ciertas épocas del año. Si se permitiera que esa agua sobrante se escurriera por pendientes mayores del 10% ocurriría erosión por efecto del agua y esto generalmente estaría intensificado con usos de tierras que perturbarían la cobertura vegetativa. La relación P/PET nuevamente indica un clima bastante frío y una temporada de crecimiento corta. Como consecuencia, los suelos pueden permanecer sin cobertura durante largos períodos. No obstante el excedente de agua, como está indicado por la relación P/PET, pueden ocurrir períodos de sequía estacional. El viento durante tales períodos secos puede causar erosión, formar dunas de arena y desplazarlas si las velocidades cónicas son altas y sostenidas. Las prácticas de manejo agrícola

y de ganado así como el diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura, deben de ser realizados teniendo esto en mente.

(h) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET 1.0 +; < 50% de arena; pendiente < 10°:

Las características de estas áreas son similares a las descritas en (e), (f) y (g): temperaturas frescas o frías y ubicación a elevadas alturas y altas latitudes o ambos. Parte de América Latina, donde se encuentran los Andes altos o el extremo del cono sur, corresponderían a estas características. Debido a las cortas estaciones para el crecimiento y a las bajas temperaturas, éstas áreas tienen un excedente de agua no obstante las bajas cifras de precipitación total. Los aniegos podrían, por lo tanto, ser un peligro en las áreas más planas. La agricultura es difícil debido a las cortas estaciones de crecimiento aunque pueda ser posible el pastoreo de ganado. En algunas áreas, el pisoteo del ganado podría agravar los problemas de aniegos. Estas áreas usualmente también tienen alta velocidad de vientos durante ciertas épocas del año. En consecuencia, podría ser necesario proteger artificialmente los suelos.

(i) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET= 0,76-0,99; > 50% de arena; pendiente > 10°:

Debido a precipitación potencialmente baja, mayor riesgo de sequías, y una relación P/PET más baja, estas áreas normalmente se asocian con los procesos de desertificación. Ciertas combinaciones de estas características (muy baja precipitación y una relación P/PET cerca de 0,76) presentan condiciones extremadamente propicias para el inicio del proceso de desertificación. Este es, especialmente, un problema en pendientes pronunciadas y áreas arenosas donde puede ocurrir erosión del agua si es eliminada la vegetación. La limpieza a gran escala con incendios o bulldozer para crear campos de pastoreo, intensifica los peligros de desertificación en América Latina. También son factores causales de desertificación la limpieza de vegetación para la agricultura con lluvia o riego, fuerte pastoreo o el uso de estos campos por el ganado, consumo de la biomasa leñosa para combustible o producción de carbón vegetal y limpieza para la construcción de infraestructura o viviendas. En América Latina, el sobrepastoreo por fauna silvestre probablemente no tiene un rol significativo, excepto en algunos casos aislados (vicuñas o ciervos confinados a reservas públicas administradas o áreas protegidas de propiedad privada). En las áreas que reciben precipitación en el extremo alto del rango y con alta intensidad, la erosión de la superficie es una amenaza potencial. En las áreas más secas, el peligro de desertificación también puede ser ocasionado por el viento.

(j) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET =0.76-0,99; > 50% de arena; pendiente < 10°:

La diferencia significativa entre áreas que tienen estas características y las áreas descritas en (i) arriba es el grado de la pendiente. En consecuencia, las áreas que corresponden a la descripción anterior tienen problemas de erosión de agua y viento y las áreas aquí descritas tienen problemas de salinidad de superficie - en particular aquellas áreas que tienen niveles de precipitación y relación P/PET en el extremo bajo de los rangos indicados. La irrigación en áreas con inadecuado drenaje o infraestructura mal diseñada, tal como caminos, ferrocarriles o diques que inhiben el flujo del agua, podría empeorar las condiciones de salinidad. Aunque la salinidad de la superficie puede ser el principal peligro de desertificación que nos preocupa acá, la salinidad de suelos subterráneos (caliche) también podría ser un problema si la precipitación se encuentra en el extremo alto del rango y si los suelos son pesados. Estas condiciones permiten la colada de las sales de los niveles superiores del suelo, pero también inhiben la colada del perfil total del suelo.

(k) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET =0,76-0,99; > 50% de arena; pendiente > 10°:

Las áreas que tienen estas características están relativamente libres de peligros de desertificación aunque podrían ser áridas o semi-áridas. Bajo condiciones de menor precipitación y consiguiente escasez de vegetación, los eventos de intensas precipitaciones causan erosión del agua y tal erosión es más severa si la superficie del suelo ha sido perturbada por pisoteo, arado, incendios o movimiento de suelos para propósitos de construcción. Asimismo, ha de ocurrir erosión si el suelo está descubierto durante períodos de sequías y vientos como frecuentemente lo está.

(l) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET = 0.76-0.99; < 50% de arena; pendiente < 10°:

Debido al menor ángulo de pendiente, los problemas de desertificación son: (1) erosión del viento, según como coincidan las épocas de sequía con aquellas de menor cobertura vegetativa debido a actividades humanas (prácticas de cultivos) o temperaturas bajas; y (2) la salinidad de los suelos en áreas que tienen menos precipitación y mayor potencial de evapotranspiración. Si la fracción de arcillas en el suelo es alta (como frecuentemente lo es debido a la deposición de material de suelos más finos sobre áreas de poca o ninguna pendiente), la pudelación, la expansión de los suelos y el movimiento vertical de suelos, decrecen la cobertura vegetativa. El uso de tierras puede incluir la agricultura con lluvia, en áreas con niveles de mayor precipitación, aunque la producción es baja y disminuye de acuerdo a los menores niveles de precipitación y/o mayores tasas de evapotranspiración. A menores niveles de precipitación, sería necesaria la irrigación y esto podría aumentar las probabilidades de salinización y de aniegos.

(m) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET = 0.01-0.75; > 50% de arena; pendiente > 10°:

Estas características describen áreas que tienen un alto potencial para la desertificación. El proceso de desertificación se inicia fácilmente en estas áreas debido a la baja precipitación, el alto potencial de evapotranspiración, la rápida infiltración por debajo de las zonas de raíces de cualquier precipitación que penetre el suelo, y el aún más rápido escurrimiento de la precipitación que permanece en superficie debido a las pronunciadas pendientes. La cantidad de humedad disponible para la producción de biomasa es pequeña. Los vientos y la insolación directa reducen la humedad disponible aún más y son influenciados por la actividad humana que altera la cobertura del suelo, sea pavimento de vegetación o de erosión. La perturbación de la cobertura del suelo también puede iniciar la formación de áreas excavadas por la fuerza del viento. El sobre-pastoreo, la labranza, el pisoteo y el despejo para la construcción pueden iniciar el proceso. Aún la irrigación es potencialmente dañina, (1) debido a la cantidad de agua que probablemente se necesitará y la salinidad de sus residuos; y (2) debido a la erosividad de los suelos arenosos en pendientes pronunciadas aún cuando se use moderna tecnología de riego. Además, dados los bajos totales de precipitación y la poca cobertura de suelos con vegetación, la radiación incidente frecuentemente será alta y las prácticas culturales para los cultivos, el ganado y la construcción tendrán que considerar la sombra y la insolación en el diseño del proyecto. Los ángulos de pendientes y la orientación son importantes por el hecho de que las pendientes que dan cara al sol serán mucho más secas y más calientes y, excepto en latitudes muy frías, tendrán mucho menos crecimiento vegetal.

(n) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET = 0.01-0.75; > 50% de arena; pendiente < 10°:

Las condiciones en estas áreas son similares a las que se encuentran en las áreas descritas en (m) arriba, excepto que aquí las pendientes son mucho menos pronunciadas. El paisaje generalmente está menos definido geomorfológicamente. Como consecuencia, estas áreas más planas pueden tener un mayor nivel de humedad de suelos porque reciben las descargas de las pendientes más arriba y porque la insolación generalmente será menos directa. La erosión de los vientos y la formación de dunas de arena podrían ser un problema si el suelo estuviera sin cobertura durante las épocas de vientos y poca o ninguna

precipitación. La salinidad de los suelos podría ser un problema, aunque el suelo más arenoso permite una rápida infiltración que lavaría las sales a los niveles inferiores en el perfil del suelo, donde formarían una capa de caliche. En áreas donde la vegetación o el pavimento del desierto son alterados por la agricultura, la presión del pastoreo, o actividades de construcción, el viento puede crear áreas excavadas por su propia fuerza y estas frecuentemente aumentan de tamaño a no ser que se tomen medidas remediales para restaurar la cobertura del terreno. La recolección de vegetación leñosa para carbón de palo y/o leña, podría también iniciar un ciclo de reducida humedad efectiva de superficie debido a mayor insolación y albedo.

(o) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET= 0,01-0,75; < 50% de arena; pendiente > 10°:

La principal diferencia en las características de estas áreas respecto a las descritas en (n) es la cantidad de arena en el suelo. El menor porcentaje de arena en un suelo significa que los porcentajes de arcilla y de limo son mayores. Las arcillas y limos contienen más nutrientes y esto puede ser reflejado por la cantidad de vegetación presente. Por otro lado, si los suelos son predominantemente arcillosos, aumenta el escurrimiento de la precipitación debido a la menor velocidad de infiltración. En consecuencia, las áreas aquí descritas pueden ser más secas que las que se describen en (n) arriba. Adicionalmente, la penetración de raíces puede ser reducida debido a que mayor porcentaje de arcilla generalmente significa que el suelo es mucho más duro y menos desmenuzable bajo condiciones secas. En cualquier caso, la humedad efectiva en estas áreas es baja y la actividad humana la podría reducir aún más exponiendo la superficie del terreno a la radiación (mayores temperaturas) y al viento.

(p) Precipitación anual media < 1500mm; P/PET= 0,01-0,75; < 50% de arena; pendiente < 10°:

Las características de esta área son muy similares a las presentadas en (o) arriba excepto que las pendientes son mucho menos pronunciadas. Esta diferencia es significativa pues se encontrarán mayores niveles de salinidad en el suelo, subsuelo y embalses de agua. Dado el mayor contenido de arcilla y pendientes menos pronunciadas, también podrían estar presentes niveles altos de alcalinidad del suelo y estos deben ser considerados al proponer un uso más intensivo del terreno, especialmente la agricultura con riego. Más allá de esto, los problemas comunes de la desertificación son todos un potencial en estas áreas: aniegos (con irrigación); erosión del agua (especialmente a lo largo de los bordes de los cursos de aguas intermitentes); erosión del viento; formación de dunas y desplazamiento; y una reducida humedad efectiva. Todos estos afectarán negativamente la producción de biomasa.

3. Análisis integrado del peligro de desertificación

La desertificación es un fenómeno complejo que requiere el conocimiento experto de especialistas de varias disciplinas diferentes si ha de ser comprendido y bien administrado. La climatología y meteorología, los suelos, la agronomía, el manejo de praderas, la antropología, las ciencias políticas y economía, son todos apropiados para llevar a cabo un estudio del proceso de desertificación, y se necesitará el aporte de estas y otras disciplinas si la planificación para el desarrollo ha de tratar el tema adecuadamente.

Para ser útil, cada especialista debe de mirar hacia el objetivo común y debe de compartir la información obtenida. Como en cualquier estudio integrado, el producto de una disciplina sirve como base para otra y el producto de una etapa de planificación sirve como base para la siguiente etapa de la planificación (OEA, 1978, 1984).

Cada etapa de la planificación ha de requerir información de los sectores que representan estos especialistas, pero la información debe ser progresivamente más detallada y más finamente enfocada en cada etapa sucesiva. La Misión Preliminar, por supuesto, no contará con expertos en todas las especialidades. Más bien, las personas que constituyen la Misión Preliminar deben de rendir cuenta de esta información. La Fase I bien puede contar con especialistas de cada sector para recolectar y organizar la información que requieren los especialistas que han de constituir la misión de la Fase II. Estos especialistas harían uso de la información para desarrollar estrategias, proyectos y programas. Más adelante, mucha de esta información servirá como datos referenciales para integrar programas de monitoreo. (Ver el apéndice de este capítulo para términos de referencia explícitos para el trabajo de especialistas seleccionados en la Fase I del ejercicio de la planificación).

Referencias

Bailey, R.G. "Integrated Approaches to Classifying Land as Ecosystems" *in* Proceedings of the Workshop of Land Evaluation for Forestry: International Workshop of the IUFRO/ISSS (Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1980), pp. 95-109.

Chow, V.T. Handbook of Applied Hydrology (New York: McGraw-Hill, 1964).

Daubenmire, R.F. Plants and Environment, 2nd ed. (New York: John Wiley and Sons, 1964).

Dregne, H.E. Desertification of Arid Lands, Vol. 3 of Advances in Desert and Arid Land Technology and Development (Chur, Switzerland: Harwood Academic Publishers, 1983).

Food and Agriculture Organization (FAO). World Map of Desertification. Prepared for the United Nations Conference on Desertification, Nairobi, 1977 (Document A/CONF.74/2.FAO/ WMO/UNEP, 1977).

Holdridge, L. Life Zone Ecology (San José, Costa Rica: Tropical Science Center, 1967).

Mabbutt, J.A. "Climatic and Ecological Aspects of Desertification" in Nature and Resources, vol. XIII, no. 2:3-9 (1967).

Organización de Estados Americanos. Planificación del Desarrollo Regional Integrado: Directrices y Estudios de Casos Extraídos de la Experiencia de la OEA (Washington, D.C.. 1984).

- Environmental Quality and River Basin Development: A Model for Integrated Analysis and Planning (Washington D.C.: Organization of American States, 1978).

Odum, E.P. Ecology (New York: Holt, Rinehart and Winston, 1963).

Reining, P. Handbook of Desertification Indicators (Washington D.C.: American Association for the Advancement of Science, 1978).

United Nations Conference on Desertification (Document and Maps. A/CONF. 74/31. 1977).

Wilhite, D.A., and Glantz, M.H. "Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions" *in* Planning for Drought: Toward a Reduction of Societal Vulnerability (Boulder, Colorado: Westview Press, 1987).

Apéndice

TERMINOS DE REFERENCIA PARA ESPECIALISTAS SELECCIONADOS EN EL ANALISIS DE PELIGROS DE DESERTIFICACION

Como se describe en el texto, el proceso de desertificación es un complejo de varios y diversos fenómenos que conducen a la disminución de la capacidad del lugar para producir biomasa. Como consecuencia, una evaluación de este proceso para propósitos de la planificación requiere el conocimiento experto de especialistas en varias disciplinas diferentes, incluyendo climatología y meteorología, suelos, agronomía, manejo de campos de pastoreo, antropología, política científica, y economía. Cualquier información que se busque debe de conducir al mismo fin y cualquier información que se logre debe ser compartida - aún debatida • si el resultado final ha de ser atenuar en vez de intensificar la desertificación. Cada etapa de la planificación requerirá información de estos sectores en un detalle progresivamente mayor en cada etapa sucesiva. Así, en general, estos términos de referencia servirán a todas las etapas de la planificación, aunque para cada etapa específica deberán ser modificados para satisfacer los requerimientos de escala y objetivos.

La Misión Preliminar, por supuesto, no tiene representación de todas las especialidades. Más bien, las personas que son miembros de la misión preliminar, deben de ser suficientemente "generalistas" para entender los tipos de información necesaria para cualquier especialista que participe en las etapas posteriores de la planificación. La Fase I, por otro lado, ha de requerir especialistas de varios sectores para recolectar y organizar la información solicitada durante la Misión Preliminar y preparar la información para la Fase II.

En las secciones que siguen, se presenta el aporte de la información de cada especialista sectorial al trabajo de los otros para las Fases I y II. Al hacer esto, también se identifica la producción de información requerida por cada sector.

INGRESO DE INFORMACION CLIMATOLOGICA/METEOROLOGICA A LOS SECTORES DE:

1. **HIDROLOGIA:** Registros de precipitación y temperaturas, especialmente promedios mensuales; conclusiones respecto a si las tormentas son frontales o gráficas. Información respecto a la ubicación e historias de estaciones en la región (importante para la interpretación de datos y para los archivos de datos que puedan faltar).
2. **SUELOS:** Precipitación total y la temperatura media, alta y baja. Indicaciones del tipo y de la distribución estacional de la precipitación y del tipo e intensidades de los vientos.
3. **ADMINISTRACION DE CAMPOS DE PASTOREO:** Registros de precipitación y temperatura, con promedios mensuales. Una indicación de las características del viento.
4. **AGRONOMIA:** Registros de precipitación y temperaturas, especialmente promedios mensuales. Temperaturas bajas extremas. Indicaciones del fotoperíodo y de intensidades óptimas de luz solar sobre la manera como influyen en los ciclos de vida de las principales especies nativas y cualquier planta exótica que se esté recomendando. Conclusiones respecto a si las tormentas son frontales u orográficas.
5. **ECONOMIA:** Promedios mensuales de precipitación y temperatura y cualquier

indicación de variación geográfica.

6. **ANTROPOLOGIA:** Variación estacional en temperatura y precipitación. Variación geográfica en períodos de lluvia particularmente pesada o de condiciones sostenidas de temperaturas extremas, durante largos períodos.

7. **POLITICA CIENTIFICA:** Registros indicando extremos de precipitación o temperaturas que podrían resaltar períodos de sequía o inundaciones. Nombres y direcciones de funcionarios y programas de agencias nacionales, regionales y locales que abarcan el manejo y la operación de estaciones climatológicas/ meteorológicas, proyectos y programas.

INGRESO DE INFORMACION HIDROLOGICA A LOS SECTORES DE:

1. **CLIMATOLOGIA/METEOROLOGIA:** Ubicación y relevancia de cualquier estación, proyecto, programa o institución, en la región que está siendo estudiada, que tienen mandato, proyectos, o programas en climatología/meteorología.

2. **SUELOS:** Inventario de mapas existentes que muestren las cuencas/las cuencas fluviales, topografía, y geología; indican escalas, fechas, fuente y si fuera posible, ejemplos de tales mapas.

3. **ADMINISTRACION DE CAMPOS DE PASTOREO:** Requerimientos similares a aquellos de los suelos. Fuentes actuales y potenciales de agua de superficie y subterránea que podrían ser usadas para la ganadería.

4. **AGRONOMIA:** Indicación de fuentes actuales y potenciales de agua para irrigación y la agroindustria, incluyendo algunos datos sobre la periodicidad de menores flujos.

5. **ECONOMIA:** Datos físicos (flujos, almacenamiento, uso de agua para energía, irrigación, industria, centros urbanos, recreación, fauna silvestre, pesca) para calcular la confiabilidad de cifras de costos y de utilidades. Información dada al sector agua para anterior construcción, operación y mantenimiento de estructuras. Estimados de productos tales como el agua usada para riego, energía, industria, o propósitos urbanos.

6. **ANTROPOLOGIA:** Uso del agua por la población. Fuentes de agua de superficie y subterránea. Indicaciones de la fuente más común (puquiales, pozos abiertos, ríos, lagos, pozos profundos, cisterna), confiabilidad de las fuentes.

7. **POLITICA CIENTIFICA:** Número de comunidades/individuos que hacen uso del recurso agua y para que propósitos. Aumento y disminución en promedio de la profundidad del reservorio durante el año. Nombres y direcciones de agencias que tienen mandato para el manejo de recursos hídricos y/o en la operación de presas y reservorios.

INGRESO DE INFORMACION DE ESPECIALISTAS EN SUELOS A LOS SECTORES DE:

1. **CLIMATOLOGIA/METEOROLOGIA:** Identificar, ubicar y obtener todos los mapas topográficos y de vegetación disponibles.

2. **HIDROLOGIA:** Ubicación, tipo, y extensión de la erosión. Ubicación, tipo de sedimentación.

3. **ADMINISTRACION DE CAMPOS DE PASTOREO:** Uso presente de tierras. Capacidad

general del uso de tierras. Mapas topográficos. Erosividad del suelo.

4. AGRONOMIA: Uso presente de tierras. Capacidad general de uso de suelos. Mapas topográficos y de uso de tierras.

5 ECONOMIA: Datos de producción con referencia a clases de capacidad de suelos.

6. ANTROPOLOGIA: Uso presente de tierras. Capacidad general de uso de tierra.

7. POLITICA CIENTIFICA: Información sobre todas las instituciones que tienen mandato, proyectos, y programas asociados con la ciencia de los suelos.

INGRESO DE INFORMACION DEL ESPECIALISTA EN MANEJO DE CAMPOS DE PASTOREO A LOS SECTORES DE:

1. CLIMATOLOGIA/METEOROLOGIA: Fechas de problemas para la actividad ganadera, especialmente si estuvieran relacionadas con clima/tiempo.

2. HIDROLOGIA: Mapa mostrando la distribución de ganado, número y clase de ganado.

3. SUELOS: Mapa mostrando la distribución de ganado por clase y número.

4. AGRONOMIA: Mapa mostrando el uso de tierras para fines agrícolas, incluyendo información sobre intensidad de uso, y proyecciones para uso futuro.

5. ECONOMIA: Datos de producción por región/zona y por clase de ganado. Estimado de los ingresos requeridos por el sector ganadero (cercos, control de enfermedades, establos, etc.).

6. ANTROPOLOGIA: Información sobre las actividades relacionadas al ganado durante el año. Clases de ganado y número por familia. Usos especiales o significado del ganado para el dueño o pastor.

7. POLITICA CIENTIFICA: Información sobre cualquier agencia o institución con mandato sobre manejo de ganado, investigación o mercadeo, y sus proyectos y programas (agencias nacionales e internacionales así como públicas y privadas).

INGRESO DE INFORMACION DEL ESPECIALISTA EN AGRONOMIA A LOS SECTORES DE:

1. CLIMATOLOGIA/METEOROLOGIA: Definición de requerimiento de datos por el sector agrícola.

2. HIDROLOGIA: Distribución del uso de tierras agrícolas en la región, incluyendo datos sobre los tipos de cosecha (anual, perenne) y métodos culturales que se usan (graficados si fuera posible). Información sobre el año agrícola (período de preparación de tierras, sembrío, cultivo, cosecha).

3. SUELOS: Información para el hidrólogo, incluyendo datos generales sobre estabilidad de suelos (áreas erosionadas o en proceso de erosión).

4. ADMINISTRACION DE CAMPOS DE PASTOREO: Las relaciones entre la agricultura y las actividades de ganadería. Fuentes potenciales de forraje, sea cortado o en pie. Información sobre el año agrícola.

5. **ECONOMIA:** Datos de producción (tanto históricos como actuales). Información general sobre ingresos (químicos para la agricultura, mano de obra, créditos, subsidios, etc.) y sobre productos (precios, producción y cifras de mercadeo). Uso de mano de obra intermediaria.

6. **ANTROPOLOGIA:** Información sobre el uso de mano de obra de la familia durante el año agrícola; uso de mano de obra itinerante; uso de productos y servicios de la granja (privada o colectiva) y de las tierras silvestres cercanas (especies silvestres para alimento, fibra, medicina, leña, y materiales de construcción).

7. **POLITICA CIENTIFICA:** Información sobre legislación agrícola y políticas que afectan a los granjeros de la región. Copia de la legislación y de políticas. Información sobre la organización de instituciones públicas, cualquiera que tenga que ver directamente con el sector agrícola.

INGRESO DE INFORMACION DEL ECONOMISTA A LOS SECTORES DE:

1. **CLIMATOLOGIA/METEOROLOGIA:** Pronunciamento del economista respecto a necesidad de datos específicos del sector climatológico/meteorológico.

2. **HIDROLOGIA:** Información generalizada sobre costos y precios de insumos y productos para el sector de consumo de agua. Información sobre tasas de descuento, endeudamiento y comportamiento histórico-económico del sector de consumo de agua. Costos de sedimentación de la infraestructura de consumo de agua; determinar a quien se asignan los costos.

3. **SUELOS:** Pronunciamento del economista respecto a datos específicos que una revisión económica ha de requerir del especialista en suelos.

4. **MANEJO DE CAMPOS DE PASTOREO:** Pronunciamento del economista respecto a los datos que una revisión económica ha de requerir del sector de manejo de campos. Información general sobre el comportamiento económico-histórico (endeudamiento, éxitos y fracasos del mercado, etc.) del sector de manejo de campos.

5. **AGRONOMIA:** Pronunciamento del economista respecto a los datos que requerirá una revisión económica del sector agrícola. Información general sobre el comportamiento histórico-económico (endeudamiento, éxito y fracasos del mercado, etc.) del sector agrícola.

6. **ANTROPOLOGIA:** Información general sobre la participación de la población regional en los sectores económicos formales e informales. Distribución de ingresos; endeudamiento; rol del crédito y de instituciones crediticias. Fuente y disponibilidad de energía (leña, carbón, otra biomasa).

7. **POLITICA CIENTIFICA:** Datos sobre tendencias económicas. Estructura y políticas de instituciones públicas de economía. Información sobre la situación económica de los ministerios de gobierno.

EL INGRESO DE INFORMACION DEL ANTROPOLOGO A LOS SECTORES DE:

1. **CLIMATOLOGIA/METEOROLOGIA:** El esquema de los requerimientos que tiene el antropólogo de datos del sector climatológico/meteorológico.

2. **HIDROLOGIA:** Opinión del antropólogo sobre el requerimiento del sector hidrología. Información de las habilidades y disposición de la población regional a adaptarse a usos específicos del agua (diferentes tipos de irrigación). Información generalizada sobre fuentes y uso de agua doméstica (incluyendo calidad de agua, capacidad para usar y pagar por la energía hidro-derivada).
3. **SUELOS:** Esquema de los requerimientos del antropólogo para el especialista en suelos. Información sobre áreas de la región que tienen un significado histórico especial socio-cultural para la población.
4. **MANEJO DE CAMPOS DE PASTOREO:** Proporcionar información sobre las características especiales, creencias, y necesidades de la población regional que indican adaptación a prácticas de manejo de ganado, o el uso de las mismas. Información sobre las necesidades culturales existentes que podrían dictar las prácticas de manejo de ganado.
5. **AGRONOMIA:** Proporcionar información de las características, creencias, y necesidades de las poblaciones regionales que podrían indicar adaptación a, o uso de, prácticas agrícolas especiales. Información sobre necesidades culturales existentes que podrían indicar prácticas agrícolas aceptables o inaceptables. Fuentes y suministro de energía (leña, carbón de palo, y otra biomasa).
6. **ECONOMIA:** Información de las características especiales, creencias y necesidades de las poblaciones regionales que indicarían su participación en actividades económicas de la región. Información sobre tenencia de la tierra. Fuente y suministro de energía, especialmente leña y carbón de palo.
7. **POLITICA CIENTIFICA:** Información sobre cualquier relación especial, tribal o de otros grupos, que podría influir sobre la organización política, toma de decisiones y acciones en la región.

INGRESO DE INFORMACION DEL ESPECIALISTA EN POLITICA CIENTIFICA A LOS SECTORES DE:

1. **CLIMATOLOGIA/METEOROLOGIA:** Arreglos institucionales (internacional, nacional, regional; científico, agencias de línea) que tienen que ver con el tema general de climatología y meteorología.
2. **HIDROLOGIA:** Arreglos institucionales, estructuras y políticas de agencias internacionales, nacionales, regionales, científicas y de línea que tienen que ver con el tema general de la hidrología.
3. **SUELOS:** Arreglos institucionales y políticas a todo nivel de gobierno que tienen que ver con el tema general de suelos (cuáles agencias llevan a cabo estudios de suelos, cuáles tienen responsabilidad de las actividades de conservación de suelos, cuáles hacen investigación, etc.).
4. **MANEJO DE CAMPOS DE PASTOREO:** Arreglos institucionales y políticas a todo nivel que tienen que ver con el tema general de administración de praderas.
5. **AGRONOMIA:** Arreglos institucionales y políticas de gobierno a todo nivel que tienen

que ver con el tema general de la agricultura.

6. ECONOMIA: Arreglos institucionales y políticas a todo nivel que tienen que ver con el tema general de la economía, finanzas y mercadeo.

7. ANTROPOLOGIA: Arreglos institucionales y políticas de gobierno a todo nivel relevante a la región en cuestiones que tengan que ver con la salud y el bienestar de las poblaciones regionales, incluyendo pueblos indígenas y sus migraciones y actividades.

OTROS ESPECIALISTAS

Podrían requerirse otros especialistas según lo que se encuentre en cada una de las etapas de la planificación. Por ejemplo, en base a conocimientos expertos en el análisis de sistemas, se necesitaría un asesor sobre manejo ambiental, al inicio del proceso, para ayudar a desarrollar términos de referencia mutuamente compatibles para los especialistas sectoriales.

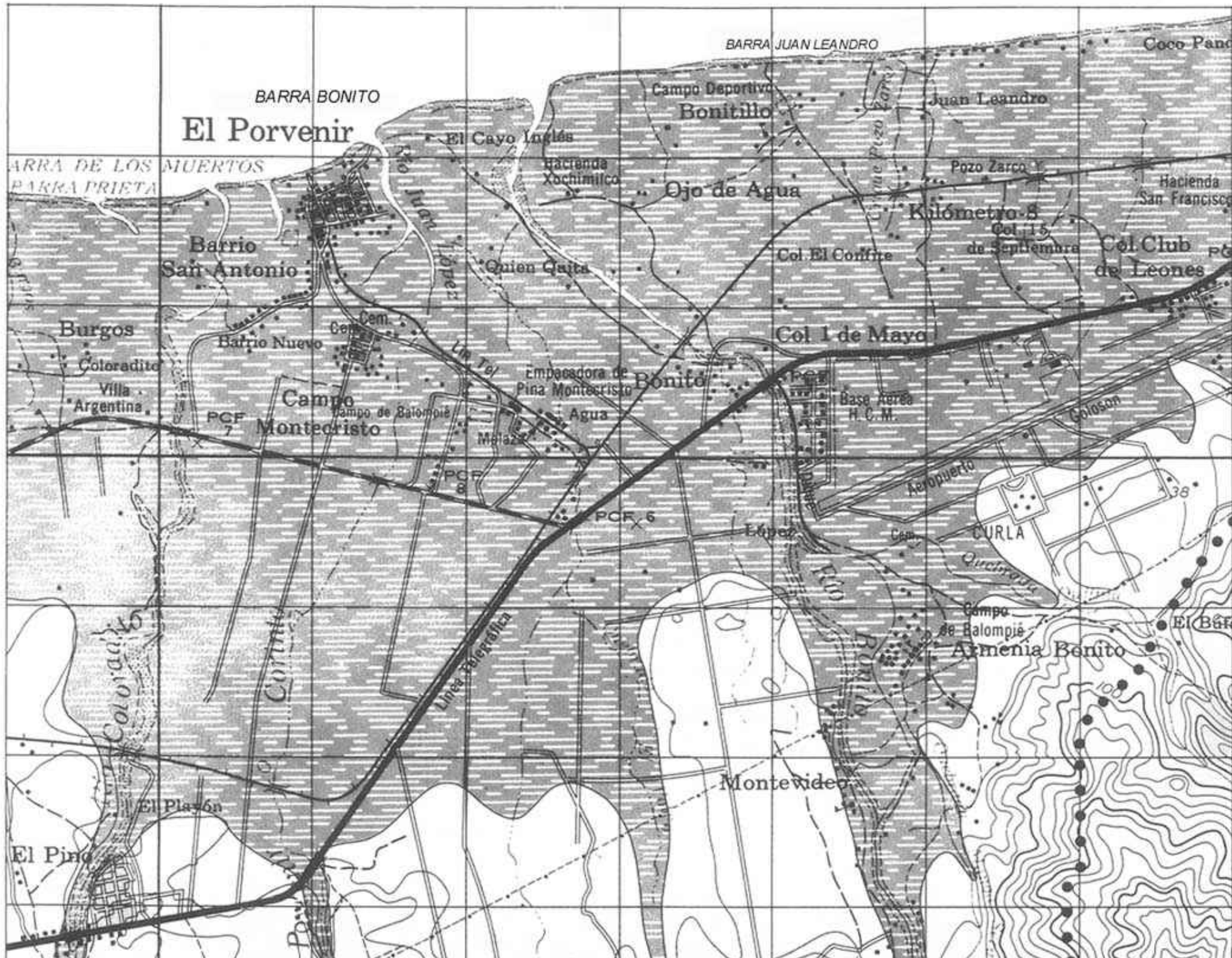
Durante la Misión Preliminar, el trabajo del consultor sobre manejo ambiental sería:

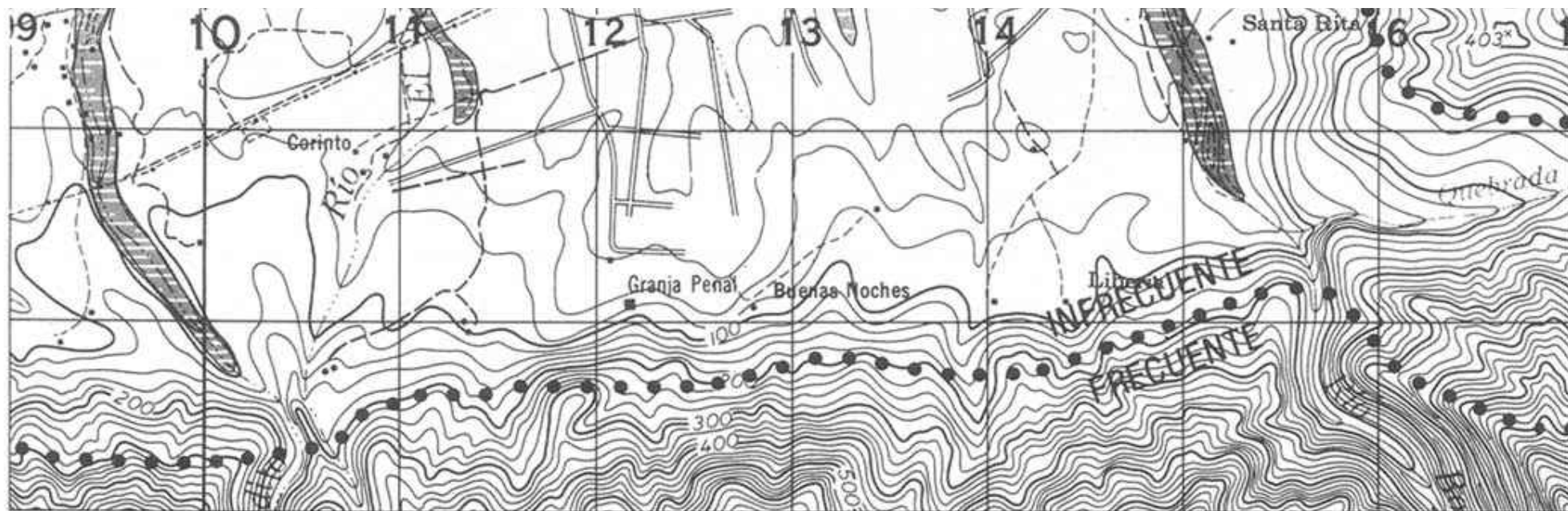
- Preparar una breve descripción de los principales ecosistemas donde la intervención humana presente y propuesta ha de llevarse a cabo;
- Revisar las actividades de desarrollo propuestas y existentes dentro y alrededor de los sistemas de interés:
- Hacer un listado de los peligros naturales que han ocurrido anteriormente en los sistemas que se están interviniendo, incluyendo vientos, erosión, incendios, sequías de mediano y largo plazo;
- Un listado de los servicios naturales que controlan o atenúan en cierto grado los peligros naturales enumerados arriba.

En etapas posteriores, y con ayuda de otros sectores y disciplinas, el especialista describirá y evaluará las relaciones entre estos servicios y la estructura del sistema y su función; cuáles influyen positiva o negativamente sobre el peligro de desertificación y cómo influenciarán los servicios de control (atenuación o intensificación), las actividades propuestas. Durante las etapas posteriores de la Fase I y en la Fase II, el especialista deberá sugerir estudios que conducirán al buen "manejo" de los procesos de desertificación.

Algunas de las actividades de los especialistas anteriores pueden ser realizadas por otros. Por ejemplo, un especialista en selvicultura debería estar involucrado en gran parte de la actividad de obtención de datos respecto al uso y suministro de leña, carbón de palo, y otra biomasa para propósitos energéticos, así como el uso de productos de bosques para otras actividades (materiales de construcción, construcciones de todo tipo). En muchos casos un geomorfólogo o un fluviomorfólogo debería estudiar los procesos de erosión y sedimentación.

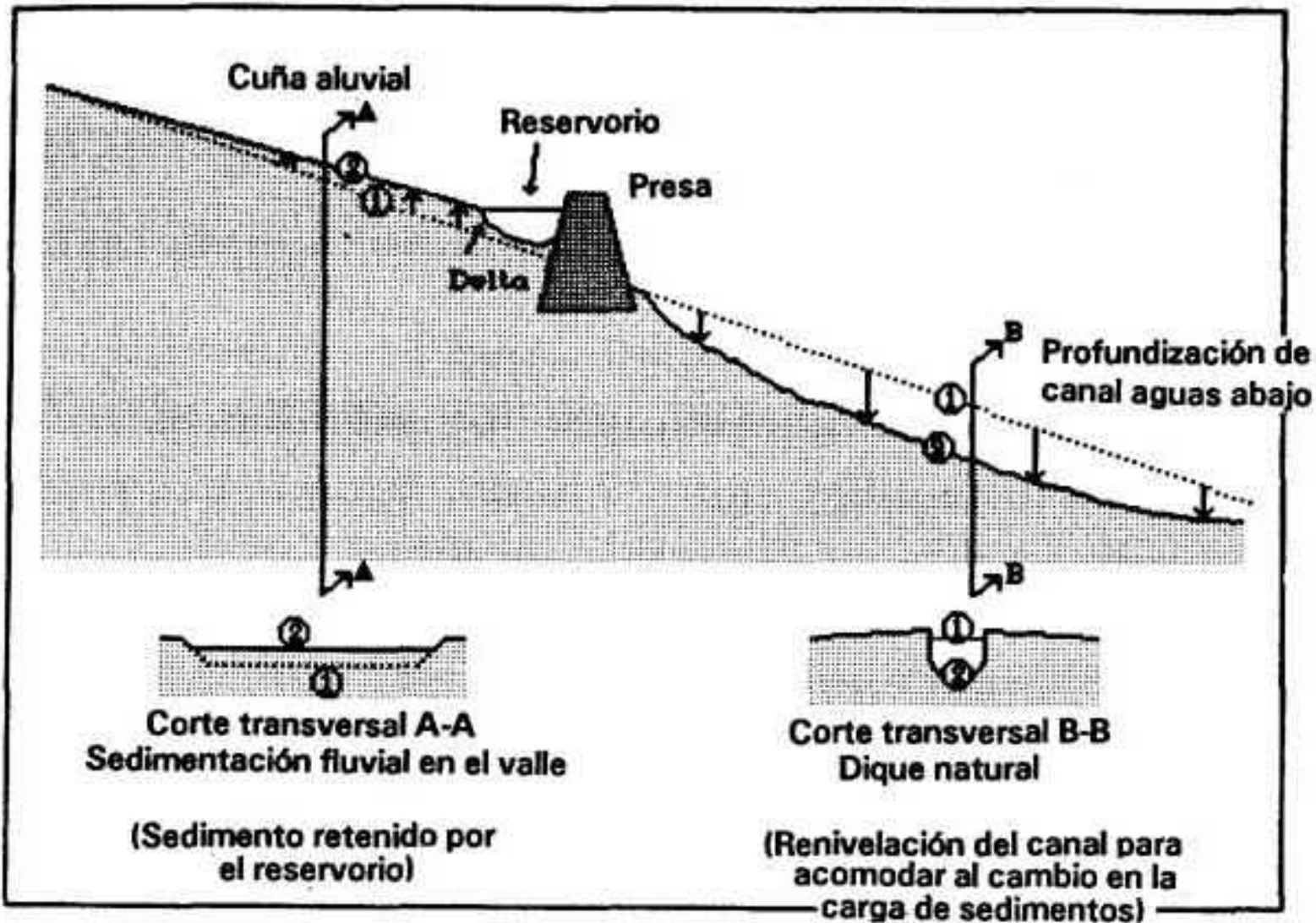


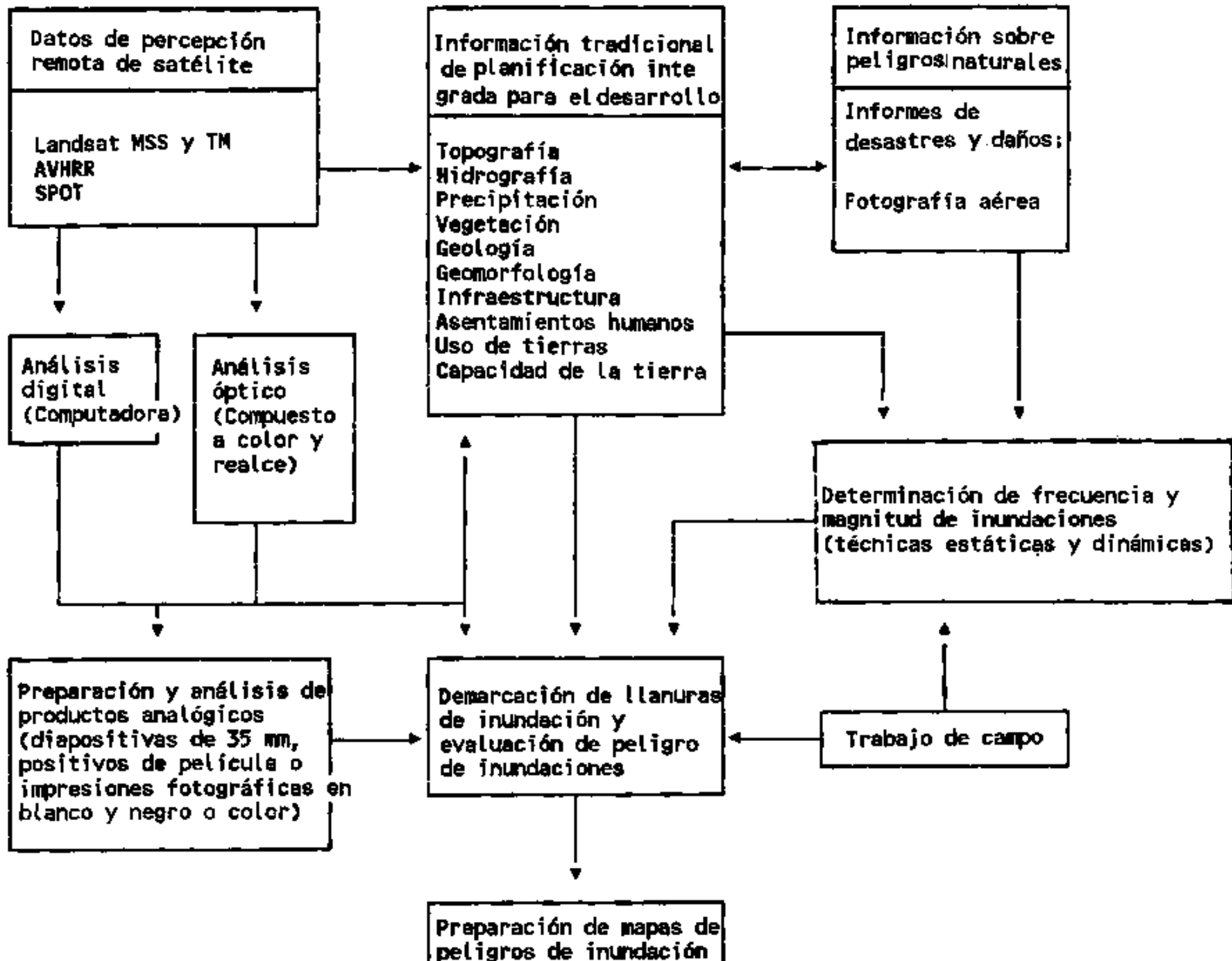




Llanura de inundación de 100 años (aproximada)

Scale: 1:50,000

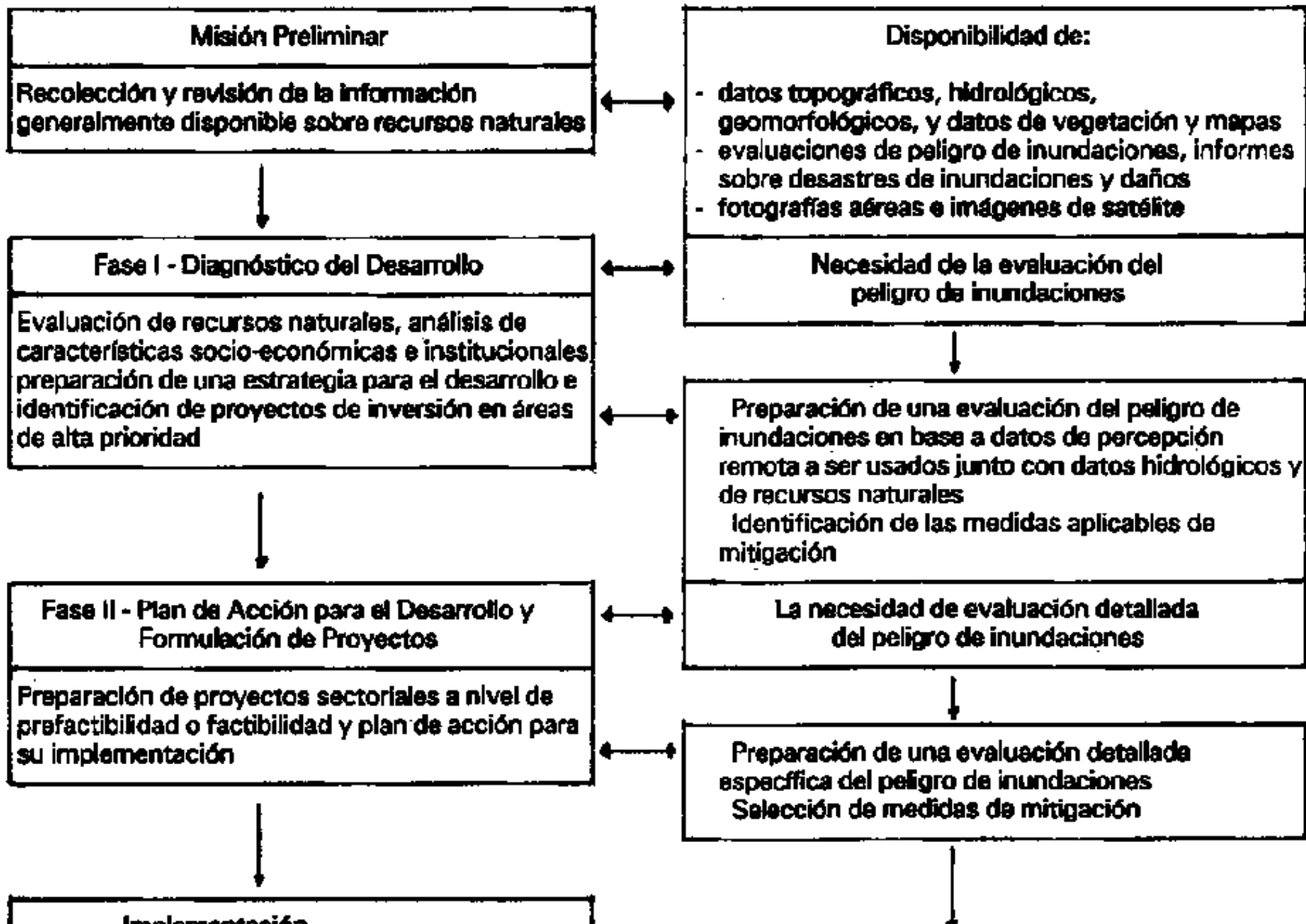


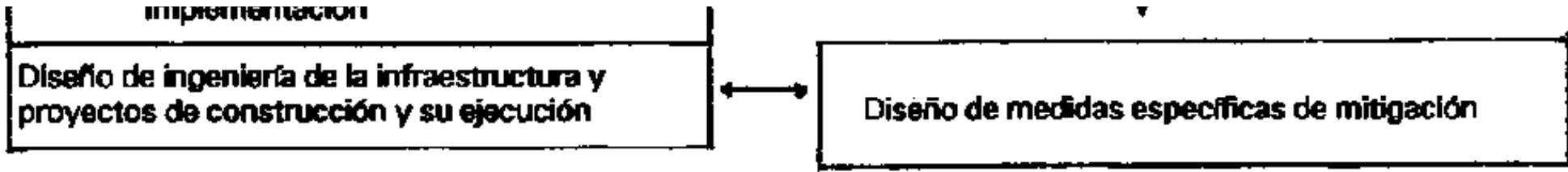




ACTIVIDADES PARA ESTUDIO DE DESARROLLO GENERAL

EVALUACION DE PELIGROS DE INUNDACION





SATELITES
(Plataforma)

Landat 1,2 y 3

Landat 4 y 5

SENSORES
(Sistema de colección de datos)

Barredor Multiespectral (MSS)

Barredor Multiespectral (MSS)
Thematic Mapper (TM)

FORMATO DE DATOS

Transparencias en positivo de película de 70mm (escala: 1:3,369,000) o positivos de 280 mm (escala: 1:1,000,000)

Cintas compatibles con computadoras (CCTs)
7 bandas
1600 BPI
6250 BPI

ANALISIS DE PROCESAMIENTO DE IMAGEN Y PROCESO DE COMPOSICION

Técnicas especiales de laboratorio fotográfico

Sistema de visor color-aditivo (técnica foto-óptica) 4 canales

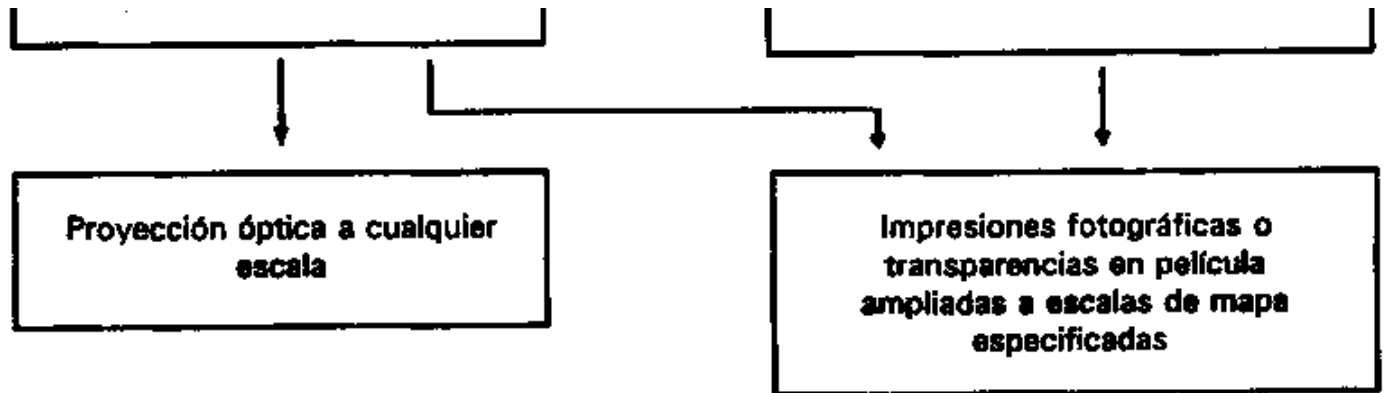
Sistema para análisis multiespectral realizado por computadora 4-7 canales

PRODUCTO

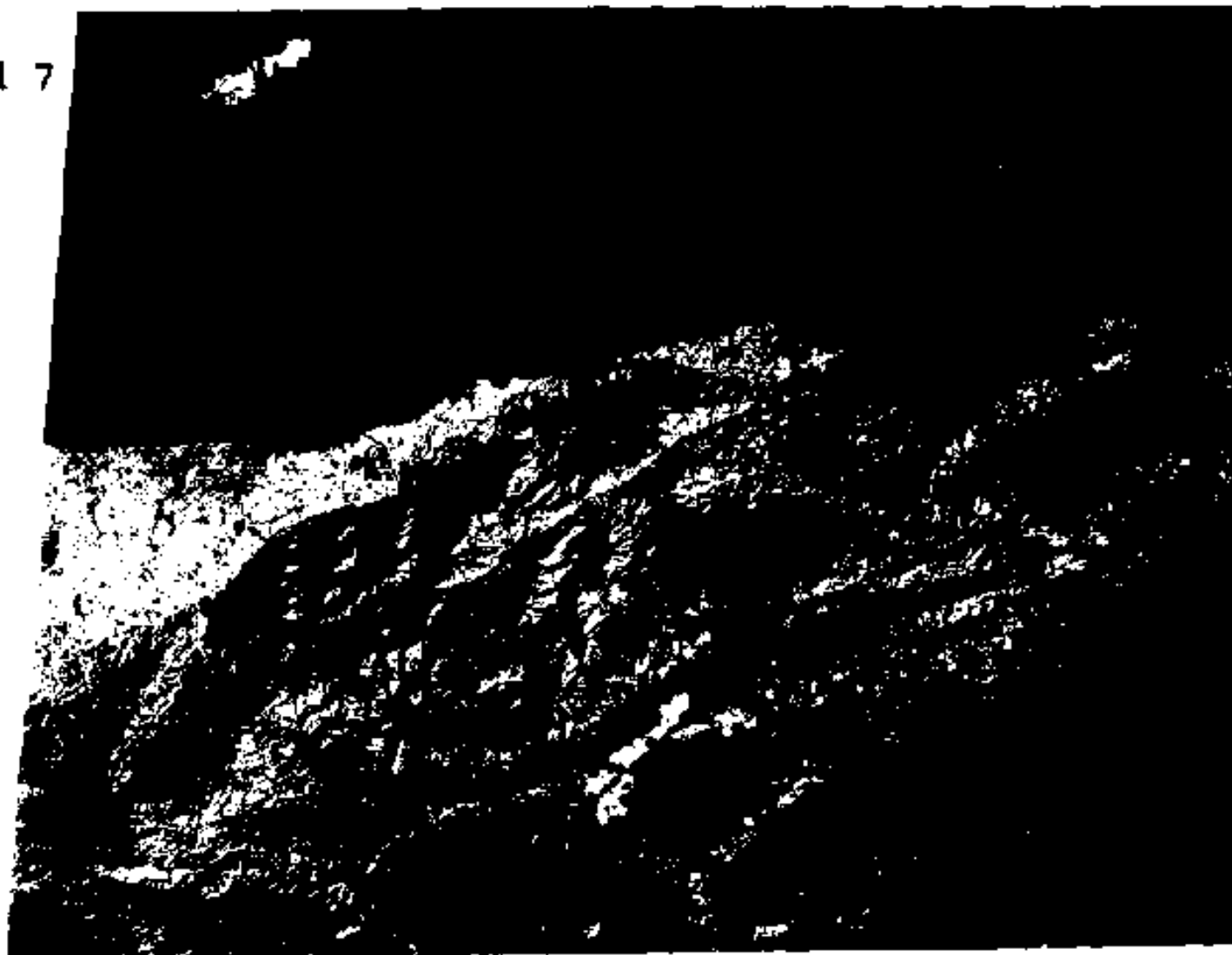
Diapositivas de 35 mm de cada banda más escenas individuales o sub-escenas y compuestos temporales

Negativos en película 4" x 5" multiespectrales blanco y negro a color de escenas o sub-escenas y compuestos temporales

**PRODUCTO PARA USO CON
MAPA DE BASE**

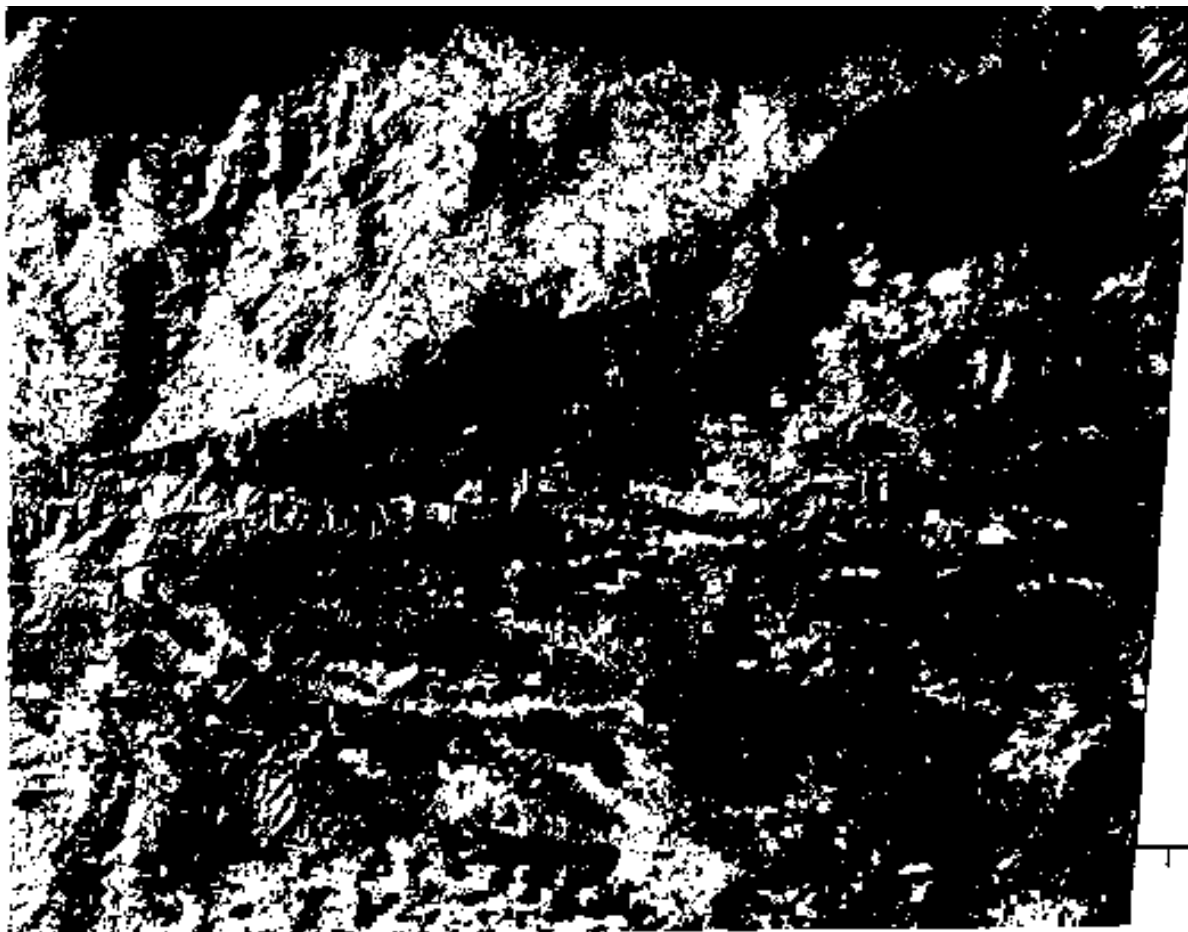


Landsat-1 MSS band 7
(path 18/row 49)
December 19, 1973



Traslape de 53km

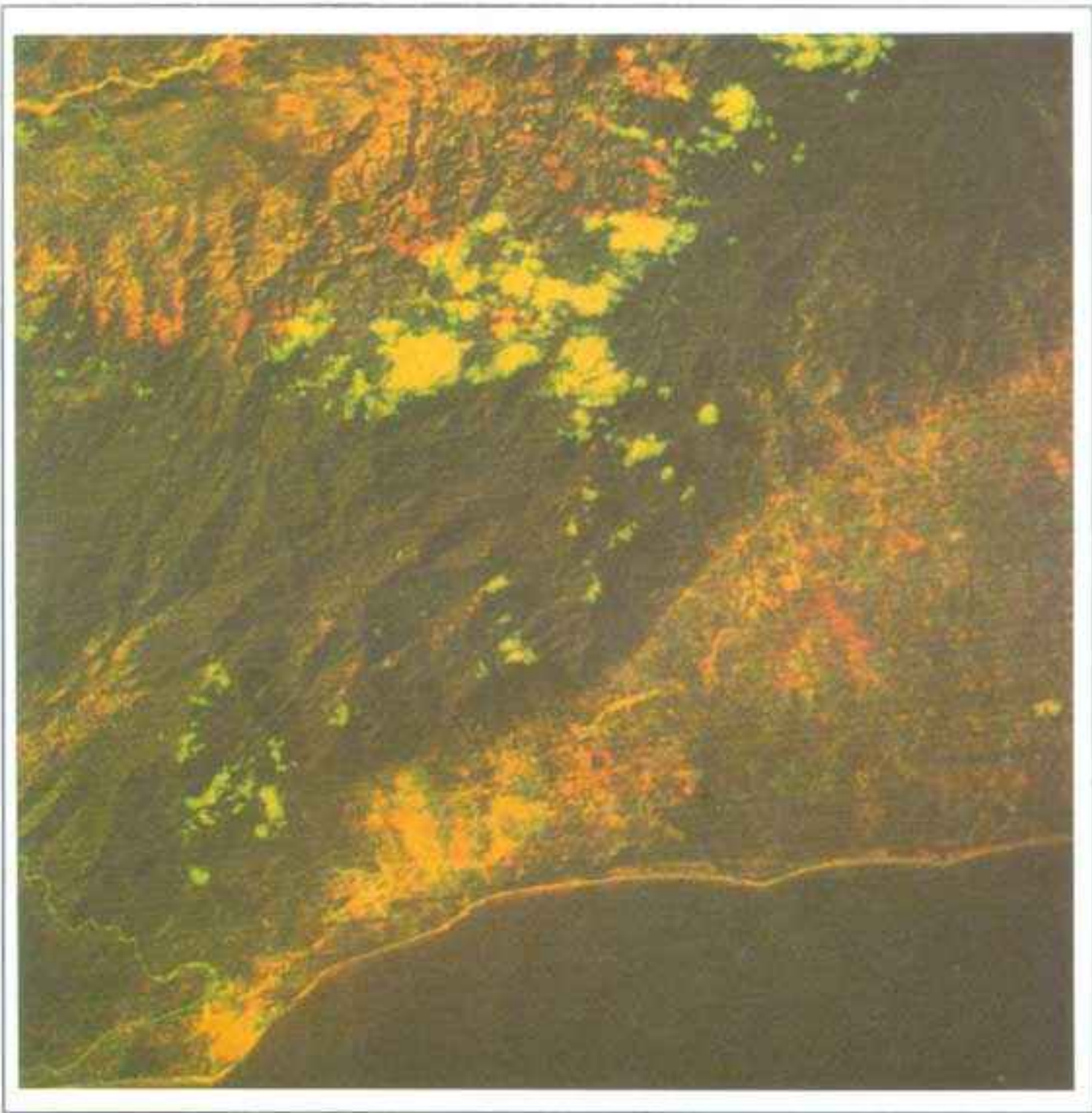
para el análisis temporal



100-01-02

100-01-02

Landsat-2 MSS band 7
(path 19/row 49)
December 3, 1978



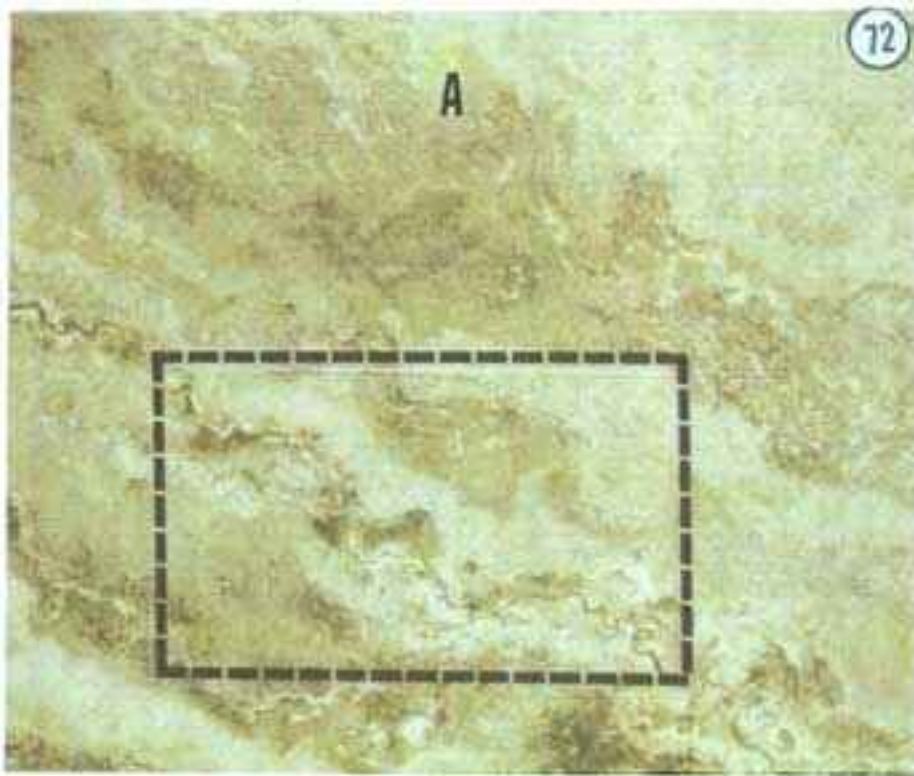
Leyenda:

Guía de interpretación del compuesto temporal de imágenes Landsat tomadas en 1973 y 1978:

Amarillo: ningún cambio significativo entre las dos fechas.

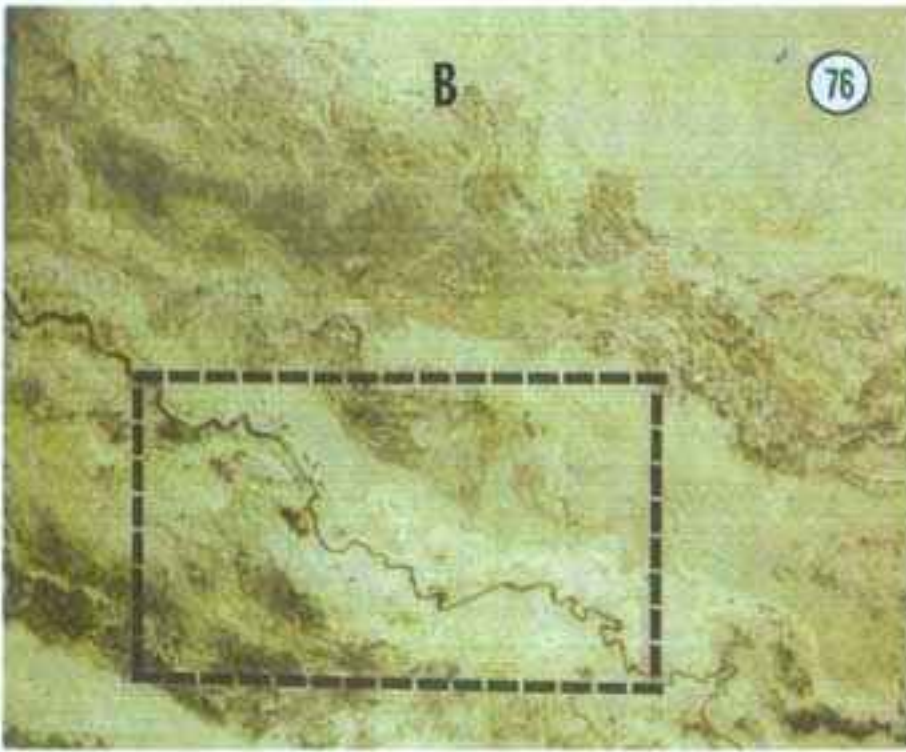
Rojo: condiciones pre-existentes en 1973.

Verde: nuevas condiciones en 1978.



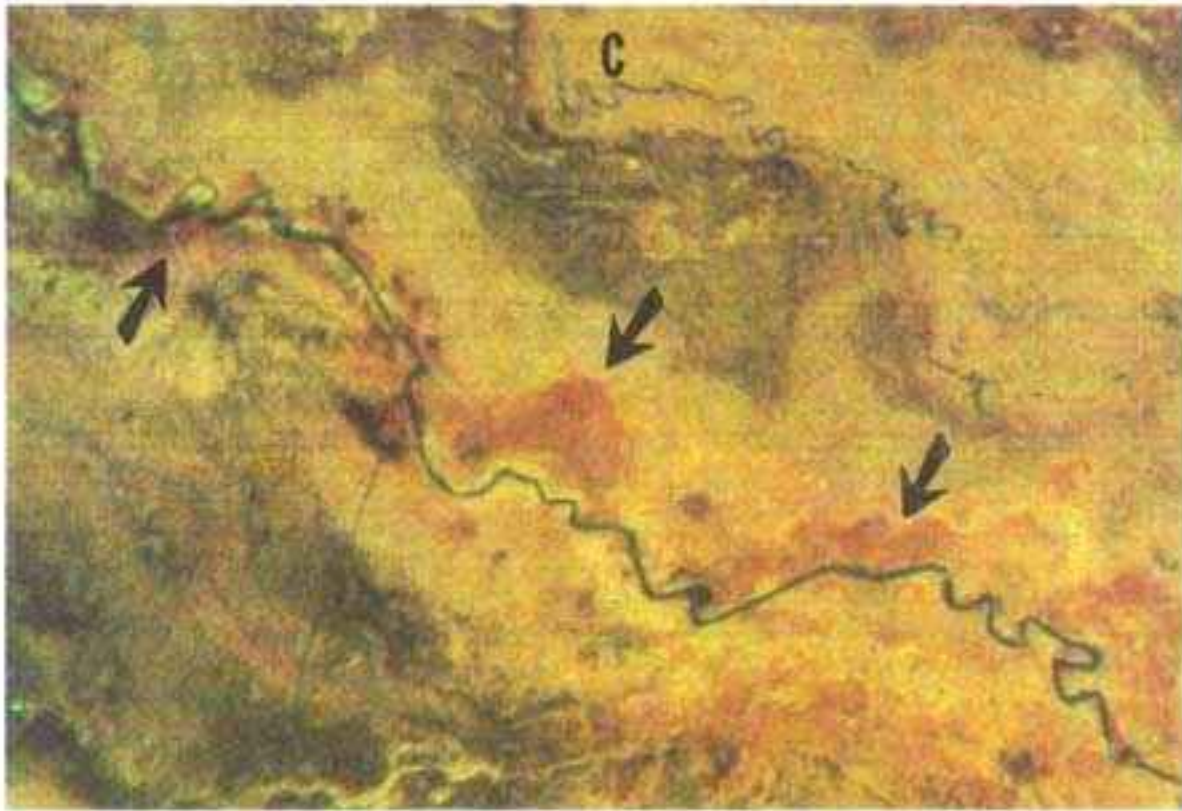
Leyenda:

- A. Negativo LANDSAT-1 MSS banda-5
Sub-escena (path 245/row 76) que cubre parte de la
cuenca del río Pilcomayo.
Obtenida setiembre 1, 1972.



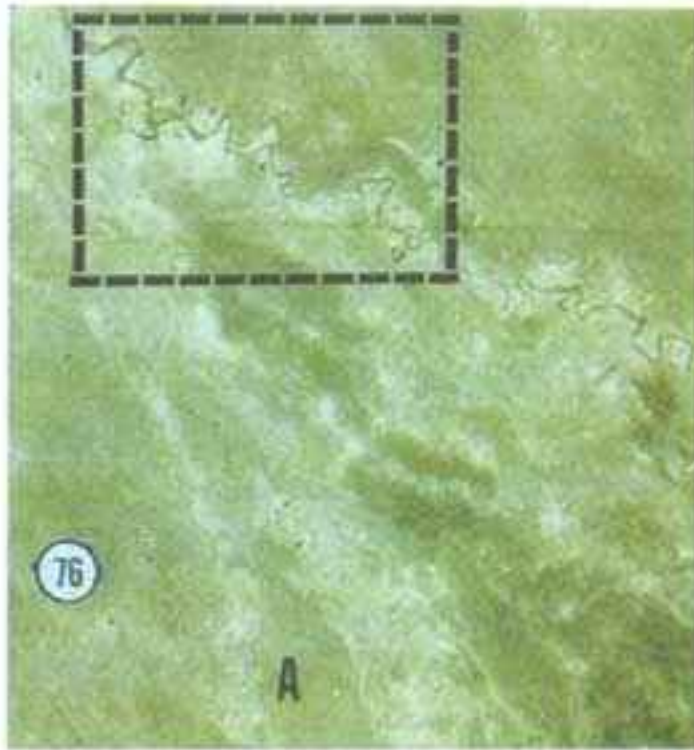
Leyenda:

- B. Negativo LANDSAT-2 MSS banda 5**
Sub-escena (path 245/row 76) cubriendo la misma
porción de la cuenca del río Pilcomayo como "A" arriba.
Obtenida marzo 29, 1976.



Leyenda:

- C.** Compuesto temporal de sub-escenas A y B.
Las flechas indican las áreas de deposición de sedimentos en el intervalo entre 1972 y 1976.



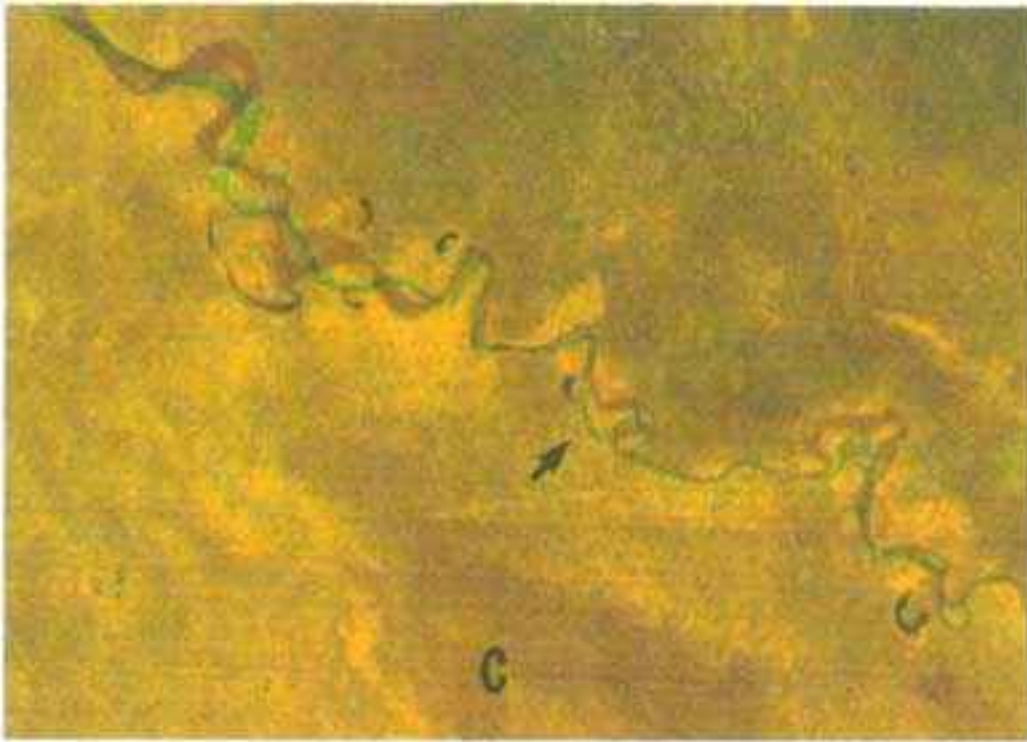
Leyenda:

- A. LANDSAT-2 MSS banda-7. Sub-escenas mostrando un tramo del río Pilcomayo.
Obtenida marzo 30, 1976.**



Leyenda:

- B. LANDSAT-4 MSS banda-7. Sub-escenas mostrando el mismo tramo del río Pilcomayo como en "A" arriba. Obtenida octubre 12, 1982.



Leyenda:

- C. Diagrama mostrando el cambio del curso del río Pilcomayo desde 1976 hasta 1982.



Capítulo 10. Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra

[A. Visión general de la cartografía del peligro de deslizamientos de tierra y el proceso de planificación para el desarrollo](#)

[B. Deslizamientos de tierra, evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, y áreas a ser consideradas](#)

[C. Cartografía de factores físicos y preparación de un mapa del peligro de deslizamientos de tierra](#)

[Conclusión](#)

[Referencias](#)

[Apéndice](#)

RESUMEN

Este capítulo presenta (1) términos importantes, conceptos y consideraciones relacionadas con la susceptibilidad a deslizamientos de tierra; (2) una técnica - cartografía de zonificación de peligros- para el examen de los riesgos de deslizamientos; y (3) los temas críticos que deben ser tratados al incorporar los peligros de deslizamientos al proceso de planificación para el desarrollo.

En 1974, uno de los deslizamientos de tierra más grandes en la historia ocurrió en el valle del río Mantaro en los Andes del Perú (Hutchinson and Kogan, 1975). Una laguna temporal fue formada cuando el deslizamiento represó el río Mantaro causando la inundación de granjas, tres puentes, y unos veinte kilómetros de carretera. Casi 500 personas en el pueblo de Mayunmarca y en sus alrededores perdieron la vida. Este desastre es un ejemplo del potencial destructivo de los deslizamientos de tierra y el por qué son considerados como peligros. Si bien no todos los deslizamientos producen catástrofes, los daños causados por muchos pequeños pueden ser igual a o exceder el impacto de un solo gran deslizamiento. Así, los deslizamientos tanto grandes como pequeños son capaces de causar daños significativos y pérdidas de vida.

El propósito del método que se describe en este capítulo es la evaluación del peligro relativo de deslizamientos de tierra. Su producto primario, un mapa de peligro de deslizamientos de tierra, proporciona a los planificadores un método práctico y costo-efectivo para zonificar áreas susceptibles a deslizamientos.

El método puede ser utilizado tanto por planificadores como por los técnicos especialistas en deslizamientos. El planificador logrará un conocimiento operativo de los conceptos y consideraciones

para incorporar la evaluación del peligro de deslizamientos al proceso de planificación, usando un nivel adecuado de evaluación para cada etapa del proceso, y así podrá formular las preguntas apropiadas al técnico especialista y preparar los términos de referencia que aseguren que se ha de obtener la información necesaria. El técnico especialista encontrará una revisión de los temas sobre el peligro de deslizamientos y lineamientos para realizar la zonificación de deslizamientos. Como frecuentemente es el caso en el manejo de peligros naturales, los estudios de planificación son el vínculo entre la información científica y el proceso general de planificación para el desarrollo.

El método presentado, uno de varios que están disponibles, tiene las siguientes características:

- Se hace uso de diversos mapas temáticos e información de percepción remota, generalmente disponible para un estudio de desarrollo.
- Está diseñado para proporcionar información apropiada sobre el peligro de deslizamientos, para cada una de las etapas del proceso de planificación.
- Se utiliza la susceptibilidad relativa a deslizamientos, como medida del peligro potencial en el área.
- Es aplicable a regiones con diferentes características geomorfológicas y de vegetación.
- Generalmente puede ser utilizado dentro de las restricciones de tiempo y presupuesto de un estudio de planificación.

A. Visión general de la cartografía del peligro de deslizamientos de tierra y el proceso de planificación para el desarrollo

[1. Determinación de riesgo aceptable](#)

[2. Cartografía del peligro de deslizamientos de tierra](#)

[3. La integración de mapas de zonificación de peligros de deslizamiento de tierra al proceso de planificación para el desarrollo](#)

La susceptibilidad de determinada área a los deslizamientos se puede determinar y describir en base a la zonificación del peligro. Se puede preparar un mapa del peligro de deslizamientos muy al inicio del estudio de planificación y desarrollarlo en mayor detalle a medida que avanza el estudio. Se puede usar como herramienta para identificar las áreas de terrenos mejor caracterizadas para el desarrollo, examinando el riesgo potencial de los deslizamientos. Aún más, una vez que se identifique la susceptibilidad a los deslizamientos, se pueden desarrollar proyectos de inversión que eviten, prevengan o mitiguen significativamente el peligro.

Para determinar la extensión del peligro de deslizamientos, se requiere identificar aquellas áreas que podrían ser afectadas por un deslizamiento dañino y evaluar las probabilidades de ocurrencia en un determinado período de tiempo. Sin embargo, en general es difícil precisar un período de tiempo para la

ocurrencia de un deslizamiento, aún bajo condiciones ideales. Como resultado, el peligro de deslizamiento frecuentemente se presenta como la susceptibilidad a deslizamientos (Brabb, 1985). De manera similar al concepto de áreas inundables (ver Capítulo 8), la susceptibilidad a deslizamientos sólo identifica las áreas potencialmente afectables y no implica un período de tiempo durante el cual podría ocurrir un deslizamiento. Para simplificar estos conceptos, en éste capítulo se hará referencia a la susceptibilidad a deslizamientos como peligro de deslizamientos. Comparando la ubicación de un área propuesta para el desarrollo con el respectivo grado de peligro de deslizamientos, el planificador puede estimar los riesgos de los deslizamientos. Esto es útil para definir la capacidad del uso de la tierra e identificar medidas apropiadas de mitigación.

DEFINICIONES

- **Peligro de deslizamientos de tierra:** representado por la susceptibilidad, que es la probabilidad de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra potencialmente dañino en una determinada área.
- **Vulnerabilidad:** es el nivel de poblaciones, propiedades, actividades económicas, incluyendo los servicios públicos, etc., en riesgo en determinada área como resultado de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra de determinado tipo.
- **Riesgo (específico):** el monto de las pérdidas esperadas por causa de un fenómeno particular de deslizamiento.

Se puede generar un mapa del peligro de deslizamientos de tierra que identifica áreas con diferente potencial para los deslizamientos. La necesidad de información sobre peligros de deslizamientos puede variar de acuerdo con el uso futuro de las tierras. El grado del peligro de deslizamiento presente es considerado relativo ya que se refiere a la expectativa de ocurrencia de futuros deslizamientos de tierra, en base a las condiciones de esa área particular. Otra área podría parecer similar pero, en realidad, puede tener diferente grado de peligro de deslizamiento debido a pequeñas diferencias en la combinación de las condiciones para los deslizamientos. Es así que la susceptibilidad a deslizamientos es relativa a las condiciones de cada área específica, y no se puede suponer que la susceptibilidad sea idéntica a la de una área que sólo parece ser igual.

Aún con una investigación detallada y monitoreo, es extremadamente difícil pronosticar el peligro de deslizamientos de tierra en términos absolutos. Sin embargo, existe suficiente conocimiento de los procesos de los deslizamientos de tierra, como para poder estimar el potencial del peligro de deslizamientos. El planificador puede utilizar esta estimación para tomar ciertas decisiones con respecto a cuan adecuado es determinado lugar, el tipo de desarrollo, y las medidas apropiadas de mitigación. De esta manera, el planificador podrá determinar el riesgo aceptable.

1. Determinación de riesgo aceptable

La decisión sobre la necesidad de información sobre el peligro de deslizamientos es el primer paso para asegurar que el peligro de deslizamientos no exceda un grado aceptable para la planificación del uso futuro del terreno. El objetivo de la información sobre deslizamientos es identificar las áreas relativamente susceptibles a deslizamientos y determinar qué tipos de actividades de desarrollo son las más adecuadas. Por ejemplo, la evaluación del peligro de deslizamientos tendría baja prioridad en las áreas de planificación designadas para parques nacionales o reservas de fauna o para la caza. En cambio, los deslizamientos pueden ser factor importante para el desarrollo de áreas de bosques recientemente

talados o para la construcción de infraestructura en montañas o terrenos escarpados. Claramente, la cantidad de información que se necesita sobre deslizamientos depende del nivel y tipo de desarrollo que se anticipa en una área. No entender los efectos potenciales que los deslizamientos pueden tener sobre un proyecto, o cómo el proyecto podría afectar el potencial de deslizamientos, conduce a mayor riesgo.

Los cambios naturales así como aquellos inducidos por el hombre pueden afectar la susceptibilidad a deslizamientos y se deben comprender al evaluar el potencial de deslizamientos de una área. Es crítico para un planificador apreciar estos aspectos al inicio del proceso de planificación. Eventualmente se toma la decisión sobre el grado de riesgo que es aceptable o no aceptable para un proyecto. En este punto son diseñadas las estrategias de mitigación para reducir el riesgo. Estos conceptos son discutidos con mayor detalle en este capítulo.

Se recomienda consultar a técnicos especialistas en deslizamientos, lo más temprano posible, para que ellos puedan evaluar el riesgo de las actividades propuestas en una área con peligro de deslizamientos. Si bien no se espera que el planificador sea un técnico experto en la materia, debe saber qué preguntas formular al especialista en deslizamientos. Con las preguntas correctas, el planificador podrá identificar y evaluar medidas para minimizar o evitar la vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra.

2. Cartografía del peligro de deslizamientos de tierra

La interpretación de la ocurrencia de futuros deslizamientos requiere el conocimiento de las condiciones y procesos que controlan los deslizamientos en el área de estudio. Tres factores físicos - la historia, la calidad de las pendientes y la roca firme - son el mínimo de componentes necesarios para evaluar el peligro de deslizamientos. También es necesario añadir el factor hidrológico para reconocer el importante rol que las aguas subterráneas tienen frecuentemente en la ocurrencia de deslizamientos. Señales de este factor se obtienen de manera indirecta observando la vegetación, la orientación de las pendientes o las zonas de precipitación. Todos estos factores se pueden graficar; sus combinaciones específicas están asociadas con diferentes grados del peligro de deslizamiento. La identificación de la extensión de estas combinaciones en el área que se está evaluando da como resultado un mapa del peligro de deslizamiento. La técnica empleada para preparar estos mapas es conocida como Análisis Combinado de Factores y está descrita en detalle en la Sección C de este capítulo.

3. La integración de mapas de zonificación de peligros de deslizamiento de tierra al proceso de planificación para el desarrollo

La información sobre el peligro de deslizamiento es útil como uno de los muchos componentes del estudio de planificación para el desarrollo integrado. Dado que los deslizamientos pueden afectar adversamente a la actividad humana, o interferir con ella, el peligro de deslizamiento restringe o limita la capacidad de uso de tierras. Por esta razón es importante identificar los grados relativos de este peligro muy al comienzo del proceso de planificación. Esto permite a los planificadores determinar el grado de riesgo de deslizamiento que es aceptable o no para un programa de desarrollo. Así, se puede decidir sobre cuales medidas tomar: evitar, prevenir, o mitigar el peligro de deslizamiento actual y futuro en el programa de desarrollo. El método que se describe en este capítulo hace hincapié en la identificación del peligro de deslizamiento y su uso en un estudio de planificación integrada, a medida que se evalúa los recursos naturales, se formula una estrategia de desarrollo y se identifica los proyectos de inversión a nivel de perfil.

a. Misión Preliminar

Durante la misión preliminar de un estudio de planificación para el desarrollo integrado, se hace una revisión inicial del tipo y contenido de la información disponible, incluyendo información sobre peligros naturales (ver Apéndice A). Se verifica la disponibilidad de mapas geológicos, topográficos, hidrológicos y de vegetación, y de fotografías aéreas. Esta información es esencial para la zonificación del peligro de deslizamientos (ver Figura 10-1). Durante esta etapa del estudio, también se debe recolectar y revisar la información disponible sobre las evaluaciones de peligros naturales, incluyendo los deslizamientos, y los desastres que se conoce han afectado el área del estudio. Ver el Capítulo 1 para una discusión más detallada del proceso de planificación para el desarrollo integrado.

b. Fase I - Diagnóstico del desarrollo.

En el contexto de la planificación para el desarrollo de una cuenca fluvial, provincia u otra unidad de planificación, el diagnóstico del desarrollo ayuda a identificar áreas con el más alto potencial de desarrollo. Estas áreas son determinadas como "áreas objetivo", en las cuales se concentran los estudios más detallados subsiguientes. Parte del proceso de diagnóstico del desarrollo comprende identificar y delinear los factores de recursos naturales que favorecen o limitan el desarrollo de un área en particular. El peligro de deslizamiento es un factor indeseable y cuanto mayor sea el peligro más podrá influir sobre el potencial de desarrollo.

MISION PRELIMINAR (DISEÑO DEL ESTUDIO) PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Se dispone de mapas geológicos, topográficos, hidrológicos y de vegetación? ¿A qué escala?
- ¿Se dispone de fotografías aéreas? ¿A qué escala?
- ¿Tiene el área de estudio una historia de deslizamientos y/o de desastres causados por deslizamientos?
- ¿Existe información disponible sobre evaluaciones del peligro de deslizamientos?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Es probable que los deslizamientos afecten porciones grandes o significativas del área de estudio?
- ¿Tendrá acceso el estudio a información sobre evaluaciones del peligro de deslizamientos que no sean las que el estudio mismo ha de producir?

Figura 10-1: ESTUDIO DE PLANEAMIENTO DEL DESARROLLO y ACTIVIDADES DE EVALUACION DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

FASE I: DIAGNOSTICO DEL DESARROLLO (ESTRATEGIA E IDENTIFICACION DE PROYECTOS)

PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Se dispone de suficiente información para preparar un mapa de inventario de deslizamientos, un mapa Isopleta de deslizamientos existentes, y/o un mapa del peligro de deslizamientos en base al análisis de factores?
- ¿Cómo se llevará a cabo la evaluación? ¿Durante qué período de tiempo?
- ¿Cómo se integrará la información de evaluaciones al estudio de estrategias de desarrollo y a las actividades de identificación de proyectos en su conjunto?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Se necesita un mapa del peligro de deslizamientos?
- ¿A qué escala se debe preparar ese mapa?
- ¿Quién hará la evaluación?
- ¿Quién será responsable de incorporar la información de evaluación en las actividades del estudio en su conjunto?

Cuando un peligro potencial está presente en el área de estudio, el primer paso es realizar un breve análisis para establecer si han ocurrido deslizamientos en épocas recientes. Las carreteras, ferrocarriles y las orillas de los ríos son buenos lugares para buscar huellas de anteriores deslizamientos. La conversación con autoridades locales responsables de obras públicas y de actividades de silvicultura y agricultura, puede ser una valiosa fuente de información ya que estas personas probablemente están familiarizadas con los deslizamientos del pasado en una determinada área. Sin embargo, es importante tener presente que las nuevas actividades de desarrollo pueden aumentar el peligro de deslizamientos, y la ausencia de evidencia de anteriores deslizamientos no garantiza que los deslizamientos no serán un problema en el futuro.

La extensión del área y la variedad de actividades de desarrollo que se consideran, hace que la determinación de la susceptibilidad a deslizamientos en base a todos los deslizamientos existentes sea un método apropiado, cualquiera que fuere el tipo de deslizamiento en cada caso (DeGraff, 1982). Un simple inventario de anteriores deslizamientos, junto con datos sobre la roca firme, calidad de pendientes y el factor hidrológico si estuviera disponible, produce un mapa del peligro de deslizamiento que ha de satisfacer las necesidades del diagnóstico del desarrollo (ver Figura 10-1). Las escalas adecuadas para mapas del peligro de deslizamiento van desde 1:250.000 a 1:50.000. (Ver Figura 10-2 para una descripción de las necesidades de identificación de peligros y las escalas adecuadas para los mapas en las diferentes etapas de planificación).

Un problema frecuentemente enfrentado en el nivel del diagnóstico de desarrollo, es encontrarse con datos limitados o insuficientes para preparar el análisis combinado de factores. Cuando se da esta situación, se tienen dos opciones: (1) invertir el dinero y los recursos humanos que fueran necesarios a fin de obtener datos para producir un mapa del peligro de deslizamientos, o (2) preparar un mapa isopleta

de deslizamientos existentes (se describe en la Sección C de este capítulo). El mapa isopleta muestra las áreas de ocurrencia de deslizamientos frecuentes o no frecuentes. Si bien este tipo de mapa da una idea sobre dónde los deslizamientos pueden tener una influencia importante sobre el desarrollo, sólo es una aproximación para determinar donde se podrá encontrar un problema durante el desarrollo. Los mapas isopleta son una opción aceptable en esta etapa del desarrollo, pero son totalmente inadecuados para un uso más detallado en las etapas de planificación.

El grado del peligro de deslizamientos en una área es un factor limitante sólo para aquellas actividades que pueden alterar el balance existente entre las fuerzas que producen el desplazamiento del terreno y aquellas que lo resisten en una pendiente que no ha fallado. Los planificadores deben entender los efectos que puedan tener las actividades de desarrollo sobre este balance de fuerzas. Por ejemplo, colocar un cerco alrededor de un campo no ha de producir un deslizamiento ni ha de evitarlo. La eliminación de la cobertura forestal para crear un campo para cultivo de sembríos, puede propiciar un deslizamiento porque altera el balance de fuerzas y puede aumentar la susceptibilidad a una falla de la pendiente por algún evento "gatillo", como una prolongada precipitación que no habría producido deslizamiento en las condiciones originales. Desde luego, puede bien ocurrir que esta mayor susceptibilidad no sea aparente de manera inmediata.

Figura 10-2

CONSIDERACIONES DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE TIERRA EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE PLANIFICACION

Etapa de Planificación	La necesidad de identificar los peligros	Nivel de inventario de deslizamientos	Escalas adecuadas para mapas de peligro
Misión Preliminar	Identificar aspectos de los peligros	Como fuera disponible	Como fuera disponible
Fase I Diagnóstico del desarrollo	Grado de peligros de todo tipo de deslizamiento	Simple	1:250.000 a 1:62.500
Fase II Plan de acción y formulación de proyecto	Grado de peligro de todo tipo de deslizamiento complementado por el peligro de algunos tipos específicos	Intermedio	1:62.500 a 1:10.000
Implementación de proyectos	Peligro específico en base a modelos geotécnicos	Detallado	1:12.500 a 1:500

La zonificación del peligro de deslizamiento se puede representar como un factor individual, que limita la capacidad de la tierra o puede ser combinado con la zonificación de peligro, como uno adicional, agregado a otros peligros naturales. Existen por lo menos 10 diferentes métodos usados para generar mapas de capacidad de tierras (Hopkins, 1977). El capítulo 3 discute la capacidad de tierras con más detalle. La evaluación del peligro de deslizamiento presentada en este capítulo conlleva la producción de un mapa. Por lo tanto, puede ser considerado en la aplicación de métodos para la capacidad del uso de la tierra.

Hay dos aplicaciones principales de la evaluación del peligro de deslizamiento a la capacidad del uso de

la tierra, que incluyen estudios relativos. Primero, en la planificación en conjunto del desarrollo para dar énfasis a la naturaleza subjetiva de asignar una capacidad de uso de la tierra. Por ejemplo, en la etapa de diagnóstico del desarrollo, la clasificación relativa de "más alta" capacidad puede ser evaluada en relación con las restricciones que representa el posible mayor peligro de deslizamiento para las actividades de desarrollo propuestas. Segundo, se puede mostrar dónde el desarrollo existente puede tropezar con algún riesgo previamente no identificado. Esto permite la priorización de actividades de mitigación a ser asignadas a diferentes actividades del desarrollo.

c. Fase II - Estrategia de desarrollo y formulación de proyectos

Se define un plan de acción con el propósito de facilitar el desarrollo de áreas objetivo identificadas en la Fase I. Los proyectos de desarrollo considerados para el área objetivo son formulados en esta etapa. También en este momento, se afina la evaluación del peligro de deslizamiento en el área de estudio. La evaluación general del peligro de deslizamiento debe ser complementada con un inventario intermedio para mostrar el grado del peligro de tipos específicos de deslizamientos que pueden impactar las actividades de desarrollo propuestas. Por ejemplo, la introducción de actividades agrícolas de envergadura en un ambiente forestal, requiere mayor conocimiento del peligro de deslizamiento superficial que de deslizamiento sobre rocas profundas.

Debe seleccionarse medidas de mitigación en las áreas de desarrollo que presentan peligro de deslizamiento, si ellas no son ya parte de la información de identificación de proyectos. Es posible reducir el impacto probable de actividades naturales de deslizamientos y restringir los deslizamientos que ocurren como resultado de la actividad humana (Kockelman, 1985). Se cuenta con dos opciones básicas: primero, evitar las áreas susceptibles a deslizamiento y, segundo, diseñar medidas para compensar las acciones que inducen deslizamientos (ver el recuadro a continuación). Por ejemplo, la toma de decisiones sobre ubicación, a fin de colocar construcciones tales como viviendas e infraestructura crítica fuera de las áreas con alta probabilidad de ocurrencia natural de deslizamientos. En algunos casos, los efectos potenciales de un deslizamiento pueden ser mitigados. Se puede reducir el peligro de deslizamiento, como resultado del desarrollo, diseñando cambios para contrarrestar el impacto que el desarrollo puede tener sobre la integridad de la pendiente. Una forma será permitir que sólo se construyan almacenes o depósitos en las áreas de mayor peligro, para reducir la vulnerabilidad de la población ante un posible deslizamiento.

ACCIONES DESENCADENANTES DE DESLIZAMIENTOS, METODOS DE MITIGACION, y VARIABLES DEL DESARROLLO

- Acciones desencadenantes de deslizamientos:

De otros peligros:

Terremotos

Inundaciones

Incendios (como resultado de pérdida de vegetación)

Volcanes

Las relacionadas con el desarrollo:

Cambios en la cobertura de vegetación

Presas de tierra

Excavación y minería

Irrigación

Infraestructura y construcción de estructuras

Disposición de líquidos (sanitarios, alcantarillados, letrinas, etc.)

Apilamientos

Depósitos de suelos

- Métodos de mitigación

Evitar

Seguros e impuestos

Zonificación de uso de tierras

Estabilización

Diseño estructural

- Variables del desarrollo

Información disponible

Aspectos económicos, sociales y políticos

Desarrollo existente

Desarrollo propuesto

En la formulación de proyectos de inversión se necesita un mapa de zonificación de peligros más detallado. Se necesita un inventario intermedio de deslizamientos que proporcione mayores detalles para poder distinguir entre los diferentes tipos de deslizamientos. Estos datos se pueden usar para un nuevo análisis del análisis combinado de factores, que produce un mejor mapa de peligro de deslizamiento. Si el factor hidrológico no fuera parte del anterior análisis de peligro de deslizamiento, su inclusión en esta etapa mejorará enormemente el mapa de peligro resultante.

En esta etapa, el valor de un mapa del peligro de deslizamiento para los planificadores, puede ser realizado presentando áreas donde predominan ciertos tipos de deslizamientos. Esto se logra con un mapa isopleta como se mencionó en la Fase 1. La preparación, sin embargo, debe ser modificada para satisfacer las necesidades específicas de esta etapa de planificación. Se describe en detalle la modificación del mapa isopleta en la Sección C: "Compensación por la insuficiencia de datos: el Mapa Isopleta". El mapa producido presenta la intensidad de ocurrencia de anteriores deslizamientos en una forma que se asemeja a un mapa topográfico. Las líneas isopletas son similares a las curvas de nivel que indican elevaciones. El mapa isopleta final es usado como transparencia sobre el mapa del peligro de deslizamiento.

Se debe tomar nota que un mapa isopleta no cambia las zonas básicas de peligro que fueron determinadas previamente. Todavía es un mapa analítico que, en este caso, muestra el predominio variable de un tipo específico de deslizamiento en una determinada área. Proporciona un criterio adicional para que el planificador decida cual área puede ser la mejor o más adecuada para determinadas actividades de desarrollo. Esto es especialmente útil en la evaluación de zonas de peligros moderados.

FASE II: FORMULACION DE PROYECTOS Y DEFINICION DEL PLAN DE ACCION

PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Se proporciona información suficiente *en* el análisis inicial combinado de factores para el mapa del peligro de deslizamiento, como para proceder con la formulación de proyectos de inversión?
- ¿Si no se ha incluido ya, hay algún factor hidrológico que debería ser añadido para mayor detalle sobre las zonas de peligro?
- ¿Se deberá añadir una transparencia isopleta al mapa de zonificación de peligros?
- ¿Hay ciertos usos de tierras propuestos, para los cuales las recomendaciones de mitigaciones se debe incluir en la formulación de proyectos de inversión?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Quién ejecutará la evaluación intermedia del peligro de deslizamiento?
- ¿Qué áreas deberán incluirse en la evaluación adicional?
- ¿Quién será responsable de incorporar información adicional en las actividades de formulación de proyectos de inversión?

Cuando el uso de tierras propuesto es reconocido como susceptible a un cierto tipo de deslizamiento, la actividad debe ser ubicada en una zona de poco o moderado peligro, con la menor frecuencia de ocurrencias, es decir, con un menor valor isopleta para este tipo de deslizamiento. El mapa mejorado del peligro de deslizamiento, y la transparencia de la isopleta, requerirán la preparación de un inventario intermedio de deslizamientos en este nivel de la planificación. El mapa de peligro de deslizamiento, adecuado para formular proyectos de desarrollo, debe ser a escala de 1:62.500 a 1:12.500 (ver Figura 10.2).

d. Implementación de proyectos

El mapa de peligro de deslizamiento puede contribuir a la planificación de la implementación de un proyecto. Hay dos situaciones en las que este mapa puede resultar ser beneficioso, ambas relacionadas con la mitigación de los efectos potenciales de los deslizamientos. En un caso, si las áreas identificadas con peligro moderado de deslizamientos también son identificadas para el desarrollo, se necesitarán mayores detalles sobre ellas para asegurar que el diseño del proyecto compensa el mayor potencial del peligro. Por ejemplo, las áreas con peligro moderado o mayor, pueden no ser totalmente evitables cuando se trata de una carretera propuesta. La investigación detallada puede proporcionar información sobre las condiciones de aguas subterráneas, así como de las características de estabilidad del suelo y la roca para lograr un diseño estable (Morgenstern y Sangrey, 1978).

En otro caso, la infraestructura existente, o las comunidades, pueden estar ubicadas en zonas no identificadas previamente como de alto peligro. A estas áreas se les debe dar prioridad para introducir algunas medidas de mitigación. Por ejemplo, el efecto de deslizamiento que invade una zona habitada y que baja por las quebradas de las montañas, podría ser mitigado construyendo cuencas de derrubio para atrapar la mayor parte del material. Cuando tal mitigación no es posible y se identifica el riesgo como extremadamente alto, se puede considerar la reubicación hacia áreas más seguras.

En esta etapa de diseño del proyecto, es necesario un mapa detallado de peligros para un lugar específico. La preparación de un inventario detallado de deslizamientos también es ahora necesario. Los rasgos a gran escala que se presentan en los deslizamientos cartografiados en este inventario detallado, son valiosos para la perforación exploratoria de un lugar y para otras actividades de muestreo en los trabajos de diseño de ingeniería. Los inventarios detallados de los deslizamientos y la respectiva interpretación de los resultados de las pruebas requieren mapas a escalas de 1:12.500 a 1:500 (ver Figura 10-2).

La siguiente sección ofrece una discusión detallada de los tipos y la naturaleza de los deslizamientos, la base para la evaluación del peligro de deslizamiento, y los factores asociados con la actividad de deslizamientos.

B. Deslizamientos de tierra, evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, y áreas a ser consideradas

[1. Deslizamientos de tierra y susceptibilidad a los deslizamientos](#)

[2. Evaluación del peligro de deslizamiento de tierra](#)

[3. Factores asociados con la actividad de deslizamientos de tierra](#)

1. Deslizamientos de tierra y susceptibilidad a los deslizamientos

Los deslizamientos son causados cuando la fuerza de la gravedad moviliza la roca, el derrubio o los suelos por la pendiente. Son una de las formas de erosión que se llama desgaste de masas y que es definido, de manera general, como la erosión que involucra como agente causante del movimiento a la gravedad. Dado que la gravedad actúa permanentemente sobre una pendiente, los deslizamientos sólo ocurren cuando la fuerza de la gravedad excede la resistencia del material. Esto es distinto a algunas otras formas de erosión como las causadas por una corriente de agua, cuando cae una precipitación sobre una pendiente o el canal de un río. La Figura 10-3 presenta una lista y un diagrama con la terminología usada más frecuentemente para describir a los deslizamientos.

IMPLEMENTACION DEL PROYECTO PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Qué tipo de problemas de deslizamientos existen?
- ¿Qué condiciones específicas del lugar deben ser conocidas para el diseño final de un proyecto de inversión con una vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Quién ejecutará la evaluación detallada del peligro de deslizamiento?
- ¿Qué medidas de mitigación deben ser consideradas para reducir el riesgo a nivel aceptable?
- ¿Quién será responsable de incorporar la información adicional en las actividades de implementación del proyecto?

El movimiento de los deslizamientos es perceptible y puede tomar la forma de caídas, realces, deslizamientos, o flujos. Puede consistir en material de libre caída de los acantilados, o en masas fragmentadas o íntegras que se deslizan por los cerros y montañas, o en flujos fluidos. Los materiales pueden trasladarse a velocidades hasta de 200 kilómetros por hora o más y los deslizamientos pueden durar unos pocos segundos o minutos, o pueden ser movimientos graduales más lentos durante varias horas o aún días. En consecuencia, los deslizamientos son reconocidos en función del tipo de su movimiento.

El esquema de clasificación que se usa más generalmente divide a los deslizamientos en diferentes tipos de acuerdo con el material que es trasladado y al tipo de movimiento (Varnes, 1978). La velocidad del movimiento y la cantidad de agua mezclada con el material son parámetros secundarios que definen algunos tipos de deslizamientos. Reconocer el tipo de deslizamiento presente en determinada área, ayuda a explicar cómo y dónde han contribuido los factores a la inestabilidad de la pendiente natural en el pasado.

Los factores que influyen donde han de ocurrir los deslizamientos se pueden dividir en dos tipos: permanentes y variables (Sharpe, 1938). Los factores permanentes son las características de un terreno que permanecen sin cambio, o que varían muy poco desde el punto de vista de la perspectiva humana. La calidad de pendiente o el tipo de roca, por ejemplo, presentan cambios sólo después de períodos de tiempo muy largos. Los factores permanentes tales como tipo de roca y calidad de pendiente se pueden reconocer e identificar para algunos deslizamientos específicos mucho después de su ocurrencia (DeGraff, 1978). Del examen de deslizamientos existentes en un área, es posible reconocer los factores permanentes que contribuyeron a la falla de pendientes. La identificación de las condiciones y los procesos que propiciaron la inestabilidad, hace posible considerar esos mismos factores para estimar deslizamientos futuros (Varnes, 1985).

Los factores variables son las características del terreno que cambian rápidamente como resultado de algún evento gatillo. Son ejemplos de factores variables la vibración del suelo debido a los terremotos, una rápida elevación de nivel de aguas subterráneas y mayor cantidad de humedad en el suelo debido a intensas precipitaciones. Frecuentemente, para evaluar estos factores, es necesario estar presente en el momento que ocurre un deslizamiento, o poco después. Los factores permanentes son los que permiten estimar el peligro de deslizamiento si faltan datos históricos suficientes sobre la relación de los

deslizamientos con los terremotos, tormentas o demás factores que los inician. En consecuencia, la identificación de áreas de deslizamientos no es una ciencia exacta y conduce, en general, a describir las áreas propensas al peligro en base a estimaciones. En el mejor de los casos, las áreas de deslizamientos o susceptibles a deslizamientos, se pueden identificar junto con los eventos desencadenantes esperados. En el peor de los casos algunas áreas pueden ser no detectadas del todo.

Figura 10-3: DEFINICION DE TERMINOS BASICOS DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

NOMENCLATURA

Escarpa principal: Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferie del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpa debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura.

Escarpa secundaria: Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante.

Cabeza: La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.

Cima: El punto más alto de contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.

Pie de la superficie de ruptura: La intersección (a veces enterrada) entre la parte inferior de la superficie de ruptura y la superficie original del **terreno**.

Punta del pie: El margen de material desplazado más lejano de la escarpa principal.

Puntera: El punto más lejano de la margen desde la cima del deslizamiento.

Pie: La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura.

Cuerpo principal: Aquella parte del material desplazado suprayacente a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el pie y la base de la superficie de ruptura.

Flanco: El costado de un deslizamiento de tierras.

Corona: El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal.

Superficie original del terreno: La pendiente que existía antes que ocurra el movimiento que se está considerando. Si ésta es la superficie de un deslizamiento anterior, el hecho debe ser anotado.

Izquierda y derecha: Las direcciones con una brújula son preferibles para describir las pendientes pero si se usa "derecha o izquierda" se refiere al deslizamiento visto desde la corona.

Superficie de separación: Es la superficie que separa el material desplazado del material estable pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló.

Material desplazado: El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme

Zona de agotamiento: El área dentro de la cual el material desplazado queda debajo de la superficie original del terreno.

Zona de acumulación: El área dentro de la cual el material desplazado queda encima de la superficie original del terreno.

Fuente: Adaptado de Varnes, D. "Slope Movement and Processes" en Landslides: Analysis and Control, Special Report 176, Chapter 2 (Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1978).

TIPOS DE DESLIZAMIENTOS

- **Caídas:** Una masa que se desprende de una pendiente fuerte o de un acantilado y desciende por caída libre, a saltos o rodando.
- **Realces:** Una masa se da vuelta o *rota* hacia adelante como una unidad.
- **Deslizamientos:** Una masa se desplaza sobre una o más superficies reconocibles, que pueden ser curvas o planas.
- **Flujos:** Una masa se desplaza pendiente abajo con un movimiento fluido. Una cantidad significativa de agua puede o no ser parte de la masa.

2. Evaluación del peligro de deslizamiento de tierra

Usualmente los deslizamientos no están sujetos a una evaluación del peligro pues no hay una base para determinar la probabilidad de su ocurrencia en determinado período de tiempo. La evaluación de peligro es posible y se puede hacer en vez de la evaluación del riesgo. Las evaluaciones de peligro son estimaciones de la susceptibilidad de una área a los deslizamientos en base a unos pocos factores importantes. Cada uno de estos factores se puede cartografiar y permiten que diferentes áreas sean evaluadas respecto a su relativa susceptibilidad a deslizamientos.

Tres principios orientan la evaluación del peligro de deslizamiento. Primero, los deslizamientos futuros probablemente ocurrirán bajo las mismas condiciones geomórficas, geológicas y topográficas en que se han producido en el pasado y en la actualidad. Segundo, las condiciones y procesos subyacentes que causan los deslizamientos son comprendidos. Tercero, la importancia relativa de las condiciones y procesos que contribuyen a la ocurrencia de los deslizamientos puede ser determinada y se puede asignar a cada cual alguna medida que refleje su contribución (Varnes, 1985). El número de condiciones presentes en un área puede ser tratado como un conjunto de factores para establecer el grado de peligro potencial presente.

El peligro de deslizamiento ha sido determinado con un alto grado de confiabilidad sólo para unos pocos lugares. Estos han requerido de estudios cuidadosos y detallados sobre la interacción de condiciones pertinentes, permanentes y variables, en el área objetivo. Esto puede ser un proceso muy costoso y que requiera mucho tiempo, que no sería justificado para los propósitos de la planificación para el desarrollo a gran escala. La zonificación del peligro de deslizamiento es una técnica que se puede usar en las primeras etapas de un estudio de planificación.

La mayoría de los procedimientos de evaluación para la zonificación del peligro de deslizamiento,

emplean unos pocos factores físicos importantes o significativos para estimar el peligro relativo. El método aquí descrito requiere un mínimo de tres factores que ya fueron mencionados: la distribución de deslizamientos anteriores, el tipo de roca firme, y la calidad de la pendiente, y se puede añadir un cuarto, el factor hidrológico, para reflejar el importante rol que frecuentemente tienen las aguas subterráneas en la ocurrencia de deslizamientos (Varnes, 1985, y USGS, 1982).

Cada factor está representado de manera cuantitativa o semi-cuantitativa para facilitar la identificación de diferentes grados de peligro de deslizamiento en un área. Dado que todos estos son características permanentes, usualmente es posible cartografiar cada factor. Las combinaciones específicas de estos factores pueden ser asociadas con diferentes grados de peligro de deslizamiento. Ampliando estas combinaciones a toda el área, se produce un mapa de peligro de deslizamiento.

3. Factores asociados con la actividad de deslizamientos de tierra

La distribución de deslizamientos anteriores dentro del área, el tipo de roca firme y la calidad de la pendiente representan, respectivamente, los factores geomórficos, geológicos y topográficos (Varnes, 1985, y USG, 1982). Cada uno de estos factores se describe en mayor detalle más adelante, para dar al planificador un mayor conocimiento de su contribución a los deslizamientos. La sección final, "C. Cartografía de factores físicos y preparación de un mapa de peligro de deslizamiento", proporciona información sobre la cartografía.

a. Deslizamientos del pasado y su distribución

A fin de interpretar la probabilidad de futuros deslizamientos se requiere comprender las condiciones y procesos que controlaron los deslizamientos anteriores en el área de interés. Esto se puede lograr examinando y cartografiando los anteriores deslizamientos. Las circunstancias geológicas, topográficas, e hidrológicas asociadas con anteriores deslizamientos indican cuales circunstancias naturales, o artificialmente creadas, son las más probables a producir deslizamientos en el futuro.

Una consideración primaria del planificador es el efecto del uso actual de tierras sobre los deslizamientos. Ciertos tipos de deslizamientos pueden estar asociados con ciertos usos de tierra. Por ejemplo, ciertos deslizamientos sólo pueden ocurrir en cortes de carreteras o excavaciones. Podría haber una relación crítica de altura con inclinación de taludes, inferior a la cual no ocurrirán deslizamientos. Los estudios de campo pueden dar luces sobre los diferentes factores que han contribuido a las fallas. En algunas investigaciones se han empleado formatos especiales para asegurar la recolección consistente de información complementaria (ver Figura 10-4). Un resumen de las observaciones sobre condiciones de deslizamientos y procesos está incorporado en cada inventario de deslizamientos, p.e., en Pomeroy (1979), y cartografiado.

A FIN DE LLEVAR A CABO LA PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO EN AREAS EXPUESTAS A DESLIZAMIENTOS, UN PLANIFICADOR NECESITA SABER:

- La distribución de deslizamientos en e) pasado
- Tipos de roca firme
- Que tan fuerte son las pendientes
- Las medidas indirectas disponibles de las características hidrológicas del área
- Los efectos que las actividades de desarrollo pueden tener sobre la susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

b. Roca firme

La roca firme tiene influencia sobre la ocurrencia de deslizamientos de varias maneras. Una roca débil, incompetente, probablemente ha de fallar más que roca fuerte y competente. (Ver Figura 10-5 para un ejemplo). En pendientes donde queda expuesta roca débil cubierta por roca fuerte, la diferencia de resistencia también aumenta el potencial de deslizamiento de la roca más fuerte, dado que la roca débil tiende a erosionar y socavar la roca más fuerte.

La resistencia de una masa rocosa depende del tipo de roca y de la presencia y naturaleza de discontinuidades tales como uniones u otras fracturas. Cuanto más discontinuidades se encuentren en la roca firme, mayor será la probabilidad de inestabilidad de la roca. El tipo de roca puede ejercer control sobre deslizamientos por su influencia sobre la resistencia del material de superficie en el área. Por ejemplo, los suelos (en términos de ingeniería, no de la agricultura) derivados de esquistos o pizarras, contendrán mayores porcentajes de arcilla. Estos suelos tendrán características de resistencia diferentes a los suelos de granos gruesos tales como aquellos derivados de roca granítica. Hay muchas formas, entonces, según las cuales el tipo de roca o su estructura contribuyen a la inestabilidad, lo cual puede ser presentado en un mapa.

c. Calidad de pendientes o inclinación

La influencia de la calidad de pendiente sobre la ocurrencia de deslizamientos es el factor más fácil de comprender. Generalmente, las pendientes más pronunciadas tienen mayor probabilidad de deslizamientos (ver Figura 10-6). Esto no impide que ocurran deslizamientos en pendientes suaves. Otros factores pueden contribuir a que una pendiente suave sea especialmente propensa a fallar y así, en esta situación, se podría determinar que tiene un potencial relativamente alto de peligro. Por ejemplo, en condiciones de aguas subterráneas cercanas a la superficie y suelos arenosos, podría ocurrir licuefacción durante un terremoto. Esto puede causar deslizamientos en pendientes tan pequeñas como del 5% a 10%. A la inversa, las pendientes más pronunciadas pueden no ser siempre las más peligrosas. Las pendientes pronunciadas son menos proclives a acumular una gruesa capa de material en superficie, la cual estaría sujeta a ciertos tipos de deslizamientos. La calidad de la pendiente puede ser cartografiada usando mapas topográficos generalmente disponibles.

d. Factor hidrológico

El agua se reconoce como factor importante en la estabilidad de las pendientes - casi tan importante

como la gravedad. La información sobre nivel de la napa freática y sus fluctuaciones, raramente se encuentra disponible. Para representar el factor hidrológico en las evaluaciones de peligro de deslizamiento, se pueden usar medidas indirectas que pueden ser cartografiadas para mostrar la influencia de la hidrología del área, tal como la vegetación, la orientación de las pendientes (aspecto), o zonas de precipitación.

El tipo y densidad de vegetación frecuentemente reflejarán las variaciones en las aguas subterráneas de un área determinada; ciertas especies buscan el agua (freatofílicas). La presencia de estas especies sugiere una napa freática cerca de la superficie y presencia de manantiales. En las regiones montañosas los diferentes microclimas producen diversas condiciones hidrológicas que, a su vez, producen comunidades de plantas que varían de acuerdo con la cantidad de humedad disponible a la pendiente y su distribución durante el año.

La orientación de las pendientes (aspecto) se refiere a la dirección hacia la cual da cara a la pendiente. Puede ser una medida indirecta de la influencia climática sobre las características hidrológicas del paisaje. Algunas características importantes asociadas con los deslizamientos están relacionadas con factores tales como la recarga de aguas subterráneas resultante de los vientos dominantes y su influencia sobre las tormentas locales frontales o de la nieve acumulada. En otros casos, una pendiente puede experimentar un mayor número de ciclos hielo/deshielo o húmedo/seco, lo cual puede reducir la resistencia del suelo y hacer más susceptible a deslizamientos al área. En general, debido a la complejidad de estos factores y las actividades de desarrollo existentes, usualmente no hay una correlación directamente observable entre la orientación de la pendiente y el peligro de deslizamiento.

Figura 10-4: FORMATO PARA EL INVENTARIO y LA INFORMACION PARA EL ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

Fuente: Carrara, A. and Merenda, L. "Landslide Inventory in Northern Calabria, Southern Italy" *en* Geological Society of American Bulletin, vol 87 (1976), pp. 1153-1162.

Figura 10-5 LA ROCA FIRME COMO FACTOR EN LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

Figura 10-6 CALIDAD DE LA PENDIENTE ASOCIADA CON LA ACTIVIDAD DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

e. Efectos iniciados por el ser humano

Además de los fenómenos naturales, las actividades humanas pueden aumentar la tendencia natural para que ocurra un deslizamiento. Los deslizamientos que resultan de las actividades de desarrollo, usualmente se originan por el aumento de humedad en los suelos o el cambio de forma en la pendiente. Las actividades de desarrollo tales como cortes y rellenos a lo largo de los caminos y la supresión de toda vegetación, pueden alterar enormemente la forma de la pendiente y las condiciones de las aguas subterráneas (Swanson y Dyrness, 1975). Así alteradas, éstas pueden aumentar significativamente el actual nivel de deslizamientos (Varnes, 1985, y Sidle, Pearce, y O'Lughlin, 1985).

Por ejemplo, convertir un área de bosques en pastizal, o en terreno de cultivo, puede aumentar tanto la humedad en el suelo como para causar problemas de deslizamiento (DeGraff, 1979). Construir un camino que corta la base de una pendiente pronunciada puede aumentar la susceptibilidad a deslizamientos. Considerando estos efectos muy al inicio del estudio, es posible reducir el impacto

potencial de la actividad natural de deslizamientos, y limitar la ocurrencia de los iniciados por el desarrollo (Kockelman. 1985).

Ahora que han sido cubiertos los puntos generales con respecto a la cartografía de diferentes características del terreno, la sección final proporciona detalle sobre las técnicas para ello, además presenta un método paso-a-paso para preparar un mapa de peligro de deslizamiento.

C. Cartografía de factores físicos y preparación de un mapa del peligro de deslizamientos de tierra

- [1. Cartografía de factores físicos asociados con deslizamientos de tierra](#)
 - [2. La interpretación del peligro de deslizamientos de tierra: el mapa del peligro de deslizamientos](#)
 - [3. Análisis de factores: La técnica para preparar un mapa de peligros](#)
 - [4. Compensación por la insuficiencia de datos: el mapa isopleta](#)
 - [5. Cartografía generada por computadora](#)
-

Un inventario de deslizamientos produce un mapa descriptivo de datos (Cotecchia, 1978). Sobreponiendo una transparencia del mapa del inventario de deslizamientos sobre los mapas de tipo de roca firme, calidad de pendientes y medidas hidrológicas indirectas, se puede reconocer la asociación de los deslizamientos del pasado con los factores que controlan su ocurrencia. El método que se describe a continuación emplea estas asociaciones al sintetizar un mapa de peligro de deslizamiento. La extrapolación de los datos a áreas con características similares a las que se encuentran asociadas a anteriores deslizamientos, es una herramienta efectiva para pronosticar donde, pero no cuando, es más probable que ocurran deslizamientos en el futuro.

Esta sección presenta las técnicas utilizadas para la cartografía de cada uno de los factores importantes asociados con los deslizamientos. Con estos mapas se puede preparar uno de peligro de deslizamiento. La zonificación de los peligros es una manera de identificar áreas con diferentes niveles de peligro de deslizamiento. Se describe el método paso-a-paso, o de análisis factorial, usado para preparar un mapa de peligro de deslizamiento.

1. Cartografía de factores físicos asociados con deslizamientos de tierra

Cada factor es cartografiado por separado, con una técnica diferente.

a. Cartografía del inventario de deslizamientos existentes

Un mapa de los deslizamientos existentes sirve como fuente básica de datos para entender las condiciones que contribuyen a la ocurrencia de deslizamientos. Normalmente, el mapa es preparado en base a la interpretación de fotografías aéreas y al examen de campo de los lugares seleccionados. Si bien este mapa podría ser compilado exclusivamente en base a estudios de campo, el tiempo y el costo

correspondiente sólo sería justificado si no hubiera cobertura fotográfica. Cualquiera de las dos maneras de preparar los mapas requiere los conocimientos de un geólogo con experiencia en la interpretación de deslizamientos o formas del terreno.

La fotografía aérea puede servir como fuente de datos sobre deslizamientos existentes, tipos de roca firme y cobertura de vegetación. Típicamente, se necesita la fotografía a gran escala para estudiar los deslizamientos existentes. La escala de la fotografía depende del tamaño de los deslizamientos más comunes en el área de estudio. La fotografía a pequeña escala es menos importante donde existe roca firme y vegetación, dado que la demarcación de áreas con textura y apariencia semejante, es más fácil que reconocer rasgos discretos. Las imágenes de satélite no suelen ser adecuadas para la cartografía de deslizamientos, excepto donde los datos producidos puedan ser ampliados a una escala por lo menos de 1:50.000. La información fotográfica y de satélites es valiosa para la cartografía de otra información espacial y para uso conjunto con técnicas de cartografía con computadora, como parte del estudio de planificación para el desarrollo (ver Capítulos 4 y 5 para una discusión más detallada).

Dependiendo de la cobertura vegetativa, la calidad de las fotografías y la habilidad del intérprete, es bastante realista lograr una exactitud del 80 al 85 por ciento para una identificación general, usando fotografías aéreas (Rib y Liang, 1978). El rango de escalas útiles de fotografías aéreas para trabajos de inventario de deslizamientos, está limitado a 1:40.000 o mayor. La escala seleccionada dependerá del tamaño de los deslizamientos comunes al área de estudio y hasta cierto punto del relieve del área. Los grandes deslizamientos de cuatro o más kilómetros cuadrados son extremadamente difíciles de detectar sobre fotografías aéreas a escalas menores de 1:40.000. Donde la mayoría de los deslizamientos son de una hectárea o más pequeños en tamaño, es necesaria la fotografía a gran escala del orden de 1:4.800. La utilidad de la fotografía blanco y negro, a color, o color-infrarrojo para el trabajo de inventario de deslizamientos, ha de variar según las condiciones locales y la persona responsable de la interpretación. Cada tipo de fotografía tiene sus ventajas y desventajas, que han de variar en importancia de acuerdo con las características del área donde se lleva a cabo el levantamiento cartográfico.

El mapa se puede preparar a diferentes niveles de detalle respecto a los deslizamientos existentes (USGS, 1982). Un simple inventario identifica áreas definitivas y probables de deslizamientos existentes y es el nivel mínimo necesario para una evaluación del peligro de deslizamiento. Se produce un mapa sobre el cual cada deslizamiento está indicado y se dibuja una flecha para indicar la dirección del movimiento. (Ver la Figura 10-7 de un mapa sencillo de inventario).

Se puede ofrecer más información si se produce un inventario intermedio. A ese nivel el mapa producido mostrará un esquema de tipos de deslizamientos y distinguirá entre áreas de origen y de depósitos. La primera es el área donde en alguna época existió el material que fue la fuente del deslizamiento, y aparece como una huella. La segunda es el material depositado por el deslizamiento. (Ver Figura 10-8 para un ejemplo de mapa de inventario intermedio). La mayor información es obtenida produciendo un inventario detallado (Wieczorek, 1984). Las características a gran escala, tales como escarpas secundarias, hondonadas y patrones de grietas en el terreno, pueden ser presentadas en deslizamientos individuales. (Ver Figura 10-9 para un mapa detallado de deslizamientos).

Se pueden preparar tres tipos de inventario a medida que se avanza en el estudio de planificación para el desarrollo. Reiterando lo presentado en la Sección A de este capítulo, el inventario simple es adecuado para la Fase I de las actividades de diagnóstico de desarrollo; el inventario intermedio proporciona mayores detalles para un mejor mapa de peligros de una área-objetivo de la Fase II; y los rasgos a gran

escala del inventario detallado son necesarios para el diseño final del proyecto, en la etapa de implementación. Referirse a la Figura 10-2 para las escalas apropiadas de mapas.

Hay varias consideraciones que se deben tener en mente al compilar datos sobre paisajes existentes. En primer lugar, el tiempo y el esfuerzo que se requiere para llevar a cabo un inventario varía de acuerdo con (1) la complejidad geológica y topográfica; (2) el tamaño del área; y (3) el nivel de detalle de inventario deseado (Varnes, 1985). La Figura 10-10 caracteriza la relación entre el tiempo y el esfuerzo para estas tres variables. Segundo, para los inventarios más detallados se necesitarán escalas mayores de mapa a fin de revelar los pequeños rasgos de este mayor detalle. Tercero, la obtención de datos adicionales puede aumentar el detalle de un inventario existente. Esto permite que un inventario sencillo, previamente terminado, sea transformado en un inventario intermedio con menos tiempo y esfuerzo que si se produce el inventario intermedio solamente en base a trabajos de campo y de fotografías aéreas.

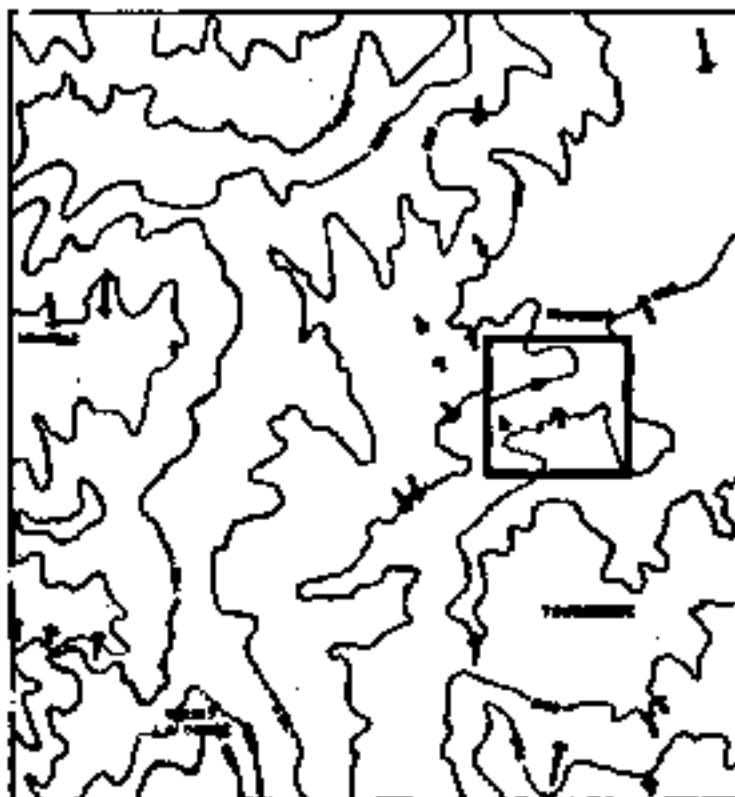
b. Cartografía de los tipos de roca firme que contribuyen a la inestabilidad

Usando la roca firme como un factor en la evaluación del peligro de deslizamiento, se muestran las muchas maneras de como el tipo de roca o de estructura contribuyen a la inestabilidad. Comparando un mapa de roca firme con el mapa de deslizamientos, uno puede discriminar entre unidades de roca asociadas con deslizamientos existentes y aquellas que están libres o casi libres de actividad de deslizamientos.

Para producir un mapa de roca firme útil para una evaluación del peligro, debe trazarse los bordes de las unidades de roca firme para producir nuevas y más adecuadas unidades. Los mapas geológicos universales que existen definen unidades de acuerdo con factores tales como edad, composición, litología (tipo de roca), y estructura (fallamiento, plegamiento, etc.). Por ejemplo, un mapa geológico normal puede mostrar una serie de depósitos de ceniza volcánica de composición mineral similar, pero con variación de edades. En la mayoría de los casos, estas diferentes unidades afectarán la ocurrencia de deslizamientos de manera similar y deben ser identificadas como una sola unidad de roca firme en un mapa revisado para los trabajos de evaluación del peligro. El geólogo debe usar su propio juicio profesional para asegurarse que el número de unidades de roca firme sea suficiente como para distinguir diferencias en sus efectos sobre la ocurrencia de deslizamientos.

Cuando no existe un mapa geológico, la alternativa es un mapa de roca firme basado en fotografías aéreas con alguna verificación de campo. Este mapa puede no ser más detallado que la demarcación de tipos de roca sedimentaria, ígnea y metamórfica. Obviamente, es preferible un mapa de roca firme, generalizado de un mapa más detallado. Pero esta es una alternativa aceptable en tales circunstancias. La demarcación de áreas de similar textura y apariencia es más fácil que reconocer rasgos discretos. Escalas tan pequeñas como 1:62.500 son útiles para este trabajo. Las fotografías a escalas de 1:20,000 o mayores, son difíciles de utilizar porque muestran un área reducida que restringe la comparación con áreas adyacentes contrastantes. También aumenta significativamente el número de fotografías a ser examinadas como resultado de la cartografía del área. Las fotografías en blanco y negro, color y color infrarrojo son todas adecuadas para la cartografía de roca firme. Las imágenes de satélite suelen no ser útiles para esta cartografía, excepto cuando las imágenes son ampliadas a escalas utilizables. Por ejemplo, las imágenes a una escala de 1:50.000, producidas de imágenes de satélites, son aceptables para esta cartografía (ver Capítulo 4).

Figura 10-7: MAPA DE UN INVENTARIO SIMPLE DE DERRUMBE (a)



Escala 1:50,000

EXPLICACION



Deslizamiento

Figura 10-8: MAPA DE UN INVENTARIO INTERMEDIO DE DERRUMBE (b)

Figura 10-9: MAPA DE UN INVENTARIO DETALLADO DE DERRUMBE

Un mapa de suelos es un sustituto inadecuado para un mapa de roca firme. Los mapas de suelos están basados en factores concentrados en el metro superior (o menos), del material de superficie que afecta las actividades agrícolas. Generalmente hay poca o ninguna correlación entre las características de suelos "agrícolas" y la probabilidad de fallas que se originan en superficies de unos cuantos metros a decenas de metros de profundidad de material superficial.

c. Cartografía de la calidad de pendientes o inclinación

La calidad de la pendiente es un factor que asocia la efectividad de la acción de la gravedad sobre una pendiente con la susceptibilidad a deslizamientos de tierra. Un mapa topográfico es la base para preparar un mapa de calidad de pendientes. El mapa de calidad de pendientes muestra los valores de la pendiente asociados con la mayoría de los deslizamientos existentes y se deriva de un mapa topográfico actualizado. La calidad de pendiente para la evaluación del peligro de deslizamiento es comúnmente expresada como un porcentaje en vez de usar grados. Las categorías o agrupación de valores de la calidad de pendiente para uso en el análisis del peligro de deslizamiento, se deben aproximar a aquellos de las pendientes presentes en la área de estudio. Demasiadas clases de pendientes harán difícil

identificar a aquéllas que son críticas para la ocurrencia de deslizamientos y demasiado pocas clases han de ser igualmente inútiles.

d. Factor hidrológico opcional - cartografía de medidas indirectas

Dado que rara vez se encuentra disponible la información sobre los niveles de napa freática y sus fluctuaciones, la cartografía de medidas indirectas tales como la vegetación y la orientación de pendientes puede revelar la influencia de la hidrología sobre un área. Cualquier mapa de vegetación que se utilice para presentar el factor hidrológico en la evaluación del peligro de deslizamiento, debe usar unidades que son dependientes del agua. Esto puede ser tan sencillo como presentar comunidades de plantas pireáticas o no pireáticas, o tan complejo como distinguir entre diferentes tipos de bosque. La selección de un mapa apropiado de vegetación para indicar los efectos del agua en motivar deslizamientos de tierra, requiere del geólogo un cuidadoso trabajo de campo.

La fotografía aérea es una fuente apropiada de datos para preparar mapas de vegetación. Al preparar estos, tal como el caso de la cartografía de roca firme, la escala es de menor importancia. Aquí, también, la demarcación de áreas con características similares es más fácil que reconocer rasgos discretos. La escala de 1:62.000 es útil para identificar la vegetación ya que escalas de 1:20.000 o mayores, no revelan las características contrastantes de áreas adyacentes. Las fotografías en blanco y negro, color y color infrarrojo son todas adecuadas para esta cartografía. Las imágenes de satélite son aceptables sólo cuando son ampliadas a una escala adecuada.

La dirección a la cual da cara una pendiente también puede ser cartografiada y usada como un indicador indirecto del factor hidrológico. La orientación de la pendiente, o su aspecto están descritos en términos de ocho direcciones cardinales, es decir, norte, noreste, etc. Para conveniencia al establecer una base de datos, la orientación de la pendiente se mide en grados de acimut que van desde 0° para el N, hasta 360° grados, en dirección del reloj. Cada punto cardinal está definido por un conjunto de valores acimutales. Por ejemplo, las laderas que dan cara al noreste pueden tener una serie de lecturas de acimut que van desde los 22.5° grados a 67.5° grados.

2. La interpretación del peligro de deslizamientos de tierra: el mapa del peligro de deslizamientos

Un mapa de peligro de deslizamiento es generado para identificar áreas vinculadas de diversas maneras con este fenómeno. Se produce un mapa de peligros para cada etapa del proceso de planificación, desde el más generalizado en la etapa inicial, hasta uno detallado de zonificación para uso en lugares específicos. Tal como lo sugiere el nombre, este mapa divide la totalidad del área de estudio en sub-áreas basadas en el grado del peligro potencial de deslizamiento. El mapa de peligro de deslizamiento es producido interpretando los datos presentados por los mapas de inventario de deslizamientos y los factores permanentes que influyen sobre la ocurrencia de deslizamientos.

Como con cualquier otro mapa la escala es una consideración importante. Hay dos puntos que se deben mantener en la mente respecto a la escala del mapa de peligro de deslizamiento. Primero, el mapa debe ser producido a una escala capaz de presentar la información necesaria para un determinado nivel de planificación. La compatibilidad de escala será importante cuando el mapa del peligro habrá de ser combinado con otros mapas para producir uno de capacidad de tierra (ver Capítulo 3). Segundo, el mapa de peligro de deslizamiento tendrá que estar a una escala no marcadamente diferente de los otros mapas

de datos que se usaron para producirlo. En otras palabras, la confiabilidad podrá ser cuestionada cuando un mapa de peligro de deslizamiento, producido a escala de 1:50.000, se ha basado en un mapa de (calidad de pendientes a escala de 1:250.000).

Se identifican cuatro niveles de peligros relativos sobre un mapa de peligro de deslizamiento: (1) bajo; (2) moderado; (3) alto; y (4) peligro extremo. El nivel de peligro de deslizamiento se mide sobre una escala ordinal con este método y es una representación cuantitativa de los niveles de peligro que se difieren, y que muestra solo el orden de peligro relativo en un sitio determinado y no un peligro absoluto. La predicción de un peligro absoluto está más allá de la capacidad actual.

En consecuencia, no hay manera de comparar zonas de peligros en diferentes lugares o de determinar, por ejemplo, la probabilidad que un área de alto peligro sea dos o más veces proclive que las áreas de bajo peligro a fallar en el futuro. Se debe hacer hincapié en el hecho que estas zonas de peligros relativos están basadas en los deslizamientos existentes y en las condiciones que influyen sobre su ocurrencia en una área específica. Las zonas de peligro que han sido determinadas para una área dada, sólo son válidas para el área para la cual fueron preparadas. Condiciones similares que se encuentren fuera del área evaluada, pueden no producir el mismo grado de peligro, por causa de alguna diferencia aparentemente muy pequeña en alguno de los factores.

3. Análisis de factores: La técnica para preparar un mapa de peligros

El análisis de factores es un método paso-a-paso usado para preparar mapas de zonificación de peligro de deslizamiento de un área. Son cuatro los pasos para completar el análisis de factores y producir un mapa del peligro: (1) cartografía de los deslizamientos existentes y preparación de un mapa combinando los factores permanentes (roca firme, calidad de pendiente, factores hidrológicos) en unidades individuales del mapa; (2) sobreposición del inventario de deslizamientos sobre el mapa de factores combinados; (3) preparación de un análisis para todas las combinaciones de los factores y las combinaciones de grupos de factores, de manera que se definan los cuatro grados de peligro de deslizamiento; y (4) producir un mapa con cuatro zonas, para el peligro de deslizamiento, a partir de las combinaciones agrupadas.

Figura 10-10: MAPA DEL AREA DE ESTUDIO

Leyenda

Una presentación sobre como se determina la proporción de combinaciones de roca firme/pendiente, sujetas a anterior actividad de deslizamientos. Tomar nota que mientras la combinación B3 obviamente más deslizamientos que la combinación C4, el menor tamaño del área C4 probablemente resultará en que tenga una mayor proporción que B3.

a. Paso uno: Mapa combinado de factores permanentes

El primer paso es preparar un mapa de deslizamientos existentes inventariados. También compilar un mapa que combine la roca firme, calidad de pendiente y, cuando fuera posible, las unidades o categorías de factores hidrológicos en unidades cartográficas individuales. Como ejemplo, suponga que sólo se ha de usar la roca firme y la calidad de pendiente. El mapa compilado estará compuesto de unidades cartográficas que identifiquen ciertos tipos de roca firme y de calidad de pendiente, p.e., roca firme B3 sobre pendientes de 25 a 50 por ciento (ver Figura 10-10).

b. Paso dos: Sobreposición del inventario de deslizamientos de tierra

El segundo paso es colocar una transparencia del mapa de inventario de deslizamientos sobre el mapa de factores combinados. Esto identificará cuales combinaciones están asociadas con anteriores deslizamientos y cuales no lo están. La tabulación del inventario de deslizamientos se desarrolla indicando el área total de deslizamientos que ocurren en cada unidad específica de roca firme en combinación con la calidad de pendiente (y otros factores, si son considerados) (ver Figura 10-12). Cuando se usa un factor hidrológico tal como zona vegetativa u orientación de pendiente, la tabulación incluirá el área de deslizamiento para cada combinación específica de roca firme y calidad de pendiente, más el factor hidrológico. Sumando las áreas de todas las combinaciones que se encuentran en la tabla se obtendrá el área total de deslizamientos en el área de estudio. Esta es una manera de verificar que todas las combinaciones estén incluidas en el análisis. La figura 10-11 muestra la extensión hasta donde está presente cada combinación en el área de estudio. Por ejemplo, en roca firme B, sobre pendientes entre 25 y 50 por ciento se observan 784 hectáreas de deslizamientos.

c. Paso tres: Combinación de grupos usando el análisis de factores

El tercer paso es agrupar las combinaciones de estos factores de manera que definan cuatro grados de peligro de deslizamiento. La agrupación se logra mediante un análisis de factores combinado o una evaluación de matrices (DeGraff y Romesburg, 1989). Este análisis permite incorporar la interacción entre factores que afectan la ocurrencia de deslizamientos, sin necesidad de entender explícitamente aquellas interacciones.

Para comenzar, se mide el área total de cada combinación de roca firme, el grado de deslizamiento y factores hidrológicos del área de estudio, representados en la tabla preparada en el paso 2. Ha de ser calculada el área total con estas combinaciones y no sólo aquellas áreas asociadas con actividad de deslizamientos. Continuando con el ejemplo, suponga que se determinó un área total de 2.327 hectáreas de roca firme B, sobre pendientes mayores de 25% pero menores de 50%. La tabla del inventario de deslizamientos preparada en el Paso 2, muestra sólo el área de anteriores deslizamientos que se encuentra para cada combinación. Entonces el área total para cada combinación asociada con los deslizamientos, que se encuentran en la tabla de inventarios de deslizamientos, se divide por el área para la misma combinación de factores que se encuentra en el área de estudio (ver Figura 10-12). En el ejemplo, esto sería 784 dividido entre 2.327. Esto da una proporción para cada combinación que está sujeta a la ocurrencia de anteriores deslizamientos, p.e. 0,34. Esta cifra representa la proporción de la combinación perturbada por anteriores deslizamientos en esa área (ver Figura 10-11).

Figura 10-11

FACTOR PERMANENTE COMBINADO (MUESTRA DE ROCA FIRME y CLASE DE PENDIENTE) y COBERTURA DE AREAS DEL TERRENO (EN HECTAREAS)

GRUPO DE ROCA FIRME	CLASE DE DESLIZAMIENTO				AREA TOTAL (HA)
	0<12% (1)	12<25% (2)	25<50% (3)	>50% (4)	
A	-	52	78	-	130
					Area de deslizamientos
	1.570	722	512	237	3.041

					Areas combinada ^a
B	-	301	784	-	1.085
					Area de deslizamientos
	-	1.776	2.327	-	4.103
					Areas combinada ^a
C	78	-	351	180	609
					Area de deslizamientos
	673	2.450	1.790	793	5.796
					Areas combinada ^a

^a Area combinada = Area de factor permanente combinado

Figura 10-12: ZONAS DE PELIGRO DE DESLIZAMIENTO

La combinación de roca firme, calidad de pendiente y los factores hidrológicos asociados con el área más grande, afectada por deslizamientos, puede no ser la más peligrosa: puede simplemente ser la combinación que es más común en el área de estudio. ya que tal área es la combinación predominante, tiene la mayor probabilidad de estar asociada con anteriores deslizamientos y no necesariamente la de ser la más peligrosa. El proceso aquí descrito asegura que la comparación del peligro de deslizamiento entre las diferentes combinaciones, se realice sobre bases iguales.

Habrá un valor proporcional para cada combinación de roca firme, calidad de pendiente y otros factores asociados con los deslizamientos existentes que va desde , 01 hasta 1,0. Las proporciones son ordenadas de la más pequeña a la más grande. Este rango de valores se divide en tres grupos para representar el peligro relativo de deslizamientos en el área de estudio. Para asegurar que los puntos usados para definir los tres grupos han sido determinados objetivamente, se hace uso del análisis de grupo no-jerárquico. (Ver el Apéndice de este capítulo para un ejemplo de cálculo).

Se logra una división inicial en tres grupos separando en partes iguales el rango presente de valores proporcionales. Los límites superior e inferior de cada grupo se retienen o se ajustan para asegurar que la división final represente la suma mínima de las desviaciones al cuadrado, alrededor de los tres promedios de grupo. Esto está basado en la función W (Anderberg, 1973).

LA FUNCION W PARA DEFINIR LOS CUATRO NIVELES DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS

$$W = \sum_{i=1}^{i=3} \sum_{j=1}^{j=n} (X_{ij} + X_i)^2 = W_1 + W_2 + W_3$$

d. Paso cuatro: Producción de zonas de peligro de deslizamientos de tierra

El cuarto y último paso hace uso de combinaciones agrupadas para producir zonas de peligro de deslizamiento extremo, alto, moderado y bajo. Una vez que se dividen las proporciones en tres grupos, se identifican las combinaciones de roca firme, calidad de pendiente y factores hidrológicos que representan

diferentes niveles de peligro relativo a deslizamientos. El grupo de proporciones con los valores más altos, es decir, hacia el extremo 1,0 del rango, representa combinaciones que definen peligros extremos de deslizamiento. El grupo de proporciones con los valores menores, representa combinaciones que definen un alto peligro de deslizamiento. El grupo de proporciones con los menores valores, es decir, hacia el extremo 0,1 del rango, representa combinaciones que definen un peligro moderado de deslizamiento. Todos los factores de roca firme, pendientes e hidrológicos que no estén asociados con deslizamientos existentes, definen un bajo peligro de deslizamiento.

Las transparencias de los mapas usados para determinar áreas de roca firme, calidad de pendientes y factores hidrológicos presentes en todo el área de estudio, pueden ser ahora revisadas para hacer el mapa de zonificación de peligros. La Figura 10-12 muestra los mapas originales vueltos a dibujar como zonas de peligro. Las combinaciones con peligros extremos son redibujadas y retituladas como zonas de peligros extremos. Redibujar y retitular las combinaciones que representan zonas de otros peligros produce un mapa completo de zonificación de peligros, que muestra los cuatro niveles de peligro relativo. La relación empírica de los factores físicos, como los define el análisis de factores, es válido sólo para el área evaluada, y no se puede extrapolar para cubrir otras áreas adicionales.

Una vez que se ha identificado estas áreas de peligro, se puede tomar una decisión respecto a las actividades apropiadas de desarrollo, el tipo de medidas de mitigación a ser incluidas en el proceso, o las áreas que deben de ser descartadas. Es importante tomar nota que los mapas esenciales de roca firme y de calidad de pendiente no siempre están disponibles. Sin estos mapas, se puede producir un mapa isopleta que es un sustituto aceptable.

4. Compensación por la insuficiencia de datos: el mapa isopleta

En la ausencia de mapas de roca firme y de calidad de pendientes, se puede usar el mapa de inventario de deslizamientos para producir un mapa analítico adecuado para representar la actividad de deslizamientos en una área. Se recomienda para este propósito un mapa de isopletas de la frecuencia de deslizamientos. Un mapa isopleta o cualquier otro mapa analítico puede servir sólo como una evaluación inicial de la actividad de deslizamiento y no como un sustituto de mapas de peligro de deslizamiento. Las condiciones subyacentes que dan lugar a los deslizamientos seguirán siendo desconocidas, lo que impedirá que se haga una distinción entre los grados relativos del peligro de deslizamiento.

Es razonable suponer que las áreas con alta frecuencia de deslizamiento tienen mayor probabilidad de sufrir futuros deslizamientos que aquellas áreas de baja frecuencia. Un mapa isopleta se puede hacer en base a esta suposición. Para preparar un mapa isopleta se comienza con un mapa de inventario de deslizamientos (Wright et al., 1974). Se coloca una transparencia con una grilla de 2 cm x 2 cm sobre el mapa de inventario de deslizamientos. (Ver Figura 10-13 para una descripción gráfica de cada paso). Sobre cada intersección en la grilla se dibujan círculos cuadriculados transparentes de 2,5 cm de diámetro. Se cuenta el número de cuadrados de la grilla, dentro del círculo, a través del cual se pueden observar depósitos de deslizamientos. Se divide ese número por el número total de unidades de cuadrados de la grilla dentro del círculo dibujado. Esto da la proporción de la unidad de área dentro del círculo que está cubierta por depósitos de deslizamientos. Esta proporción se multiplica por 100 y se hace la aproximación al número entero más cercano, para obtener el porcentaje de terreno afectado por deslizamientos. El valor de este porcentaje se escribe en la transparencia al lado de la respectiva intersección de la grilla.

Una vez que todas las intersecciones queden identificadas con valores porcentuales, se pueden dibujar las líneas isopleas. Las líneas isopleas conectan puntos de igual valor. Estas líneas muestran la frecuencia generalizada de la actividad de deslizamiento representada por el porcentaje del área perturbada por ellos. Así dibujadas, el intervalo entre isopleas para producir el mapa dependerá del uso propuesto. Una sola línea que representa el lindero entre áreas de deslizamiento frecuente y de deslizamiento poco frecuente, muestra las áreas en las que este fenómeno es un factor principal en la modulación del paisaje y aquéllas otras en las que no lo es. Esto sirve como una primera evaluación de áreas expuestas a problemas de deslizamientos cuando no se dispone de información sobre factores adicionales para el área bajo estudio. Es importante recordar que esta es una técnica analítica que produce una evaluación limitada del área, más que una técnica desarrollada por un proceso interpretativo.

Figura 10-13: PASOS PARA LA PREPARACION DE UN MAPA ISOPLETA

Durante la Fase II del proceso de planificación, además del inventario intermedio de deslizamientos, se recomienda la preparación de un mapa isoplea que proporcionará a los planificadores la información disponible, mejor elaborada. Usando las técnicas ya descritas, la preparación del mapa es modificada de dos maneras: (1) para compilar este mapa isoplea sólo se utilizaría los tipos específicos de deslizamiento identificados en el inventario intermedio, que son los que probablemente se iniciarán por el uso de tierras propuesto; la selección de tipos de deslizamiento deberá ser gobernada por la información sobre la actividad de deslizamientos, desarrollada por el geólogo que completó el inventario intermedio de los deslizamientos existentes, y por el actual uso de tierras y el uso propuesto; y (2) las isopleas están dibujadas a intervalos regulares de manera similar a como se presenta la elevación con curvas de nivel, en vez del valor único que usa un mapa isoplea. Por ejemplo, en algunos mapas isopleas aplicados a la planificación del uso de la tierra, ha sido utilizado un intervalo de 10 por ciento en algunos mapas (Campbell, 1980, y Pomeroy, 1978). Esto produce un mapa que representa la intensidad de la ocurrencia de anteriores deslizamientos en una forma que se parece a un mapa topográfico. Las líneas isopleas aparecerían como las curvas de nivel que indican elevaciones. El mapa isoplea final es usado como una transparencia sobre el mapa del peligro de deslizamiento.

5. Cartografía generada por computadora

El método descrito en este capítulo se puede adaptar fácilmente a la cartografía generada por computadora (Brabb, 1984). Los mapas de factores usados para generar el mapa del peligro de deslizamiento pueden ser codificados a un sistema de información geográfica (SIG) y manipulados con una computadora. (Ver Capítulo 5 para una discusión de las aplicaciones de cartografía con computadora y el SIG). Esto permite la rápida preparación de tablas que muestren el área para diferentes combinaciones de factores. En algunos casos, los mapas de datos usados en la evaluación del peligro de deslizamiento pueden ser parte del SIG creado para planificación generada del uso de tierras, por ejemplo un mapa de vegetación. Una segunda ventaja de este método es que las escalas de los mapas a ser sobrepuestos en transparencias, en una evaluación del peligro de deslizamiento, pueden ser apareados sea cual fuere su escala original. Por ejemplo, la escala de un mapa publicado de roca firme puede diferir de los mapas de otros factores. Usando técnicas manuales, sería necesario redibujar el mapa de roca firme a la escala de los demás mapas, mientras que el sistema basado en computadora permite el apareamiento de las escalas de mapas sea cual fuere la escala original, de tal modo que los mapas pueden ser sobrepuestos y analizados en conjunto.

El apareamiento computarizado de diferentes escalas de mapas requiere identificar ciertos puntos

referenciales en cada mapa para asegurar el control adecuado entre mapas. Una vez que los mapas están computarizados, pueden ser actualizados o usados para mejorar las evaluaciones del peligro de deslizamiento. Un mapa más detallado del inventario de deslizamientos, también puede ser codificado y usado para producir un mejor mapa de zonificación de peligros con los mapas ya codificados.

Las únicas limitaciones importantes para usar un sistema en base a computadora, son la cantidad de tiempo y el gasto que se requiere para codificar los mapas y establecer una base de datos, para una evaluación del peligro de deslizamiento a una escala suficientemente grande que permita el cálculo del porcentaje del área cubierta por deslizamientos existentes. La creación de tal base de datos usualmente requiere que se planifique un proyecto importante o una serie de proyectos para justificar la asignación de recursos, o que ya exista una base de datos de mapas computarizados. Una última consideración es la posibilidad de tener acceso a equipos de cómputo, ya que las computadoras pueden ser escasas o pueden soportar gran demanda para muchos otros usos. Sin embargo, las computadoras personales son fácilmente accesibles y de poco costo relativo; los programas de cómputo adecuados y disponibles para la evaluación del peligro de deslizamiento hace posible que algunos estudios de planificación tengan su propio sistema.

Conclusión

Las áreas susceptibles a deslizamientos se pueden proyectar en base a los factores físicos asociados con la actividad de deslizamiento: la historia de deslizamientos pasados, la roca firme, la calidad de pendiente y la hidrología. No es posible la predicción de dónde y cuándo han de ocurrir los deslizamientos, aún con la mejor información disponible. Sin embargo, es posible identificar áreas susceptibles a deslizamiento. Este capítulo ha discutido algunos de los conceptos relacionados con la susceptibilidad a los deslizamientos: los diferentes tipos de deslizamientos, la naturaleza relativa de la zonificación del peligro de deslizamiento; su relación con las actividades de desarrollo; y cómo mitigar los efectos de los deslizamientos. El punto esencial ha sido demostrar la importancia de considerar los deslizamientos al inicio del estudio de planificación y de proporcionar una técnica que se pueda usar en todas las etapas del proceso de planificación. Se han destacado las diferentes preguntas que deben ser formuladas en las diferentes etapas de la planificación. Se pueden generar muchas respuestas del uso de la zonificación del peligro de deslizamiento en cada etapa del estudio de planificación. También se presentó el análisis de factores combinados paso-por-paso para preparar mapas de peligros. Todo esto permitirá al planificador a tener un conocimiento práctico de los términos, conceptos y de las importantes consideraciones relacionadas con deslizamientos y con la cartografía del peligro de deslizamiento.

Referencias

- Anderberg, M.R. *Cluster Analysis for Applications* (New York: Academic Press, 1973).
- Brabb, E.E. "Innovative Approaches to Landslide Hazard and Risk Mapping" *in* IV International Symposium on Landslides, vol. 1 (Toronto, 1984), pp. 307-323.
- Campbell, R.H. *Landslide Maps Showing Field Classifications, Point Dume Quadrangle, California, U.S. Geological Survey Field Studies Map MF-1167* (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1980).
- Carrara, A., and Merenda, L. "Landslide Inventory in Northern Calabria, Southern Italy" *in* Geological

Society of America Bulletin, vol. 87 (1976), pp. 1153-1162.

Cotecchia, V. "Systematic Reconnaissance Mapping and Registration of Slope Movements" in Bulletin of the International Association of Engineering Geology. no. 17 (1978), pp. 5-37.

DeGraff, J.V. "Regional Landslide Evaluation: Two Utah Examples" in Environmental Geology, vol. 2 (1978), pp. 203-214.

- "Initiation of Shallow Mass Movement by Vegetative-type Conversion" in Geology, vol. 7 (1979). pp. 426-429.

- "Quantitative Approach to Assessing Landslide Hazard to Transportation Corridors on a National Forest" in Transportation Research Record 892 (1982), pp. 64-68.

DeGraff, J.V., and Romesburg, H.C. "Regional Landslide-Susceptibility Assessment for Wildland Management: A Matrix Approach" in D.R. Coates, and J. Vitek (eds.), Thresholds in Geomorphology (Boston: George Alien & Unwin, 1980), pp. 401-414.

Hutchinson, J.N., and Kogan, E. "The Mayunmarca Landslide of 25 April 1974" in UNESCO Serial No. 3124/RMO.RD/SCE (Paris: UNESCO, February, 1975).

Hopkins, L.D. "Methods for Generating Land Suitability Maps: A Comparative Evaluation" in American Institute of Planning Journal, vol. 43 (1977), pp. 386-400.

Kockelman, W.J. "Some Techniques for Reducing Landslide Hazards" in Bulletin of the Association of Engineering Geologists (vol. 22, 1985).

Morgenstern, N.R., and Sangrey, D.A. "Methods of Stability Analysis" in R.L. Schuster, and R.J. Krizek (eds.), Landslides, Analysis, and Control, Special Report 176 (Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1978), pp. 155-171.

Organization of American States. Integrated Regional Development Planning: Guidelines and Case Studies From OAS Experience (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984).

Pomeroy, J.S. Isopleth Map of Landslide Deposits, Washington County, Pennsylvania, U.S. Geological Survey Field Studies Map MF-1010 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1978).

- Map Showing Landslides and Areas Most Susceptible to Sliding in Beaver County, Pennsylvania, U.S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Series Map 1-1160 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).

Rib, H.T., and Liang, T. "Recognition and Identification" in R.L. Schuster and R.J. Krizek (eds.), Landslides, Analysis, and Control, Special Report 176 (Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1978), pp. 34-80.

Sharpe, C.F.S. Landslides and Related Phenomena (New York: Columbia University Press, 1938).

Sidle, R.C., Pearce, A.J., and O'Loughlin, C.L. Hillslope Stability and Land Use, Water Resources Monograph Series No. 11 (Washington, D.C.: American Geophysical Union, 1985).

Swanson, F.J., and Dyrness, C.T. "Impact of Clearcutting and Road Construction on Soil Erosion by Landslides in the Western Cascade Range, Oregon" in Geology, vol. 3 (1975), pp. 393-396.

U.S. Geological Survey. Goals and Tasks of the Landslide Part of a Ground-Failure Hazards Reduction Program, U.S. Geological Survey Circular 880 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1982).

Varnes, D.J. "Slope Movement Types and Processes" in R.L. Schuster and R.J. Krizek (eds.), Landslides, Analysis, and Control, Special Report 176 (Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1978), pp. 12-33.

Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practices, UNESCO Natural Hazards Series No. 3 (Paris: UNESCO, 1985).

Wieczorek, G.F. "Preparing a Detailed Landslide-Inventory Map for Hazard Evaluation and Reduction" in Bulletin of the Association of Engineering Geologists, vol. 21 (1984).

Wright, R.H., Campbell, R.H., and Nilson, T.H. "Preparation and Use of Isopleth Maps of Landslide Deposits" in Geology, vol. 2 (1974), pp. 483-385.

Apéndice

EJEMPLO DE UN CALCULO DE LA FUNCION W

Como se indica en la Sección C-3, Análisis Factorial, la función W es calculada de la fórmula:

$$W = \sum_{i=1}^{i=3} \sum_{j=1}^{j=n_i} (X_{ij} + X_i)^2 = W_1 + W_2 + W_3$$

Donde:

X_{ij} = java observación i^{avo} grupo

n_i = número de observaciones en el i^{avo} grupo

Para el ejemplo, se supone que el análisis factorial combinado produjo las siguientes dieciséis proporciones:

0,53, 0,01, 0,19, 0,03, 0,39, 0,04, 0,05, 0,88, 0,11, 0,01, 0,21, 0,03, 0,61, 0,01, 0,04, 0,11

Paso 1: Las proporciones son entonces arregladas en orden ascendente:

0,01, 0,01, 0,01, 0,03, 0,03, 0,04, 0,04, 0,05, 0,11, 0,11, 0,19, 0,21, 0,39, 0,53, 0,61, 0,88

Los datos van de 0,01 a 0,88. Este rango es dividido en partes iguales para formar tres grupos basados en una partición de intervalos iguales:

$0,01 \leq X < 0,29$, $0,29 \leq X < 0,58$, y $0,58 \leq X < 0,88$

Paso 2: El factor W es calculado usando los valores en cada grupo formado bajo la partición inicial de intervalos iguales:

[0,01 ≤ X < 0,29]	[0,29 ≤ X < 0,58]	10.58 ≤ X < 0,88]
0,01, 0,01, 0,01, 0,03, 0,03, 0,04, 0,04, 0,05, 0,11, 0,11, 0,19, 0,21	0,39, 0,53	0,61, 0,88

$X1 = 0,07$	$X2 = 0,46$	$X3 = 0,745$
$W1 = 0,0534$	$W2 = 0,0098$	$W3 = 0,0365$

$$W = W1 + W2 + W3 = 0,0534 + 0,0098 + 0,0365 = 0,0996$$

El objetivo es minimizar el valor de W. En otras palabras, encontrar los valores más pequeños de W que puedan ser calculados para tres grupos de los valores proporcionales. Esto aplica el principio de mínimos cuadrados, un método estadístico común, a este problema unidimensional minimizando la suma de las desviaciones al cuadrado en relación con los promedios de grupos.

Paso 3: El borde es desplazado hacia la derecha para buscar la disminución deseada en la función W:

$[0,01 \leq X < 0,39]$	$[0,39 \leq X < 0,58]$	$[0,58 \leq X < 0,88]$
0,01, 0,01, 0,01, 0,03, 0,03, 0,04, 0,04, 0,05, 0,11, 0,11, 0,19, 0,21, 0,39	0,53	0,61, 0,88
$X1 = 0,0946$	$X2 = 0,53$	$X3 = 0,745$
$W1 = 0,1479$	$W2 = 0$	$W3 = 0,0365$

$$W = W1 + W2 + W3 = 0,1479 + 0 + 0,0365 = 0,18435$$

Debido a que el valor recalculado es mayor que el valor de W inicialmente calculado, éste fue un movimiento en la dirección contraria. Se trasladará el borde hacia la izquierda del borde inicial en búsqueda de una disminución del valor W.

Paso 4: El borde al extremo de la izquierda se mueve hacia la izquierda por un valor. Se recalcula la función W y se compara con el valor W inicial para constatar si ocurrió la deseada disminución:

$[0,01 \leq X < 0,19]$	$[0,19 \leq X < 0,58]$	$[0,58 \leq X < 0,88]$
0,01, 0,01, 0,01, 0,03, 0,03, 0,04, 0,04, 0,05, 0,11, 0,11, 0,19	0,21, 0,39, 0,53	0,61, 0,88
$X1 = 0,0573$	$X2 = 0,3767$	$X3 = 0,745$
$W1 = 0,0320$	$W2 = 0,0515$	$W3 = 0,0365$

$$W = W1 + W2 + W3 = 0,0320 + 0,0515 + 0,0365 = 0,12$$

Esta no es una disminución. Por lo tanto, la partición del borde, al extremo de la izquierda se mantiene en su valor inicial.

Paso 5: Ahora el segundo borde o sea el borde al extremo de la derecha se desplaza a la derecha:

$[0,01 \leq X < 0,29]$	$[0,29 \leq X < 0,61]$	$[0,61 \leq X < 0,88]$
0,01, 0,01, 0,01, 0,03, 0,03, 0,04, 0,04, 0,05, 0,11, 0,11, 0,19, 0,21	0,39, 0,53, 0,61	0,88
$X1 = 0,07$	$X2 = 0,51$	$X3 = 0,88$
$W1 = 0,0534$	$W2 = 0,0248$	$W3 = 0$

$$W = W1 + W2 + W3 = 0,0534 + 0,0248 + 0 = 0,0782$$

Esto si es una disminución del valor de W. Si quedaran otros valores en el tercer grupo, el borde se

trasladaría paso-a-paso hacia la derecha hasta que no se obtuviera mayor disminución de los valores W . Sin ningún otro valor presente, esto minimiza la suma de las desviaciones al cuadrado en relación con los promedios de grupos, lo más posible y retiene tres grupos. Si el traslado a la derecha hubiera conducido a un valor más alto de W , se hubiera intentado un traslado a la izquierda del borde de la derecha. Habiendo determinado la ubicación de los bordes para obtener el menor valor de W , se ha logrado el mejor agrupamiento de los valores proporcionales presentes.

Como resultado de este proceso iterativo, la partición inicial en grupos con los siguientes rangos:

$$0,10 \leq W < 0,29$$

$$0,29 \leq W < 0,58$$

$$0,58 \leq W < 0,88$$

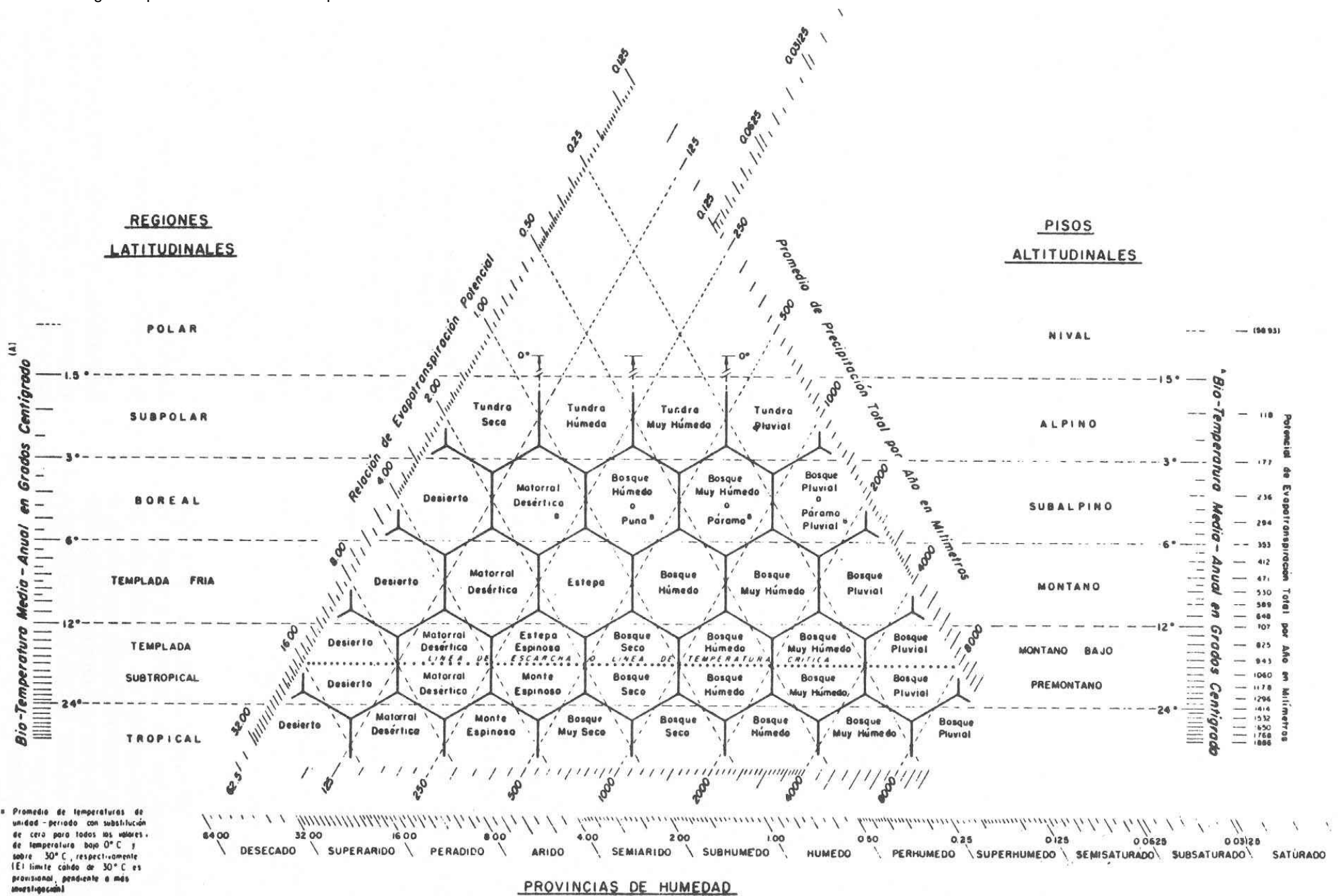
se cambia a una agrupación más consistente con los valores proporcionales involucrados, en base al rango de los valores siguientes:

$$0,01 \leq X < 0,29$$

$$0,29 \leq X < 0,61$$

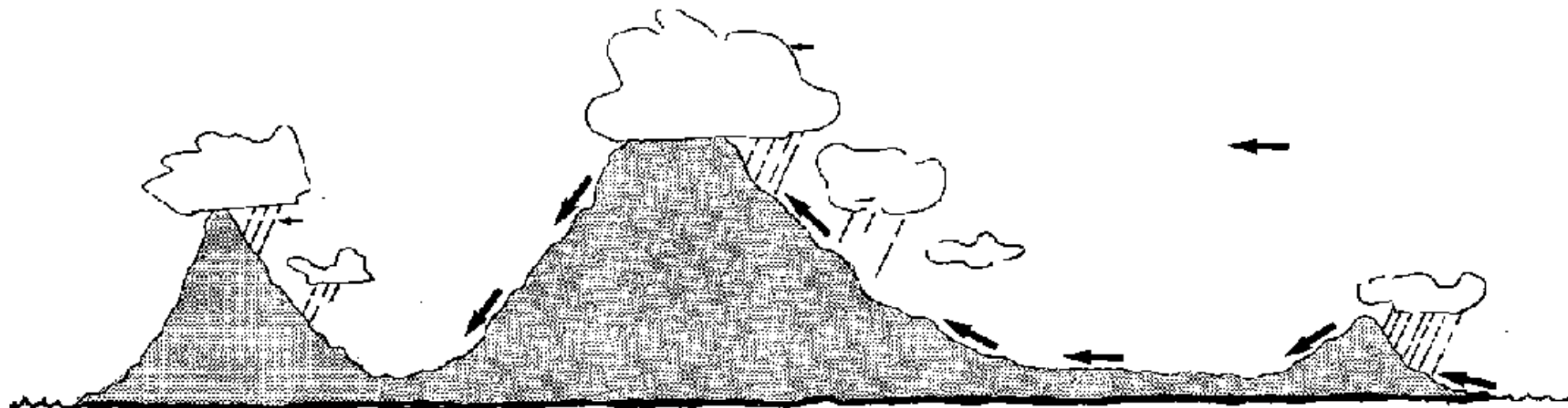
$$0,61 \leq X < 0,88$$





(A) = Promedio de temperaturas de unidad - periodo con substitución de cero para todos los valores de temperatura bajo 0° C y sobre 30° C, respectivamente (El límite crítico de 30° C es provisional, pendiente a más investigación)

(B) = En la región Tropical y Sub tropical solamente



	2	3	6	3	2	1	2	3	4	7	4-5	3	2	1	2	8	
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	--

Océano
Pacífico

Volcanes Aislados

Macizo Monte Cristi

Tierras Bajas

Distancia Costera

El Caribe

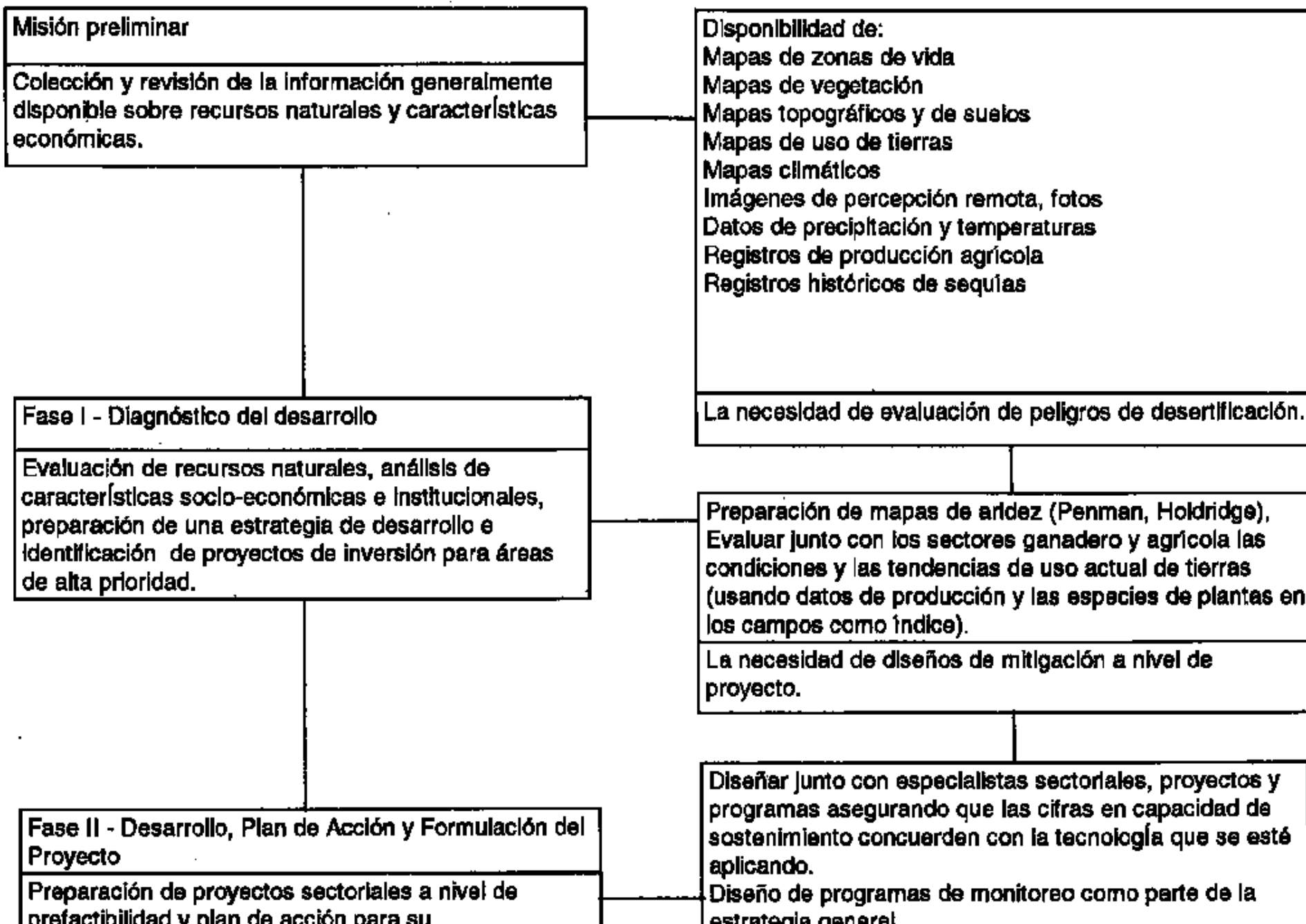
Leyenda:

1. Matorral Desértico Subtropical
2. Monte Espinoso Subtropical
3. Bosque Seco Subtropical
4. Bosque Húmedo Premontano

5. Bosque Húmedo Premontano
6. Bosque Muy Húmedo Montano
7. Bosque Pluvial Montano
8. Bosque Húmedo Tropical

ACTIVIDADES DEL ESTUDIO DE LA PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO

REQUERIMIENTOS PARA LA EVALUACION DEL PELIGRO DE DESERTIFICACION/ACTIVIDADES

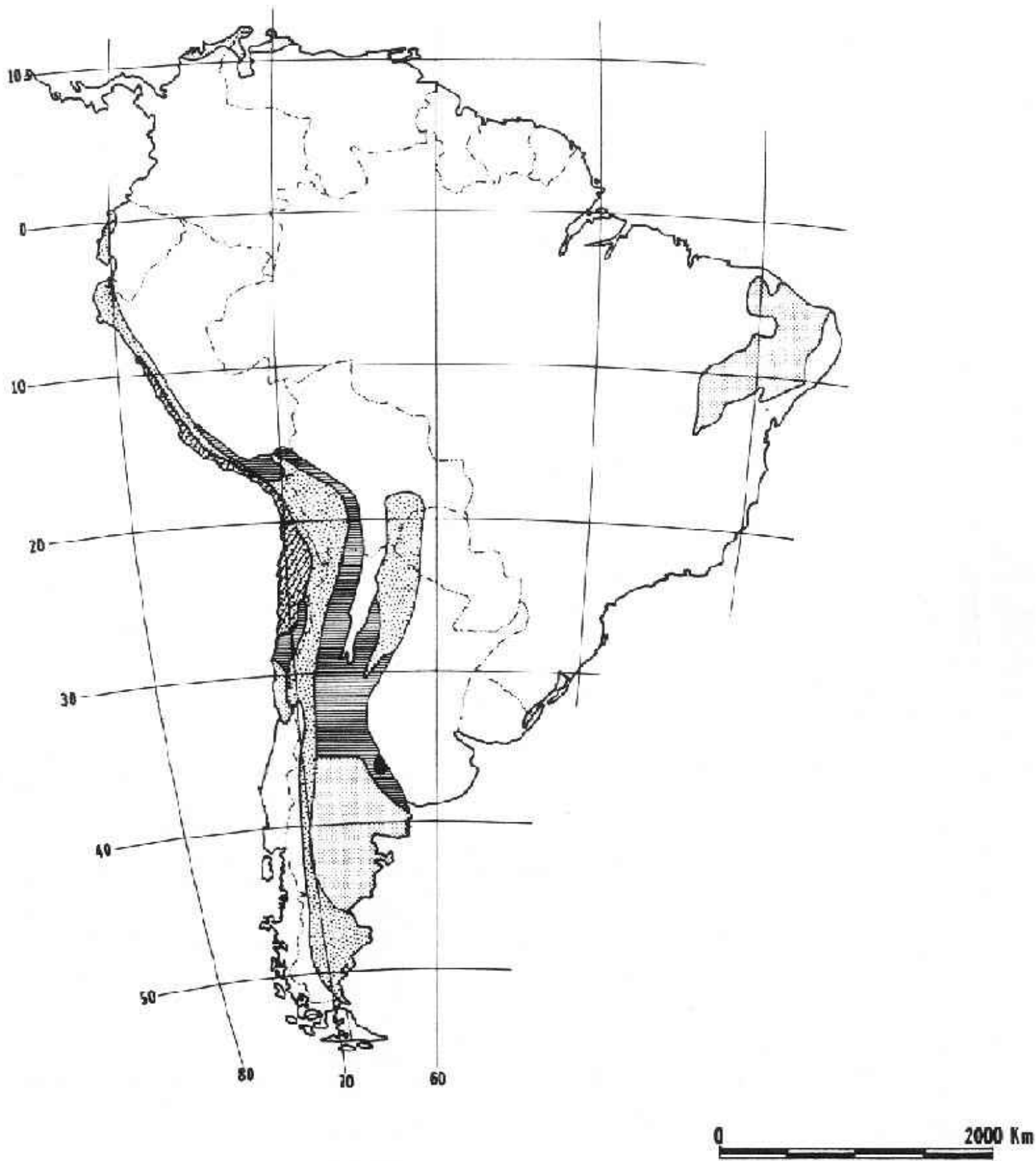


Procedimientos y Plan de Acción para la implementación.

Estrategia general.



Implementación
Diseño de Ingeniería de Infraestructura y proyectos de construcción y ejecución.

Evaluación de la Implementación de proyectos
Incluyendo la concordancia con disposiciones y proyectos de mitigación
Supervisión de la instalación y funcionamiento de la estrategia de monitoreo.



DESERTIFICACION DE TIERRAS ARIDAS

REGIONES HIPERARIDAS

-  Leve
-  Moderada



Severa

Muy severa



Capítulo 11. Peligros geológicos

[A. Visión general de los peligros geológicos y el proceso de la planificación para el desarrollo](#)

[B. Terremotos](#)

[C. Erupciones volcánicas](#)

[D. Tsunamis](#)

[Conclusiones](#)

[Referencias](#)

RESUMEN

Este capítulo presenta a los planificadores (1) una descripción de los fenómenos geológicos más peligrosos -terremotos, volcanes, y tsunamis- y sus efectos; (2) una discusión de cómo hacer uso de la información existente para evaluar los peligros asociados con estos fenómenos e incorporar medidas tempranas de mitigación en el estudio de desarrollo integrado; (3) fuentes de datos y mapas geológicos; y (4) información con la cual tomar decisiones importantes tempranamente en el proceso de planificación.

Los procesos que han formado la tierra actúan continuamente sobre o debajo de su superficie. El movimiento de placas en la corteza terrestre y las concentraciones locales de calor son una fuente continua de peligros para las personas y sus estructuras. Una clasificación simplificada de los principales fenómenos geológicos relacionados con peligros potenciales, y los peligros que causan, se presentan en el cuadro a continuación.

Este capítulo enfoca el uso de información sobre terremotos y deslizamientos de tierra inducidos por terremotos, erupciones volcánicas y tsunamis (olas oceánicas causadas por desplazamiento y movimiento de la tierra) para mejorar la planificación para el desarrollo en América Latina y el Caribe. Para cada peligro, este capítulo presenta las características físicas, fuentes de información, datos disponibles para determinar el peligro presente y medidas de mitigación; el Capítulo 10 ofrece una más detallada discusión de los deslizamientos. No se consideran aquí ciertos otros fenómenos geológicos -tales como suelos expansivos, levantamiento y subsidencia- que son menos comunes, menos peligrosos o menos sujetos a evaluación general y a mitigación.

Los resultados de una extensa investigación sobre peligros geológicos que se ha llevado a cabo hasta la fecha han sido traducidos en forma accesible para los no científicos, y existen a disposición mapas a pequeña escala que muestran los niveles de peligros históricos actuales y potenciales. Si bien este capítulo no describe técnicas específicas de evaluación de peligros geológicos, la mayor parte de las cuales está más allá de los límites técnicos temporales y presupuestales de los estudios de planificación para el desarrollo integrado, se presenta y discute la información existente que puede y debería ser usada durante las etapas de la Misión Preliminar y Fase I de un estudio de planificación. Esta información es suficiente para que el equipo de planificación decida si un peligro constituye un problema significativo en el área de desarrollo y, si así fuera, para que decida también cuales serían los estudios detallados adicionales que requerirían los servicios de un especialista.

A. Visión general de los peligros geológicos y el proceso de la planificación para el desarrollo

[1. Planificación para el desarrollo](#)

Los peligros geológicos son responsables de grandes pérdidas de vidas y destrucción de propiedades. En el siglo veinte más de un millón de personas en todo el mundo han sido víctimas sólo de los terremotos, y el valor de la propiedad destruida por terremotos, volcanes y tsunamis asciende a decenas de millones de dólares. América Latina sufre gran parte de esta fuerza destructiva; durante el período 1985-1987, los terremotos en Ecuador, México y El Salvador, y una erupción volcánica en Colombia, causaron la muerte de más de 36.000 personas.

La Placa de Nasca, que se desliza lentamente hacia el este sobre el manto terrestre, penetra debajo de la Placa Sudamericana a lo largo de la fosa Perú-Chile. La fricción resultante produce presiones internas y aumento de temperatura; la roca de subducción se fusiona y se expande, causando presión adicional y un movimiento hacia arriba del magma. El magma llega a la superficie, erupcionando para formar volcanes, y las rocas de la corteza se quiebran y se mueven en respuesta a las fuerzas internas. Así, la corteza encima de la zona de subducción está marcada por volcanes y fallas activas. El movimiento a lo largo de estas fallas causa terremotos.

Esta zona de volcanismo y terremotos, que involucra varias placas y fosas, se manifiesta en América Latina por la Cordillera de los Andes y su extensión hacia Centro América y México. Virtualmente da la vuelta bordeando el Océano Pacífico y es conocida como el "Círculo de Fuego". Los peligros geológicos -terremotos, deslizamientos de tierra inducidos, y las erupciones volcánicas- están concentrados en esta región, así como también las olas oceánicas sísmicas, comúnmente llamadas tsunamis, que son originadas por los terremotos que allí ocurren. Condiciones geológicas similares se extienden al Caribe, región que es considerada como parte del Círculo de Fuego, aun cuando no es parte de la cuenca del Pacífico.

UNA CLASIFICACION SIMPLIFICADA DE LOS PRINCIPALES PELIGROS GEOLOGICOS

Eventos geológicos	Peligros que causan
Terremotos	A. Sacudimiento del terreno
	B. Fallamiento en superficie
	C. Deslizamientos y licuefacción
	1. Avalanchas de roca
	2. Flujos rápidos del suelo
	3. Caídas de roca
D. Tsunamis	
Erupciones Volcánicas	A. Caída de tefra y proyectiles balísticos
	B. Fenómenos piroclásticos
	C. Lanares (flujos de lodo) e inundaciones
	D. Flujos de lava y domos
	E. Gases venenosos

Con el presente estado de la tecnología, la mayoría de los eventos geológicos no pueden ser prevenidos ni pronosticados con alguna precisión. Los deslizamientos son una excepción: frecuentemente pueden ser prevenidos. Las áreas expuestas a tales eventos se pueden identificar como zonas de fallamientos sísmico, volcanes activos, y áreas costeras susceptibles a los tsunamis. Sin embargo, no todas las fallas sísmicas han sido identificadas. Las estimaciones de ocurrencia de un evento peligroso dado son probabilísticas, basadas en la consideración de la magnitud de un evento y su ocurrencia en tiempo y espacio. Otras medidas -duración, extensión en área, velocidad del inicio, dispersión geográfica, frecuencia- se pueden anticipar aún con menos precisión.

Sin embargo, las medidas de mitigación apropiadas pueden reducir enormemente los daños causados por los peligros geológicos. La ciudad de Los Angeles, California, por ejemplo, ha puesto en vigencia un sistema de reglamentos sobre gradientes que ha traído como consecuencia una reducción del 90% de los daños relacionados con deslizamientos a estructuras construidas después que entraron en efecto (Hays, 1981). La alta densidad de población e infraestructura aumenta el riesgo, haciendo que la mitigación del peligro sea aún más importante.

Los eventos geológicos destacan por su comienzo extremadamente rápido. A diferencia de las inundaciones o huracanes, cuyo impacto en determinado lugar puede ser pronosticado con horas o días de anticipación, los terremotos prácticamente no dan aviso alguno. Los volcanes frecuentemente muestran señales de un aumento general en actividad pero dan poco o ningún aviso exacto de su erupción. (En unas cuantas áreas donde se sabe que existen peligros, p.e., el Nevado del Ruiz, Mt. St. Helens y la falla de San Andrés, se han instalado instrumentos que pueden dar indicios de una actividad esperada). Los tsunamis se desplazan a grandes distancias sobre mar abierto; un tsunami que fuera originado en la costa del Perú podría afectar la costa del Japón unas 18 horas después, dando un razonable tiempo para la alerta, pero el mismo tsunami afectaría la costa del Perú casi sin ningún aviso.

Además de la velocidad de comienzo, los peligros geológicos también tienden a tener impactos que cubren grandes áreas. Los terremotos pueden causar daños en una área de millones de kilómetros cuadrados, y los tsunamis se desplazan sobre todo el océano y causan daños importantes a miles de kilómetros de distancia del lugar de origen. Por estas razones las medidas de mitigación no estructurales, tales como la zonificación para uso de tierras o el desarrollo de sistemas de monitoreo, tienden a ser particularmente efectivas.

1. Planificación para el desarrollo

Cuanto antes se incorpore la mitigación de un peligro geológico al proceso de la planificación para el desarrollo, tanto más efectiva será. La Figura 11-1 resume los principales problemas asociados y señala la fase más apropiada del proceso para que sean considerados en el estudio de la planificación para el desarrollo.

Se debe hacer hincapié en que "dar consideración" quiere decir que las decisiones firmes que significan dinero deben ser tomadas a cada paso, a medida que se avanza: ¿Son las fallas del terreno un peligro serio aquí? ¿Se deberá hacer algo para evitarlo? ¿Para evitar sus efectos? ¿Cuánto costarán los trabajos de mitigación? ¿Cuáles son los costos potenciales de no tomar acción?. El planificador debe proporcionar la información sobre la cual se pueda basar una decisión en cada momento, pero debe ser la mínima necesaria para una decisión confiable y aceptable, considerando que la compilación de información es costosa. Aún más, debe estar disponible en el momento correcto, pues la planificación para el desarrollo integrado, si ha de ser eficiente, funciona con un cronograma muy preciso.

Figura 11-1: TEMAS DE PELIGROS GEOLOGICOS y SU RELACION CON ESTUDIOS DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO INTEGRADO

La información ideal para una decisión en particular puede no estar disponible o ser demasiado costosa o requerir demasiado tiempo para ser obtenida como parte del estudio de la planificación para el desarrollo. En ese caso, puede ser posible sustituirla con otro tipo de información que, aunque no sea ideal, ofrezca resultados con un adecuado grado de confiabilidad para el nivel del estudio. Este capítulo ofrece un marco para llegar a decisiones sobre la mitigación de peligros geológicos en diversas etapas del proceso de la planificación para el desarrollo, a un costo mínimo para la obtención de información. En las sucesivas etapas de la planificación para el desarrollo, el trabajo de mitigación de peligros es más detallado y especializado. Así, el capítulo se concentra sobre las primeras fases de los estudios de desarrollo, durante las cuales la evaluación de los peligros geológicos y la identificación de medidas de mitigación se acoplan confortablemente al estudio de planificación.

B. Terremotos

[1. Efectos de los terremotos y el peligro que representan](#)

[2. Predicción, evaluación y mitigación del peligro de terremotos](#)

[3. Tipos y fuentes de información sobre terremotos](#)

[4. El peligro de terremotos y el proceso de la planificación para el desarrollo a. misión preliminar](#)

Un terremoto es causado por la súbita liberación de energía de las fuerzas elásticas que se acumulan lentamente a lo largo de una falla dentro de la corteza terrestre. Las áreas de superficie o subterráneas que se fracturan y que pueden experimentar terremotos, se conocen como zonas sísmicas de fallamiento. Un 15% de los terremotos del mundo ocurren en América Latina, concentrados principalmente en la cordillera occidental. El Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), con sede en Lima, Perú, ha producido un mapa titulado "Grandes Terremotos en América del Sur -1520-1981" que muestra los terremotos significativos ocurridos en América Latina durante este período.

1. Efectos de los terremotos y el peligro que representan

Según el tamaño y su ubicación, un terremoto puede causar los fenómenos físicos de sacudimiento de terreno, ruptura en superficie de una falla, fallamiento del terreno y los tsunamis en algunas áreas costeras. Ocurren réplicas sísmicas más pequeñas después del evento principal, a veces durante varias horas, o meses o aún años.

a. Sacudimiento del terreno

El sacudimiento o movimiento del terreno, la causa principal del colapso parcial o total de las estructuras, es la vibración del terreno excitado por las ondas sísmicas durante un terremoto. Son cuatro los principales tipos de onda sísmica que se propagan a través del interior o sobre la superficie de la tierra, a diferentes velocidades; llegan a un lugar determinado en diferentes momentos y hacen vibrar las estructuras de manera diferente. La primera onda que llega a la superficie de la tierra es la onda sonora u onda P y es la primera que hace vibrar a una construcción. Las ondas más destructoras son las ondas de corte, ondas S, que causan que la tierra se mueva a ángulo recto de la dirección de propagación de la onda y que las estructuras vibren de lado a lado. A no ser que la estructura sea diseñada y construida para resistir todas estas vibraciones, el sacudimiento del terreno puede causar graves daños. El tercer y cuarto tipos son ondas de superficie de baja frecuencia, cuya velocidad de propagación es menor, usualmente detectadas a mayores distancias del epicentro, y que causan la oscilación más lenta de estructuras y también olas en embalses de agua.

Características (Parámetros)

Aquí se tratan las cuatro características principales que influyen sobre el daño que puede ser causado por el sacudimiento del terreno debido a un terremoto: magnitud, atenuación, duración y respuesta de sitio. Un quinto parámetro, el potencial de fallamiento del terreno (o sea la propensión de un lugar a la licuefacción o a deslizamientos) es tratado por separado, más adelante en esta sección. Estos factores están también relacionados con la distancia del lugar afectado hasta el epicentro del sismo - el punto sobre la superficie encima del foco o hipocentro, es decir, el lugar de origen debajo de la superficie.

(1) Severidad o tamaño del terremoto: La severidad de un terremoto se puede medir de dos maneras: Por la intensidad y la magnitud. La intensidad es el efecto aparente del sismo en un determinado lugar. La magnitud está relacionada con la cantidad de energía liberada en el lugar de origen.

La intensidad se mide con varias escalas. La que más comúnmente se usa en el hemisferio occidental es la escala Mercalli Modificada (MM) de I a XII, con la cual la intensidad es evaluada subjetivamente en base a la descripción de los daños. La Figura 11-2 muestra las relaciones aproximadas entre magnitud, intensidad en el epicentro y otros parámetros sísmicos, y compara la energía liberada con la explosión de toneladas equivalentes a TNT.

La escala Richter, que mide magnitud, es la que más frecuentemente utilizan los medios de comunicación para dar a conocer al público el tamaño de un terremoto. Es más fácil determinar magnitud que intensidad, pues es un parámetro que registran los instrumentos sísmicos, aunque presenta algunas dificultades. Mientras un terremoto puede tener una sola magnitud, las intensidades varían de acuerdo a los efectos en las diferentes comunidades y a diferentes distancias del epicentro. Así, dos sismos con la misma magnitud Richter, pueden tener intensidades máximas muy diferentes en diferentes lugares.

Figura 11-2: RELACION APROXIMADA ENTRE MAGNITUD, INTENSIDAD, ACELERACION, LIBERACION DE ENERGIA E INCIDENCIA DE UN TERREMOTO

Fuentes: Adaptado de U.S. Atomic Energy Commission, TID-7024. Nuclear Reactors and Earthquake (August, 1963). pp. 13-14; Gutenberg, B., and Richter, C.F. Seismicity of the Earth y Associated Phenomena (Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1954). p. 18; y U.S. Department of Defense. The Effects of Nuclear Weapons (Washington, D.C.: S. Glasstone ed., Government Printing Office. 1962); pp. 14.

(2) Atenuación: La atenuación es la disminución en la fuerza de la onda sísmica a medida que se aleja del hipocentro. La atenuación depende del tipo de material y estructuras a través de los cuales se propaga la onda (es decir el medio de transmisión) y de la magnitud del terremoto. La Figura 11 -3 muestra que se puede esperar un determinado grado de sacudimiento de terreno en una área más grande en el este de los Estados Unidos que en el oeste, donde son diferentes las condiciones geológicas. La figura también muestra que los daños estructurales causados por un gran terremoto se pueden extender a más de un millón de kilómetros cuadrados. Los terremotos más grandes han causado daños en regiones hasta de 3 a 4 millones de kilómetros cuadrados en área.

(3) Duración: La duración se refiere al período de tiempo durante el cual el movimiento del terreno, en un determinado lugar, exhibe ciertas características tales como sacudimiento violento, o durante el cual se excede un nivel específico de aceleración medido como un porcentaje de la gravedad. Los terremotos más grandes son de mayor duración que los pequeños. Esta característica, así como la del sacudimiento más violento, explica el mayor daño causado por los sismos más grandes.

(4) Respuesta de sitio: La respuesta de sitio es la reacción de un punto específico sobre la tierra al sacudimiento del terreno. Esto también incluye el potencial de falla del terreno, a su vez dependiente de las propiedades físicas de los suelos y de la roca debajo de la estructura y de la estructura misma. La profundidad de la capa del suelo, el contenido de humedad y la naturaleza de la formación geológica subyacente -material no consolidado o roca firme- son todos factores relevantes. Aún más, si el período de la onda sísmica incidente está en resonancia con el período natural de las estructuras o del subsuelo sobre las cuales descansan, el efecto del movimiento del suelo puede ser amplificado.

En el terremoto de la ciudad de México en 1985, el período de la onda sísmica era muy próximo al período natural de la cuenca de la ciudad de México, considerando la combinación de tipos de suelos, profundidad y forma de la antigua cama del lago. La onda llegó a la roca firme debajo de la ciudad con un nivel de aceleración de alrededor de 0,04g. Cuando pasó a través del suelo arcilloso y llegó a la superficie el nivel de aceleración había aumentado a 0,2g, y el período natural de vibración de los edificios de 10 a 20 pisos aumentó la fuerza a 1,2g, 30 veces la aceleración en roca firme. La mayoría de las construcciones habrían resistido aceleraciones de 0,04g, y los edificios sismorresistentes destruidos habrían resistido 0,2g, pero las ondas que fueron amplificadas a 1,2g causaron el colapso de todos los edificios que sacudieron (Anderson, 1985).

Los efectos del sacudimiento del terreno

Las construcciones, otros tipos de estructuras y la infraestructura, están todas expuestas a daños o colapso debido al sacudimiento del terreno. Los incendios son un efecto indirecto, común de un gran terremoto dado, que pueden interrumpir las líneas de abastecimiento de electricidad y de gas. Aún más, los esfuerzos contra incendios pueden ser obstaculizados por la interrupción en las rutas de transporte y por la ruptura de tuberías de agua. Los daños a reservorios y presas pueden dar lugar a inundaciones súbitas. Los daños causados por el movimiento del terreno, sin embargo, pueden ser mitigados de varias maneras que serán discutidas más adelante en esta sección. En general, las medidas estructurales tales como diseño sismorresistente, códigos de construcción y reforzamiento son efectivas. Las medidas menos costosas, no estructurales, tales como zonificación y restricción para el uso de tierras también pueden reducir enormemente el riesgo.

Un efecto importante, aunque poco apreciado, es el daño a los acuíferos. El terremoto de México de 1985 socavó los principales acuíferos. No sólo rompió las capas impermeables envolventes, permitiendo que el agua embalsada escape, sino también permitió la infiltración de contaminantes.

b. Fallamiento en superficie

El fallamiento en superficie es el desplazamiento o la ruptura de la superficie del terreno debido a un movimiento diferencial a lo largo de una falla durante un terremoto. Este efecto está generalmente asociado con magnitudes Richter de 5.5 o mayores en el área epicentral, y está restringido a determinadas áreas propensas a los terremotos. Los desplazamientos del terreno van desde unos pocos milímetros hasta varios metros y generalmente el daño aumenta con el mayor desplazamiento. Los daños graves usualmente están restringidos a una zona angosta, de hasta unos 300 metros de ancho a lo largo de la falla, aunque rupturas subsidiarias pueden ocurrir hasta 3 ó 4 kilómetros distantes de la falla principal. La longitud de la ruptura en superficie puede ser hasta de varios cientos de kilómetros.

Además de construcciones, estructuras lineales tales como carreteras, ferrocarriles, puentes, túneles, y tuberías son susceptibles a daños de fallamiento de superficie. Obviamente la manera más efectiva para limitar tales daños es evitar la construcción en la vecindad inmediata de las fallas activas. Donde esto no sea posible, podrían ser consideradas algunas medidas de mitigación tales como la instalación de tuberías sobre

el terreno o el uso de conexiones flexibles. Esto se discute en detalle más adelante en esta sección.

c. Fallas del terreno inducidas por los terremotos: deslizamientos de tierra y licuefacción

Los deslizamientos ocurren en una gran variedad de formas. El enfoque de esta sección son aquellos deslizamientos inducidos por los terremotos pero que también pueden ser iniciados por otros mecanismos. (Para una discusión detallada de deslizamientos de tierra (ver el Capítulo 10). Los terremotos no sólo pueden iniciar los deslizamientos; también pueden causar que el terreno sufra licuefacción en determinadas áreas. Ambas formas de falla del terreno son potencialmente catastróficas.

Figura 11-3: ISOSISTAS PARA LOS TERREMOTOS DE SAN FRANCISCO 1906 y NEW MADRID 1811

Fuente: Algermissen, S.T. "Integration, Analysis, and Evaluation of Hazard Data" en Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazard Training Program, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

Deslizamientos inducidos por sismos

Los deslizamientos inducidos por sismos ocurren bajo una amplia gama de condiciones: en terrenos con pendiente pronunciada o prácticamente planos; en roca firme, sedimentos no consolidados, relleno y acumulaciones de residuos de minas; bajo condiciones secas o muy húmedas. Los criterios principales para clasificar los deslizamientos son los tipos de movimiento y tipos de material. Los tipos de movimiento de deslizamientos que pueden ocurrir son deslizamientos, esparcimiento, flujos o una combinación de estos. Los materiales se clasifican como suelos de roca firme y de ingeniería, siendo estos últimos subdivididos en derrubio (una mezcla de diferentes tamaños de partículas) y tierra (tamaños de partículas finas) (Campbell, 1984).

El contenido de humedad también puede ser considerado como un criterio para la clasificación: algunos deslizamientos inducidos por los sismos pueden ocurrir sólo bajo condiciones muy húmedas. Algunos tipos de fallas de flujo, agrupados como fenómenos de licuefacción, ocurren en material no consolidado, virtualmente sin contenido de arcilla. Otras fallas de deslizamientos y flujos son causadas por el resbalamiento sobre una capa húmeda o por arcillas de intersticio que sirven de lubricante. Además del sacudimiento sísmico, los mecanismos desencadenantes pueden incluir las erupciones volcánicas, tormentas severas, rápido deshielo, elevación de aguas subterráneas, socavamiento debido a erosión o excavación, vibraciones del terreno inducidas por el ser humano, sobrecarga debido a construcciones y ciertos fenómenos químicos en sedimentos no consolidados.

La Figura 11 -4, que está diseñada para uso práctico de los planificadores, contiene una clasificación simplificada de los deslizamientos inducidos por sismos que indican los tipos más dañinos o más comunes. Las características salientes de estos tipos de deslizamientos y el por qué cada cual es importante (grado de daño, frecuencia de ocurrencia¹, velocidad) se presentan en la Figura 11-5. Esta figura, también nuevamente diseñada para uso del planificador, proporciona información sobre el modo de ocurrencia: bajo qué circunstancias se puede esperar que ocurra cada tipo (geomórficas, topográficas, material padre, contenido de humedad), y sus factores causales, incluyendo el sismo más pequeño que puede producir ese tipo de deslizamiento y los mecanismos desencadenantes más comunes.

¹ La frecuencia de ocurrencia de deslizamientos inducidos por sismos está relacionada primariamente con la magnitud del terremoto y de las réplicas pero también con las condiciones geológicas locales. La escala de frecuencia que aquí se usa está basada en un estudio de deslizamientos asociados con 40 terremotos históricos.

**Figura 11-4
CLASIFICACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS INDUCIDOS POR TERREMOTOS INDICANDO DAÑOS PRODUCIDOS^a**

^a Daño histórico causado por deslizamientos relacionados con sismos.

	Tipo de material y contenido de humedad		
	Roca firme	Suelo de ingeniería (tierra y derrubios)	
Tipo de movimiento	Seco a húmedo	Seco a húmedo	Muy húmedo
Caídas	CAIDA DE ROCAS	Caída de terreno	
Deslizamientos	Derrumbes de rocas Deslizamiento de rocas	DERRUMBE DE TERRENO Deslizamiento de bloques de tierra Deslizamiento de escombros	
Esparcimiento lateral		ESPARCIMIENTO LATERAL DEL TERRENO	
Flujos		Flujos de arena seca Flujos de loess	FLUJOS DE LODO Flujos de derrubio FLUJO RAPIDO DEL TERRENO Flujo del terreno (Deslizamiento del terreno)
Complejo	AVALANCHA DE ROCA , De ligeramente a muy húmedo		

MAYUSCULAS SUBRRAYADAS: estos deslizamientos han causado muchas víctimas y grandes pérdidas económicas.

MAYUSCULAS: estos deslizamientos han causado un número moderado de víctimas y de pérdidas económicas.

Letras en minúsculas: estos deslizamientos han causado pocas víctimas y pérdidas económicas menores.

Fuentes: Modificado de Campbell, R.H., et al. "Landslides Classification for Identification of Mud Flow and Other Landslide Hazards" y Keefer, P.K. "Landslides Caused by Earthquakes" en Proceedings of the Geologic and Hydrologic Training Program, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

Las avalanchas de roca, caída de rocas, flujos de lodo, y flujos rápidos de terreno (licuefacción) son responsables de más del 90 por ciento de las muertes causadas por deslizamientos inducidos por sismos.

(1) Avalanchas de roca: Las avalanchas de roca se originan en pendientes sobre-pronunciadas en rocas débiles. No son comunes pero pueden ser catastróficas cuando ocurren. La avalancha del Huascarán, Perú, que se originó con el desprendimiento de una pared del glacial, con roca y hielo causada por el terremoto de 1970, fue responsable de la muerte de aproximadamente 20.000 personas en la ciudad de Yungay.

(2) Caída de rocas: Las caídas de rocas ocurren más comúnmente en los materiales no compactados o débilmente cementados en pendientes mayores de 40 grados. Mientras que las caídas individuales de roca causan relativamente pocas muertes y daños limitados, cuando caen colectivamente se encuentran entre los peligros importantes inducidos por sismos, porque son muy frecuentes.

(3) Flujos de lodo: Los flujos de lodo son terrenos húmedos que se trasladan rápidamente y que pueden ser iniciados por el sacudimiento de un terremoto o por una fuerte tempestad de lluvia. El término se usa de diversas maneras. En este capítulo, "flujos de lodo" se usa para designar al fenómeno asociado con el sacudimiento sísmico. Los deslizamientos bajo agua, también clasificados como flujos de lodo, pueden ocurrir en las márgenes de grandes deltas donde están ubicadas comúnmente las instalaciones portuarias. Gran parte de la destrucción causada por el terremoto en 1964 en Seward, Alaska, fue por causa de este tipo de deslizamiento. El término "flujo de lodo", conforme a la práctica común, se usa como sinónimo de un "lahar", un fenómeno asociado con los volcanes.

Licuefacción

Ciertos tipos de esparcimientos y flujos son designados como fenómenos de licuefacción. El sacudimiento del terreno puede causar que los depósitos de suelos sin arcilla pierdan su resistencia temporalmente y se comporten como un líquido viscoso más que como un sólido. En condición de licuefacción ocurre la deformación del suelo con muy poca resistencia a las fuerzas de corte. Una deformación suficientemente grande como para causar daños a obras construidas (usualmente un desplazamiento de unos diez centímetros) se considera como falla del terreno.

Figura 11-5

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS INDUCIDOS POR TERREMOTOS^a

^a La figura no incluye los deslizamientos para los cuales el movimiento es extremadamente lento o para los cuales la ocurrencia de ser inducidos por sismos es muy rara.

Características generales			Modo de ocurrencia Factores causativos				
Tipo de deslizamiento y grado de daño ^b	Frecuencia de Ocurrencia ^c	Velocidad	Formas de tierra y ambiente geológico	Material padre	Humedad	Terremoto pequeño (densidad)	Actividades comunes y comentarios ^d
OCURRE EN PENDIENTES MUY PRONUNCIADAS A SUAVE							
1. <u>AVALANCHA DE ROCAS</u>	4	Extremadamente rápido	Pendientes pronunciadas a muy escarpadas	Material coluvial no discriminado	Húmedo a muy húmedo	6,0	Sacudimiento sísmico, erupción volcánica, fuerte precipitación.
2. Deslizamiento de derrubios (avalancha de derrubios)	1 1	Extremadamente rápido a rápido	Pendientes pronunciadas muy pronunciadas	Material coluvial	Húmedo a seco	4,0	Sacudimiento sísmico, erupción volcánica, fuerte precipitación.
3. Flujo de derrubios (avalancha de derrubios)	2	Extremadamente rápido a rápido	Pendientes pronunciadas a moderadamente pronunciadas	Material coluvial	Muy húmedo a húmedo	NA	Sacudimiento sísmico, erupción volcánica, fuerte precipitación.
4. FLUJO DE LODO	NA	Extremadamente rápido a rápido	Pendientes pronunciadas a suaves	Material coluvial aluvial	Muy húmedo	NA	Sacudimiento sísmico, derrumbes en materiales saturados, deslizamientos en o debajo del agua

5. Derrumbe de rocas	3	Lento a rápido	Pendientes pronunciadas a moderadamente pronunciadas	Roca firme no consolidada a pobremente consolidada	Ligeramente húmedo a húmedo	6,0	Elevación de agua subterráneas socavamiento/sobrecarga
6. DESPRENDIMIENTO DEL TERRENO	2	Lento a rápido húmedo	Pendientes pronunciadas a moderadamente pronunciadas,	Depósitos no consolidados	Ligeramente húmedo a sobrecarga	4,5	Elevación de agua subterránea socavamiento/avecessuaves
7. Flujo de terreno (o deslizamiento de lodo)	3	Rápido a lento	Pendientes pronunciadas a moderadamente pronunciadas,	Material no consolidado arcilloso	Ligeramente húmedo a veces suaves	5,0	Elevación de agua subterránea socavamiento/sobrecarga
8. FLUJO RAPIDO DEL TERRENO (incluyendo flujos de arena húmeda y de limos)	3	Extremadamente rápido a rápido	Pendientes suaves	Arcilla, limo y arena no consolidada	Muy húmedo a húmedo	5,0	Sismo u otro filón dinámico; cambios en la química intersticial del agua
OCURRE EN PARALELO A LAS DISCONTINUIDADES GEOLOGICAS							
9. Deslizamiento de roca	1	Extremadamente rápido a moderada	Inclinación pronunciada a muy pronunciada	Roca firme no consolidada	Húmedo a seco moderado	4,0	Sacudimiento sísmico; elevación del agua subterránea: escarcha/acción de raíces
10. Deslizamiento de bloques de terreno	2	Extremadamente rápido a rápido	Inclinación suave, moderada o pronunciada	Material no consolidado	Húmedo a seco	4,5	Elevación de agua subterránea; socavamiento/sobrecarga
11. Deslizamiento de bloques de roca	4	Extremadamente rápido a rápido	Inclinación suave, moderada o pronunciada	Roca firme consolidada	Húmedo a seco	5,0	Elevación de agua subterránea socavamiento/sobrecargarga
12- ESPARCIMIENTO LATERAL DEL TERRENO	2	Extremadamente rápido a rápido	Inclinación plana a suave	Material no consolidado	Húmedo a ligeramente húmedo	5,0	Sacudimiento sísmico; socavamiento/sobrecarga
OCURRE EN RELIEVE LOCAL PRONUNCIADO							
13. CAIDA DE ROCAS	1	Extremadamente rápido a lento	Muy pronunciado a acantilados verticales	Roca firme consolidada	Ligeramente húmedo a seco	4,0	Sacudimiento sísmico; socavamiento/sobrecarga
14. Caída de terreno	6	Extremadamente rápido a lento	Caras de precipicios	Depósitos no consolidados	Ligeramente húmedo a seco	4,0	Sacudimiento sísmico; socavamiento/sobrecarga
16. Flujo de arena seca	6	Extremadamente rápido a rápido	Relieve local muy pronunciado a pronunciado	Depósitos no consolidados	Seco	NA	Sacudimiento sísmico; socavamiento/sobrecarga
16. Flujo de loess	6	Extremadamente rápido a rápido	Relieve local muy pronunciado a pronunciado	Depósitos no consolidados	Seco	NA	Sacudimiento sísmico; socavamiento/sobrecarga

^a La figura no incluye los deslizamientos para los cuales el movimiento es extremadamente lento o para los cuales la ocurrencia de ser inducidos por sismos es muy rara.

^b El grado de daños de los deslizamientos inducidos por sismos: tos tipos de deslizamiento presentados en **MAYUSCULAS** -gran daño; los tipos de deslizamientos presentados en **MAYUSCULAS** - daño moderado; los tipos de deslizamiento presentados en

letras minúsculas - poco daño.

^c La escala de frecuencia usada aquí está basada en un estudio de deslizamientos asociados con 40 terremotos históricos: (1) muy abundante (más de 100.000 deslizamientos asociados con los 40 terremotos); (2) abundante (10.000 deslizamientos); (3) moderadamente comunes (1.000 a 10.000 deslizamientos); (4) no comunes (100 a 1.000 deslizamientos); (5) raros (menos de 100 deslizamientos); NA - datos no disponibles.

^d Todos los deslizamientos indicados pueden ser inducidos por sismos. Para algunos deslizamientos, otros mecanismos de gatillo son más comunes.

Fuente: Modificado de Campbell, R.J. et al. "Landslides Classification for Identification of Mud Flow and Other Landslide Hazards"; y Keefer, P.K. "Landslides Caused by Earthquakes" en Proceedings of the Geologic and Hydrologic Training Program, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

La ocurrencia de licuefacción está restringida a ciertos ambientes geológicos e hidrológicos, principalmente en áreas con arenas recientemente depositadas y limos (usualmente con menos de 10.000 años de antigüedad) y con niveles altos de las aguas subterráneas. Es más común donde la napa freática está a una profundidad de menos de diez metros en los deltas del Holoceno, canales de río, áreas de depósito de llanuras de inundación, material eólico y rellenos pobremente compactados.

Las fallas del terreno agrupadas como licuefacción pueden ser subdivididas en varios tipos. Los dos más importantes son los flujos rápidos del terreno y el esparcimiento lateral del terreno.

(1) Flujos rápidos del terreno: Los flujos rápidos del terreno son el tipo de licuefacción más catastrófico. Grandes masas del suelo se pueden mover desde unas decenas de metros hasta varios kilómetros. Estos flujos usualmente ocurren en arenas flojas saturadas o limos en pendientes de unos pocos grados; sin embargo pueden acarrear grandes piedras que pesen cientos de toneladas.

(2) Esparcimiento lateral del terreno: El movimiento de bloques de superficie debido a la licuefacción de las capas subterráneas usualmente ocurre en pendientes suaves (hasta 3 grados). El movimiento es usualmente de pocos metros, pero también puede ser de decenas de metros. Estas fallas del terreno quiebran los cimientos, rompen las tuberías, y comprimen o deforman las estructuras de ingeniería. Los daños pueden ser serios, con desplazamientos del orden de uno o dos metros.

En áreas susceptibles a los terremotos, la licuefacción puede ser uno de los efectos más críticos. Las fallas de flujos en loess (limo acarreado por el viento), en el terremoto de 1960 en China, causó 200.000 muertes. La licuefacción también fue un factor importante en los terremotos de 1960 en Chile, en 1985 en México y en otros terremotos importantes en California, Alaska, India y Japón.

En general, la licuefacción puede ser evitada por técnicas de estabilización del terreno o soportadas mediante diseño apropiado de ingeniería, pero ambos son métodos de mitigación costosos. Evitar la zona es, por supuesto, el mejor método pero no siempre es práctico o posible en áreas ya desarrolladas o donde ya existen rutas de transporte, tuberías, etc.

2. Predicción, evaluación y mitigación del peligro de terremotos

Minimizar o evitar los riesgos de los terremotos corresponde a tres áreas. Primero, la posibilidad de predecir su ocurrencia. Mientras los científicos no puedan predecir rutinariamente los terremotos, esta es un área de creciente interés y puede ser un factor clave en la reducción de riesgos en el futuro. La segunda área es la evaluación del peligro sísmico, que permite a los planificadores identificar áreas con peligro de terremotos o de sus efectos. Esta información se usa para la tercera área de reducción del riesgo sísmico: medidas de mitigación. Después de una discusión de la predicción, evaluación y mitigación, se presentan los tipos y fuentes de información sobre terremotos.

a. Predicción de terremotos

Un informe sobre una falsa predicción de un terremoto en Lima, Perú, dice:

La predicción de terremotos está aún en una etapa de investigación y experimental. Aunque se han logrado algunas pocas predicciones exitosas, las predicciones confiables y precisas a largo plazo, y los estimados útiles de ubicación y magnitud están muy lejos en el futuro (Gersony, 1982).

Se ha logrado algún progreso en la predicción regional a largo plazo y en los pronósticos. Se han identificado "brechas sísmicas" en las zonas de contacto de las principales placas: las áreas con historia de grandes terremotos en el pasado (mayores de Ms7 -Escala Richter) y de muy grandes terremotos (Ms > 7,75), que no han sufrido un evento de esas magnitudes en los últimos 30 años (McCann et al., 1979; Nishenko, 1985; y Naciones Unidas, 1978). Los recientes estudios muestran que los principales terremotos no vuelven a ocurrir en el mismo lugar a lo largo de las fallas, hasta que no haya pasado suficiente tiempo para que se acumulen las tensiones, generalmente después de varias décadas. En las principales regiones sísmicas, estas zonas "en silencio" presentan el mayor peligro de futuros terremotos. Confirmando la teoría de la brecha sísmica, varias "brechas" identificadas cerca de las costas de Alaska, México y América del Sur han experimentado grandes terremotos durante la última década. Aún más, el comportamiento de algunas fallas parece ser sorprendentemente constante: hay áreas donde los terremotos ocurren en el mismo lugar, pero décadas aparte, y tienen prácticamente idénticas características. El monitoreo de estas brechas sísmicas, por lo tanto, es un componente importante respecto a los terremotos, su predicción, y los preparativos para futuros eventos.

En base a la teoría de la brecha sísmica, el U.S. Geological Survey ha preparado mapas de las costas de América Latina, sobre el Océano

Pacífico, para la U.S. Agency for International Development's Office of Foreign Disaster Assistance (USAID/OFDA), adaptados de estudios de Stuart Nishenko (Nishenko, 1985). Estos mapas dan estimados de probabilidades y clasifican el peligro sísmico para un período de tiempo de 1986 a 2006 (ver Figura 11-6). La USAID/OFDA ha contratado estudios para producir igual información para el resto del perímetro de las costas que bordean el Océano Pacífico.

Se puede ver, sin embargo, que los pronósticos de este tipo sólo demarcan áreas relativamente grandes donde un terremoto podría potencialmente ocurrir en un período de tiempo de definición muy general. Han habido pocas predicciones sísmicas exitosas, y son la excepción no la regla. La predicción de un terremoto involucra el monitoreo de muchos aspectos de la tierra, incluyendo pequeños desplazamientos del terreno, cambios en los niveles del agua, emisiones de gas de la tierra, entre otros. Es aún una ciencia muy joven.

Figura 11-6: GRADUACION DEL PELIGRO DE BRECHAS SISMICAS EN LA ZONA DE SUBDUCCION DE CHILE

Fuente: Nishenko, Stuart P. "Seismic Potential for Large and Great Interplate Earthquakes Along the Chilean and Southern Peruvian Margins of South America: A Quantitative Rappraisal" en Journal of Geophysical Research, Vol. 90, No. B5 (April, 1985).

Una predicción exitosa a corto plazo es el caso, frecuentemente mencionado de Haicheng, China, en febrero de 1975, cuando se evacuó a las personas horas antes de que ocurra el terremoto de Ms7,3. El área más impactada fueron los alrededores del epicentro, donde vivían unas 500.000 personas y donde la mitad de las construcciones fueron dañadas o destruidas. Entre los indicadores que habían observado los chinos se encuentran los cambios de nivel del agua en pozos profundos, los niveles más altos de gas radón, sismos precursoros, y comportamiento anómalo de animales. Desgraciadamente, tales predicciones exitosas están contrarrestadas por predicciones falsas. Un año después de Haicheng, Tandshan fue sacudida violentamente por un gran terremoto que mató entre 500.000 y 750.000 personas según los informes.

b. Evaluación del riesgo sísmico

La evaluación del riesgo sísmico está definida como la evaluación de las pérdidas económicas potenciales, la pérdida de funciones, pérdida de confianza, número de víctimas y lesionados por causa de los peligros sísmicos. Dado el actual estado de conocimiento de los fenómenos sísmicos, poco o nada se puede hacer para atenuar el peligro controlando los procesos tectónicos, pero hay una variedad de maneras de controlar el riesgo, o sea, la exposición a los peligros sísmicos. Hay cuatro pasos para llevar a cabo la evaluación del riesgo sísmico: (1) una evaluación de los peligros sísmicos y la preparación de mapas de zonificación del peligro; (2) un inventario de los elementos en riesgo, p.e., estructuras y poblaciones; (3) una evaluación de vulnerabilidad; y (4) la determinación de los niveles de riesgo aceptable.

Evaluación de peligros sísmicos y mapas de zonificación del peligro

En un área propensa a terremotos, sin duda existe información sobre anteriores terremotos y peligros sísmicos asociados. Esta información puede ser complementada con información geológica y geofísica existente y con observaciones de campo si fueran necesarias. Según las condiciones geológicas, alguna combinación de sacudimiento de terreno, fallamiento en superficie, deslizamientos, licuefacción e inundaciones (cubierto en el Capítulo 8) pueden ser los peligros potencialmente más serios relacionados con los sismos en una determinada área. Se deben preparar mapas mostrando zonas de estos peligros de acuerdo a su severidad relativa. Estos mapas proporcionan al planificador datos sobre consideraciones tales como la aplicación espacial de códigos de construcción y la necesidad de protección contra deslizamientos e inundaciones locales. Un mapa compuesto puede ser compilado mostrando la severidad relativa de todos los peligros sísmicos combinados (ver Capítulo 6).

(1) Evaluación del potencial de sacudimiento del terreno: Aunque el sacudimiento del terreno puede causar los daños más generalizados y destructivos relacionados con los terremotos, es uno de los peligros sísmicos más difíciles de predecir y cuantificar. Esto se debe a la amplificación de los efectos del sacudimiento por material no consolidado sobre la roca en el lugar y a la resistencia diferencial de las estructuras. En consecuencia, la manera ideal de referirse al sacudimiento del terreno es en términos de la respuesta probable de determinados tipos de construcción. Estos son clasificados de acuerdo a si son estructuras de madera, albañilería de un sólo piso, edificios bajos (de 3 a 5 pisos), moderados (de 6 a 15 pisos), o elevados (más de 15 pisos). Cada uno de estos tipos, a su vez, puede ser traducido a factores de ocupación y generalizado en tipos de usos de tierra.

Se puede usar métodos alternativos para propósitos de planificación, anticipando donde será más severo el sacudimiento del terreno:

- La preparación de mapas de intensidad en base a daños de anteriores terremotos, cuantificados de acuerdo con la escala Mercalli Modificada.
- El uso de un terremoto de diseño para calcular la intensidad.
- En ausencia de datos para tales métodos, para estimar el daño potencial se puede usar información sobre la falla causativa, la distancia a la falla, y la profundidad de los suelos sobre roca firme.

PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES PARA EVALUAR EL PELIGRO SISMICO

- ¿Dónde han ocurrido los terremotos en la región?
- ¿Con qué frecuencia ocurren terremotos de cierta magnitud?
- ¿Qué tipos de peligros sísmicos están asociados con los terremotos?
- ¿Cuan severos han sido los peligros en el pasado, qué tan severos pueden ser en el futuro?
- ¿Cómo varían los peligros espacial y temporalmente?

(2) Evaluación del potencial de fallamiento de superficie: Esto es relativamente fácil de hacer, dado que el fallamiento en superficie está asociado con zonas de fallas. Tres factores son importantes para determinar medidas adecuadas de mitigación: la probabilidad y la dimensión del movimiento durante un determinado período de tiempo, el tipo de movimiento (normal, inverso, o deslizante), y la distancia del trazo de falla donde probablemente han de ocurrir daños.

En áreas de fallamiento activo, los mapas de fallas se deben preparar a escalas apropiadas para propósitos de planificación (1:50.000 en áreas de desarrollo y 1:10.000 en áreas urbanas) y ser actualizados a medida que se encuentre disponible nueva información geológica y sísmica. La extensión de las áreas en peligro a lo largo de las fallas debe ser determinada y se deben preparar mapas que muestren el grado de peligro en cada una de ellas. Medidas tales como zonificación de uso de tierras y restricción de construcciones deben ser promulgadas en áreas en peligro potencial.

(3) Evaluación del potencial de falla del terreno: La cartografía y evaluación de los peligros de deslizamientos está descrita en el Capítulo 10. Este método es aplicable a los deslizamientos de tierra inducidos por los sismos. El potencial de licuefacción está determinado en cuatro pasos: (1) se prepara un mapa de sedimentos recientes, distinguiendo las áreas propensas a la licuefacción y aquellas que no lo son; (2) se prepara un mapa que muestra la profundidad de las aguas subterráneas; (3) estos dos mapas son combinados para producir un mapa de "susceptibilidad a licuefacción"; y (4) se prepara una "oportunidad de licuefacción" combinando el mapa de susceptibilidad con datos sísmicos para mostrar la distribución de probabilidades de que ha de ocurrir licuefacción en un período dado de tiempo.

Inventario de elementos en riesgo

El inventario de elementos en riesgo es la determinación de la distribución espacial de estructuras y poblaciones expuestas a los peligros sísmicos. Incluye el ambiente construido, p.e., edificios, líneas de transporte y de servicios, estructuras hidráulicas, puentes, carreteras, presas; estructuras naturales de valor tales como acuíferos y diques; distribución de población y densidad. Las líneas vitales, instalaciones para respuesta a la emergencia y otras instalaciones críticas también son indicadas adecuadamente.

Evaluación de vulnerabilidad

Una vez que se tiene a disposición un inventario, se puede llevar a cabo una evaluación de vulnerabilidad. Esta medirá la susceptibilidad de una estructura o clase de estructuras a daños. Es difícil, si no imposible, predecir el daño real que ha de ocurrir, dado que esto dependerá de los parámetros focales del terremoto: epicentro, tamaño, duración, etc. La mejor determinación se puede hacer evaluando los daños causados por un anterior terremoto de conocida intensidad en el área de interés y relacionando los resultados a las estructuras existentes.

La evaluación del riesgo y su aceptabilidad

Teóricamente, es posible combinar la evaluación del peligro con la determinación de la vulnerabilidad de los elementos en riesgo, y llegar a una evaluación del riesgo específico, una medida de la disposición del público a aceptar costos para reducir el riesgo. Sin embargo, éste es un proceso difícil y costoso, aplicable a etapas avanzadas del proceso de la planificación para el desarrollo. Para una situación en particular, los planificadores y expertos en peligros trabajando juntos pueden diseñar procedimientos alternativos adecuados que han de identificar el riesgo aproximado y ofrecer consejos técnicos para las decisiones políticas, en relación con niveles aceptables y los costos aceptables para reducir el riesgo. Así pues, se pueden recomendar medidas apropiadas de mitigación como parte del estudio del desarrollo. La Sub-sección 4, "Peligro de terremotos y proceso de la planificación para el desarrollo" ofrece una discusión más detallada respecto de dónde encuadra la evaluación del riesgo sísmico en el proceso de la planificación para el desarrollo.

c. Medidas de mitigación de terremotos

No hay duda que el daño causado por los terremotos se puede reducir. La cuestión es saber cuáles técnicas y mecanismos son los apropiados en una situación dada y cómo se pueden aplicar. El rango de mecanismos incluye la zonificación para uso de tierras; métodos de ingeniería tales como códigos de construcción, reforzamiento de estructuras existentes, estabilización de terrenos no estables, redesarrollo; el establecimiento de sistemas de alertas y la distribución de pérdidas. En concordancia con el enfoque de este capítulo sobre aspectos relacionados con peligros, en las primeras etapas de los estudios de desarrollo esta sub-sección discute sólo el uso de tierras, o mecanismos no estructurales tales como el evitamiento de áreas peligrosas, así como la restricción de los tipos e intensidades de uso de tierras. Ver el Capítulo 3 para una discusión detallada de la evaluación de usos de tierras y peligros.

Algunas de estas medidas de mitigación son aplicables al nuevo desarrollo, algunas al desarrollo existente y otras a ambos. Se deben considerar los aspectos administrativos y políticos de aplicar técnicas de mitigación tales como lograr el apoyo de la comunidad, movilizar los

intereses locales, e incorporar los aspectos sísmicos en un reglamento integral de zonificación. Estos temas son ampliamente discutidos en varias publicaciones, incluyendo aquellas que se encuentran en el recuadro abajo. Las medidas de mitigación incluidas en esta discusión enfocan los peligros más importantes relacionados con los terremotos: sacudimiento del terreno, fallamiento de superficie, deslizamientos y licuefacción. Recordemos que las medidas de mitigación para las inundaciones inducidas por terremotos son las mismas que para las inundaciones inducidas por cualquier otra causa. Estas fueron discutidas en el Capítulo 8.

INFORMACION ADICIONAL SOBRE TERREMOTOS

Las siguientes publicaciones son fuentes útiles de información sobre terremotos, otros peligros geológicos y su mitigación;

UNDRO. Disaster Prevention and Mitigation: Land Use Aspects (New York: United Nations, 1978).

W.W. Hays (ed.) Facing Geologic and Hydrologic Hazards: Earth Science Considerations. U.S. Geological Survey Professional Paper 1240-B (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981).

U.S. Geological Proceedings of the Geologic and Survey Hydrologic Hazards Training Program, March 5-30, 1984, Denver, Colorado, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

W.W. Kockelman. Examples of Use of Geologic and Seismological Information for Earthquake Hazard Reduction in Southern California, U.S. Geological Survey Open File Report 83-82 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1983).

Medidas de mitigación de sacudimiento del terreno

Una vez que se ha establecido la severidad potencial y los efectos del sacudimiento del terreno como se explica más arriba, se pueden aplicar varios tipos de medidas de zonificación sísmica. Estas incluyen:

- Relacionar el potencial general del sacudimiento del terreno con la densidad permisible de ocupación de construcciones.
- Relacionar el diseño de la construcción y las normas de construcción con el grado de riesgo del sacudimiento del terreno.
- Adoptar reglamentos que requieren investigaciones geológicas y sísmicas del lugar antes que se aprueben propuestas para el desarrollo.
- En áreas ya desarrolladas, la adopción de reglamentos para reducir la peligrosidad de construcciones y reglamentos para eliminación de parapetos peligrosos.

Mediciones para mitigación del fallamiento en superficie

Dado que las zonas de fallas son relativamente fáciles de identificar y demarcar, se prestan a una planificación efectiva del uso de tierras. Donde la evaluación de las consecuencias de ruptura en superficie indican una alta e inaceptable posibilidad de daños, varias medidas alternativas de mitigación se encuentran disponibles:

- Restringir los usos permisibles a aquellos usos compatibles con el peligro, es decir, áreas con espacios abiertos para fines recreacionales, carreteras, playas de estacionamiento, cementerios, lugares para el tratamiento de residuos sólidos, etc.
- Establecer una zona de alivio que requiera retirarse a cierta distancia de los trazos de fallas activas.
- Prohibir todos los usos excepto las instalaciones de servicios o de transporte en áreas de peligro extremadamente alto, y establecer normas rígidas de diseño y construcción para los sistemas de servicios públicos que cruzan zonas de fallas activas.

Medidas para mitigación de falla del terreno

Las medidas sobre uso de tierras para reducir el daño potencial debido a deslizamientos o licuefacción, son similares a aquellas que se toman para otros peligros geológicos: los usos de tierras pueden ser restringidos, se podrán necesitar investigaciones geológicas antes de autorizar el desarrollo y el diseño de pendientes y de cimentaciones se pueden reglamentar. Se pueden establecer categorías de estabilidad y uso de tierra proporcionados con estas categorías, que puedan ser recomendadas o reglamentadas. La zonificación del uso de tierras puede no ser apropiada en algunas áreas debido al potencial para una variación sustantiva dentro de cada unidad graficada, pero aún sin restricciones de uso mandatorio, las categorías de estabilidad pueden indicar las precauciones apropiadas para el uso de cualquier parcela de tierra.

Medidas generales para uso de tierras

Donde ya ha habido desarrollo dado en áreas propensas a los peligros de terremotos, se pueden adoptar medidas para identificar estructuras precarias y ordenar su remoción, comenzando con aquellas que ponen en peligro el mayor número de vidas. Se pueden establecer incentivos tributarios para remover las construcciones peligrosas y las políticas de renovación urbana deben restringir la reconstrucción en áreas peligrosas después de verificar el impacto del terremoto. La aceptabilidad política de medidas de zonificación puede ser incrementada desarrollando políticas que combinen los peligros sísmicos con otras consideraciones para uso de la tierra.

3. Tipos y fuentes de información sobre terremotos

Las siguientes categorías de información son tratadas a continuación: información sobre la ocurrencia de terremotos como eventos geológicos peligrosos; la información sobre peligros o efectos de terremotos; información para la evaluación del riesgo sísmico y para llevar a cabo la evaluación de vulnerabilidad; y datos alternos en la ausencia de otra información. Esta sub-sección está proyectada para que el planificador pueda identificar el tipo de información que podría estar disponible, donde debe ser buscada, para qué podrá ser usada y, si no existe, qué otra información puede ser útil.

a. Información sobre terremotos (ocurrencia, tamaño, efectos característicos, relación con características geológicas)

Información sísmica

Esta información cubre la ocurrencia de terremotos históricos y sus características.

(1) Catálogos sísmicos: Hay muchos tipos de catálogos sísmicos que cubren eventos a nivel mundial, regional, nacional, o áreas geográficamente más restringidas. Los catálogos de terremotos normalmente proporcionan información sobre ubicación, tiempo y tamaño de cada terremoto registrado, y un estimado respecto a cuan completo es el registro sísmico. De particular relevancia es el catálogo publicado en diciembre de 1985 por CERESIS, que incluye datos instrumentales para todos los terremotos registrados en América del Sur desde 1900 y los terremotos históricos desde unos 400 años antes. Este catálogo está acompañado por dos mapas: Sismicidad (epicentros) y Grandes Terremotos de América del Sur 1520-1981).

(2) Mapas que muestran daños causados por terremotos; mapas de terremotos notables o históricos: El U.S. Geological Survey ha publicado tales mapas para América del Sur y Meso América. La National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) del U.S. Department of Commerce ha publicado un mapa mundial de terremotos significativos entre 1900 y 1979. También existen mapas nacionales en algunos países.

(3) Mapas epicentrales, datos sobre hipocentros (focos de terremotos). Mapas y datos sobre magnitud sísmica y aceleración horizontal pico del terreno, y datos sobre recurrencia de terremotos: La información de sismicidad está disponible de una variedad de fuentes tales como CERESIS, servicios geológicos nacionales, agencias nacionales de preparativos para desastres, USAID/OFDA, y el United Nations Disaster Relief Coordinator (UNDRO).

Información sismotectónica

Esta información cubre indicadores de actividad sísmica.

(1) Mapas continentales y subregionales sismotectónicos: Mapas geológicos que muestran indicadores sísmicos tales como fallas, volcanes, fuentes termales y bloques tectónicos que se han levantado o hundido, se encuentran disponibles de fuentes geológicas hemisféricas, regionales y nacionales. En 1985 CERESIS publicó un Mapa Neotectónico Preliminar de América del Sur a escala de 1:5.000.000 y cada uno de los países participantes publicó mapas nacionales similares a escala de 1:2.000.000. Para los planificadores, este mapa es de particular utilidad para demarcar áreas expuestas a erupciones volcánicas. (Ver Sección C de este capítulo, "Erupciones volcánicas"). Un mapa de sismicidad de Centroamérica también está disponible.

(2) Provincias sísmicas y zonas sismogénicas; mapas de macrozonificación: Algunos países grandes o aquellos que tienen marcadas diferencias geológicas pueden ser regionalizados de acuerdo al peligro sísmico. La función principal de estos mapas es distinguir áreas de menor peligro relativo que aquellas que tienen un gran peligro que requiere mitigación. Argentina, por ejemplo, está dividida en cinco provincias sismotectónicas. Una ventaja de esta información es que permite establecer prioridades para subsiguientes trabajos de evaluación. En la Argentina, las provincias sísmicamente más activas fueron estudiadas para determinar la naturaleza y el grado de los peligros sísmicos específicos, con el fin de prepararse para adoptar medidas de mitigación. También está disponible, a través de instituciones nacionales de mitigación de desastres, información sobre provincias y zonas sismogénicas.

(3) Información geológica y geofísica: Una gran variedad de información geológica es aplicable a la determinación del peligro sísmico, incluyendo la geología de superficie y subterránea (edad y tipo de rocas). geología estructural, estratigrafía y tectónica. La cartografía de la geología cuaternaria sedimentaria es útil para determinar el potencial de licuefacción. La cartografía de fallas puede ser usada como aproximación a los parámetros sísmicos. La información geológica está a disposición en los gobiernos nacionales, estatales o municipales urbanos, universidades, y compañías privadas de petróleo, minería e ingeniería.

Los estudios de alta resolución de reflexión sísmica, mapas gravimétricos, mapas magnéticos y de estudios de refracción sísmica son útiles para complementar o sustituir la información geológica en la demarcación de características sismotectónicas. Además, la información sobre "brechas" en zonas de fallas activas proporciona una de las formas más generalizadas para pronosticar terremotos. Las entidades nacionales para estudios geológicos son fuentes de información geofísica, como lo son las empresas mineras y de exploración petrolera y las entidades depositarias de imágenes de satélite. Ver Capítulo 4 para información sobre donde obtener imágenes de satélites.

b. Información sobre peligros sísmicos

Esta información cubre mapas y datos de los efectos de los terremotos.

Sacudimiento del terreno

(1) Datos de intensidad y de magnitud: La información disponible incluye mapas de máximas intensidades sísmicas, observaciones de intensidades y mapas de distribución de intensidades, y cálculos del límite superior de la magnitud. Los datos graficados pueden variar en escalas de 1:5.000.000, adecuados para identificar provincias sísmicas, hasta mapas a gran escala de 1:5.000, adecuados para la planificación detallada del uso de tierras desde el punto de vista de los peligros sísmicos.

En 1985 CERESIS publicó un mapa de Máximas Intensidades de América del Sur mostrando la distribución geográfica de Intensidades en unidades de la Escala Mercalli Modificada. (Ver la discusión más abajo sobre "Peligros de terremotos y el proceso de la planificación para el desarrollo"). Nuevamente, la escala de mapas continentales es de 1:5.000.000, y la escala de los mapas nacionales de 1:2.000.000. La aceleración máxima o pico de terreno se puede usar como medida de la severidad del movimiento del terreno. Los mapas que muestran distribución de intensidades pueden ser elaborados en base a modelos matemáticos y graficando los datos históricos.

(2) Datos de atenuación sísmica: Estos incluyen mapas de isosistas (mapas que muestran contornos de igual intensidad) de terremotos significativos históricos y de los registros de acelerogramas de movimientos fuertes cuando estos existen. Dado que frecuentemente no se tiene a disposición datos detallados de movimientos fuertes, una interpretación de la distribución de intensidades sobre mapas de isosistas puede ser usado como una alternativa.

(3) Datos de respuesta de sitio: En general hay dos tipos de datos sobre respuesta de sitio: (1) observaciones de los efectos de anteriores terremotos que correlacionan sacudimiento total del terreno (aceleración en roca firme más los efectos de amplificación) con los daños causados en determinado lugar; y (2) los espectros de respuesta obtenidos de acelerogramas o de cálculos teóricos.

Fallas del terreno: Deslizamientos y licuefacción

(1) Mapa continental: CERESIS publicó un mapa de deslizamientos y de licuefacción potencial en América del Sur a una escala de 1:10.000.000, en 1985.

(2) Otra información sobre peligros de deslizamientos: Los países de América del Sur bajo la coordinación de CERESIS han producido mapas nacionales sobre la ocurrencia de deslizamientos y licuefacción a una escala de 1:2.000.000. Los mapas o informes sobre el potencial de deslizamiento a nivel local, existen para algunas áreas urbanas que tienen un alto potencial para este peligro. En la ausencia de esos datos, los mapas de pendientes y mapas geológicos, junto con información sobre suelos, topografía, vegetación, precipitación, nivel de aguas subterráneas, y uso actual de las tierras, pueden ser usados para estimar el peligro de deslizamientos. El Capítulo 10 describe el método a ser usado para este propósito.

(3) Otra información sobre licuefacción: Los mapas de peligros de licuefacción por lo común pueden ser hallados en las entidades de preparativos para desastres de los gobiernos urbanos municipales. En ausencia de esa información, el peligro de licuefacción se puede estimar usando mapas de la geología del Holoceno o Cuaternario u otro tipo de descripciones de deposición reciente de sedimentos y mapas de profundidad del agua subterránea.

Otros datos

Los datos geológicos, sismotectónicos y geofísicos pueden ser usados para evaluar el potencial de fallas en superficie. La información batimétrica se puede usar para estimar la invasión de tsunamis en áreas costeras y junto con la información geológica del litoral, proporciona conocimientos respecto al potencial de deslizamientos submarinos causados por los terremotos.

c. Información sobre riesgo sísmico y vulnerabilidad

Esta información cubre mapas, registros, informes y datos útiles para hacer una evaluación del riesgo del peligro sísmico y un análisis de vulnerabilidad.

(1) Mapa de microzonificación sísmica: Estos mapas a gran escala demarcan áreas de acuerdo con su potencial de riesgo sísmico y son útiles para estimar la población y propiedad en riesgo y designar los usos de tierra y los diseños estructurales sismorresistentes apropiados para cada unidad del terreno. Tales mapas son raramente disponibles, usualmente para áreas metropolitanas que tienen una larga historia de eventos sísmicos. La información para estimar las vidas y la propiedad en riesgo se puede derivar de los censos y de los datos de uso de tierra.

(2) Registros instrumentales sobre respuesta de sitio: Estos proporcionan información sobre la manera como la roca firme y la cubierta de suelos pueden influenciar las ondas sísmicas en un determinado sitio. Esta información es necesaria para decidir sobre los parámetros de un diseño adecuado.

(3) Propiedades geotécnicas de materiales a poca profundidad e informes de evaluaciones de daños producidos por terremotos: En la ausencia de información más definitiva sobre el peligro sísmico en un lugar, este tipo de información puede ser usada para hacer una evaluación aproximada del peligro.

(4) Códigos de construcción y reglamentos: Estos estatutos legales, que relacionan los requerimientos de mitigación del peligro sísmico con el grado de exposición al peligro sísmico y tipos de construcción, normalmente son preparados a nivel urbano o de provincia, pero también lo son frecuentemente a nivel nacional.

d. Sustitución de datos

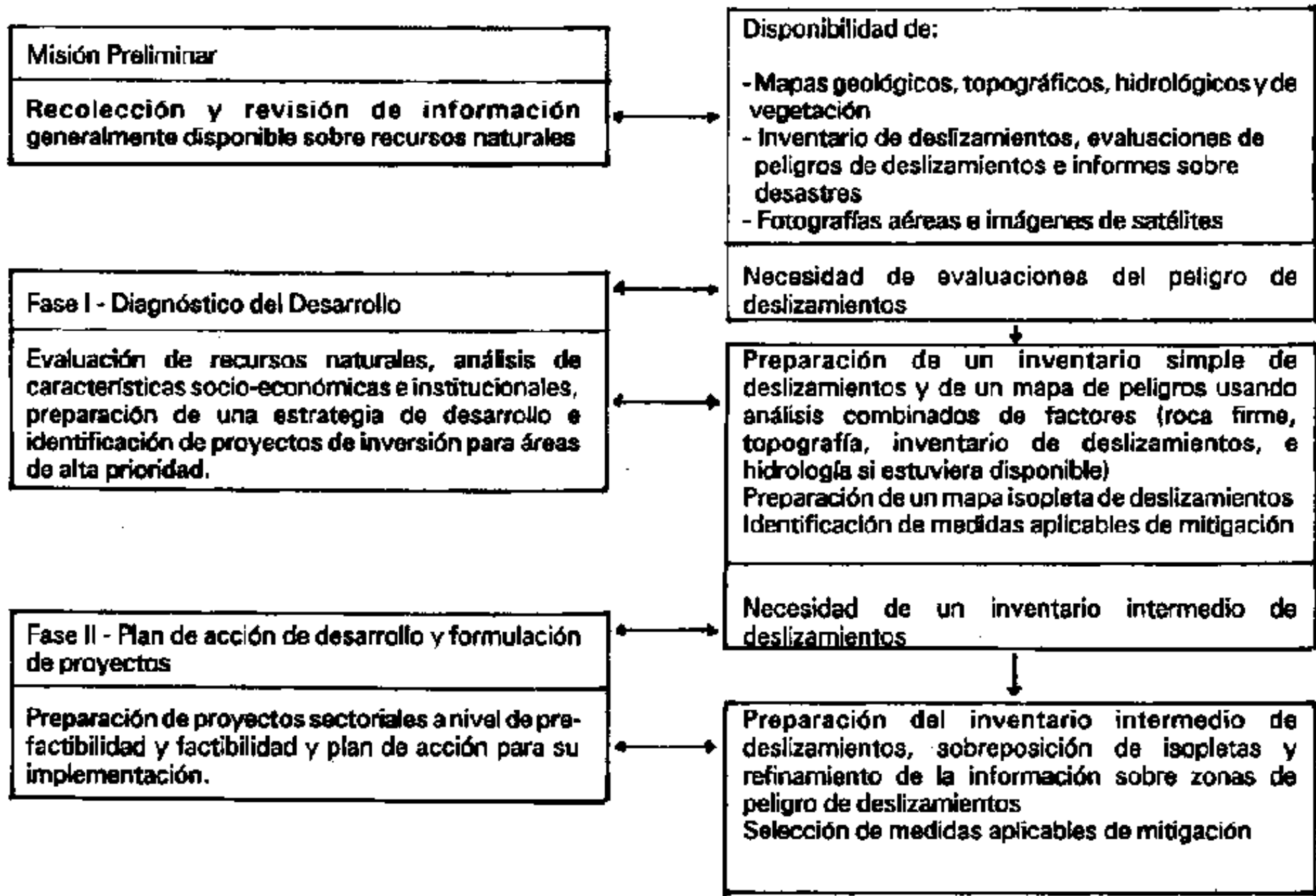
Como se ha mencionado, cuando no se dispone de la información necesaria, frecuentemente se puede lograr una aproximación interpretando otra información disponible. Aquí se ofrecen unos ejemplos: los datos de intensidad máxima pueden ser estimados para determinados lugares de la información sobre magnitud sísmica en áreas específicas. La magnitud o la intensidad se pueden estimar de la longitud de la falla causativa y la aceleración pico del terreno se puede estimar de la magnitud y de la distancia desde la falla causativa. La duración del sacudimiento se puede correlacionar con magnitud (Hays, 1980).

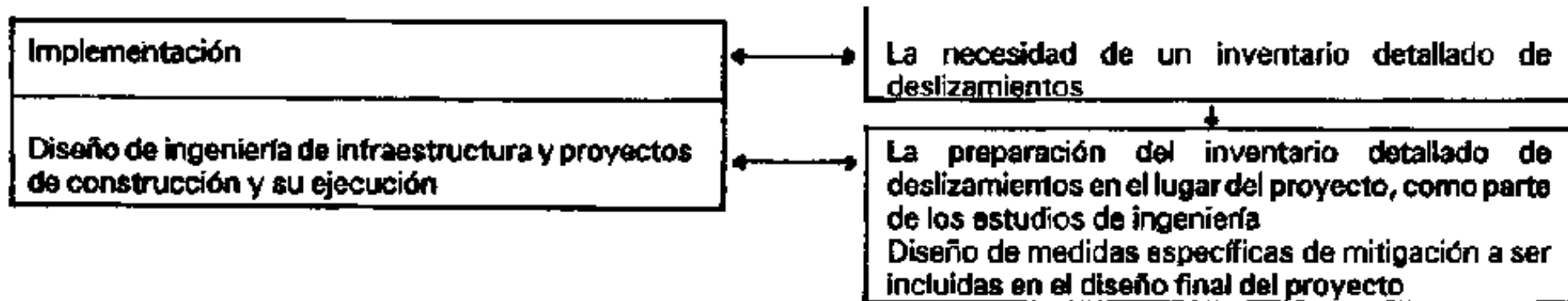
[Continuación...](#)

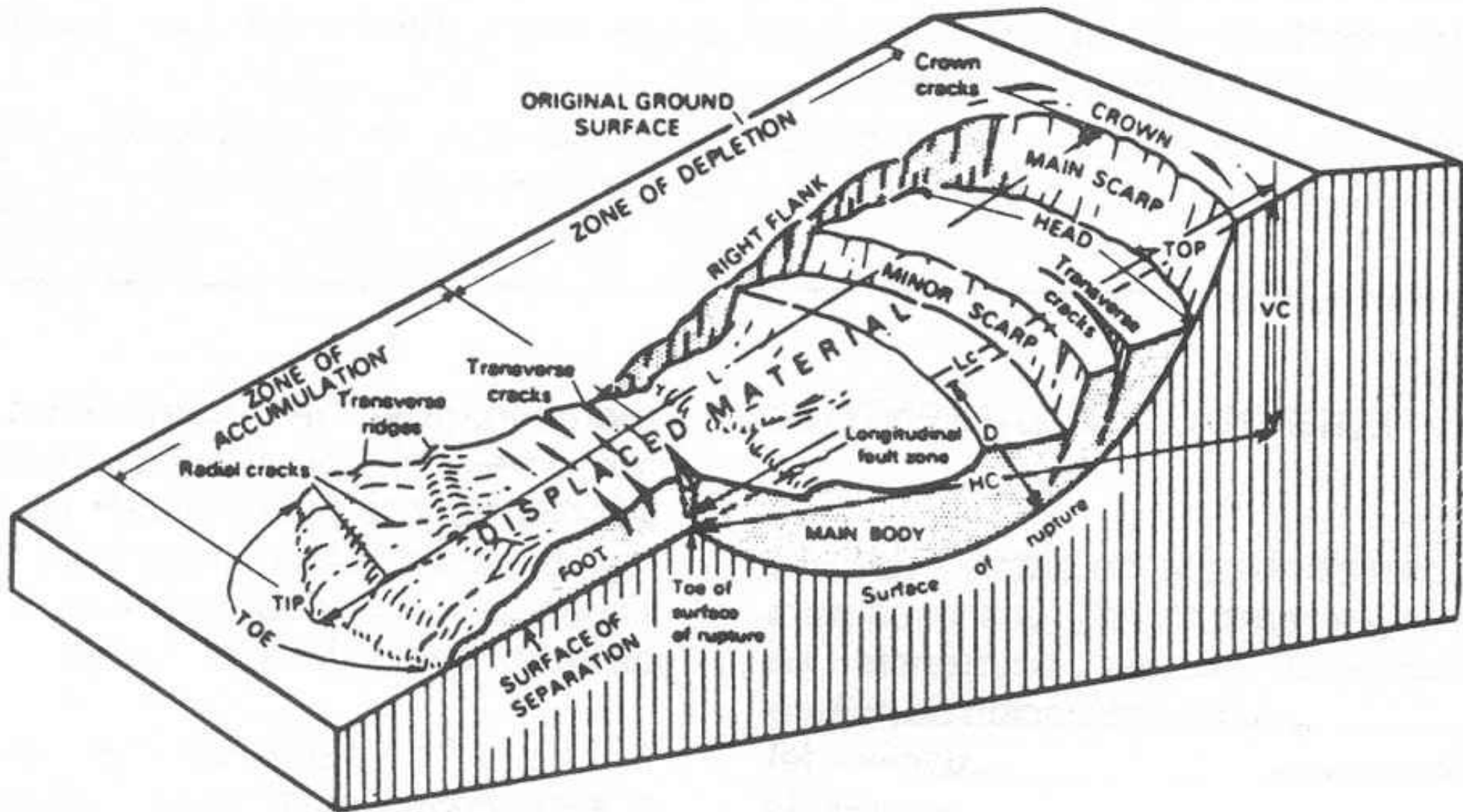


ACTIVIDADES DE LOS ESTUDIOS DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO

ACTIVIDADES DE EVALUACION DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS







c.n.r. irpi INVENTORY AND STATISTICAL ANALYSIS OF LANDSLIDES

Sheet 2-7 Surveyor init. and form number Date

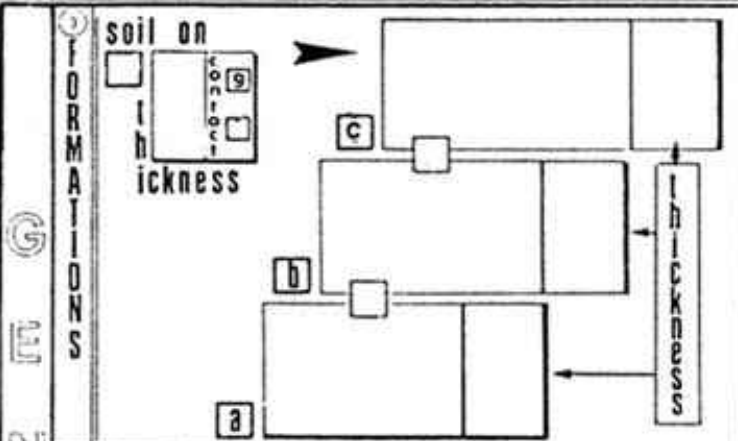
Name Township Drainage-Basin

LANDSLIDE

LANDSLIDE ZONE

STREAM EROSION

EROSIONAL ZONE



MONOLITHOLOGIC

solid S

partly solid P

loose L

cohesive C

LITHOLOGY ALTERNATED

a

b

c

STRUCTURES

DIPPING

	downstream	upstream	oblique	VERT.	HORIZ.
<input type="checkbox"/> LAYERING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> JOINTS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> FAULTS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ROCK CONDITIONS

a <input type="checkbox"/> b <input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/>	fresh	a <input type="checkbox"/> b <input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/>	weathered	a <input type="checkbox"/> b <input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/>	fractured
--	-------	--	-----------	--	-----------

DAMAGE

town, village etc. (houses n°)

country houses ()

main roads ()

country roads ()

railroad

aqueduct

bridge-viaduct

retaining walls and similar structures

great social

economic implications

SLOPE MORPHOLOGY

UNIFORM SLOPE

rectlin.

concave

convex

slope angle

terraces nat.

EXPOSURE

VEGETATION

barren

occasionally LOGGING

permanently FIRE

sown OTHER

grass

other

vineyard

trees with sawn THICK THIN

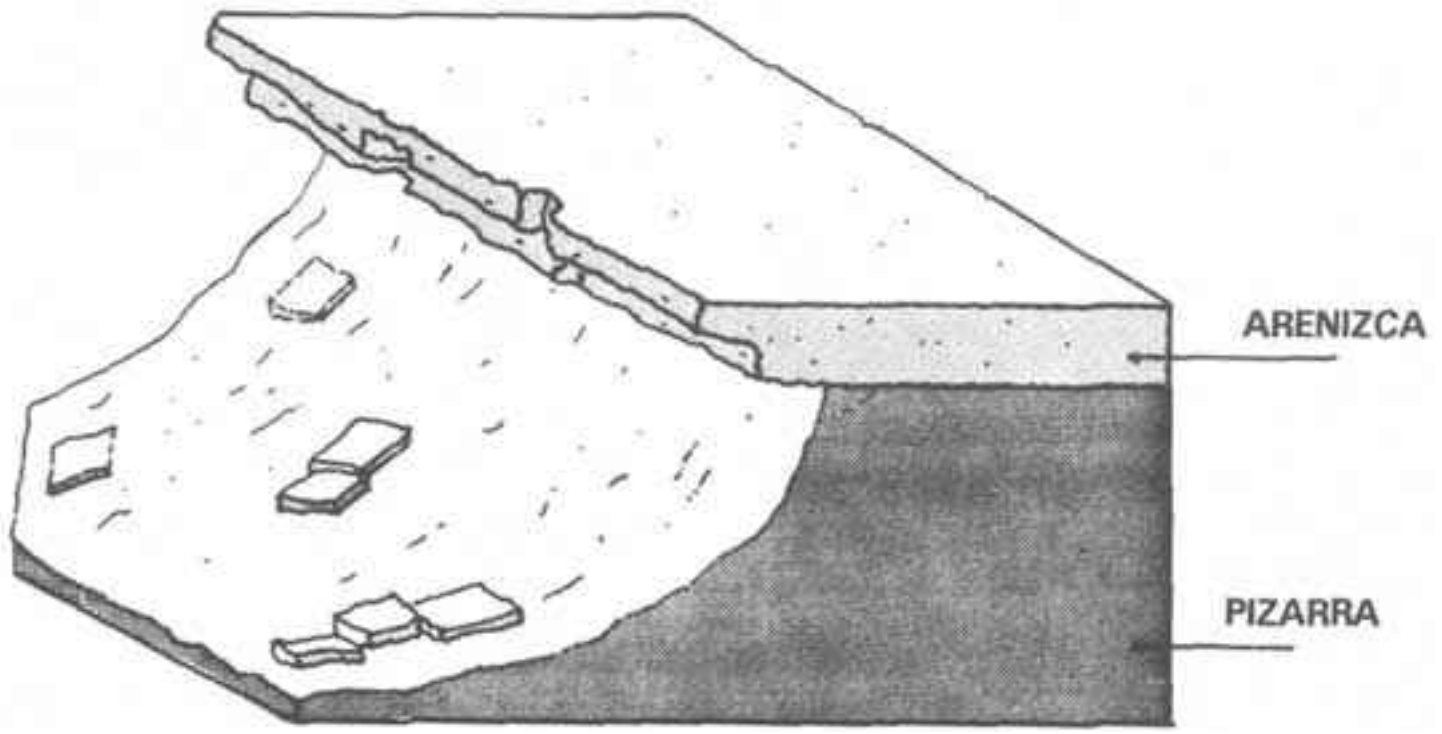
orchard olivegrove

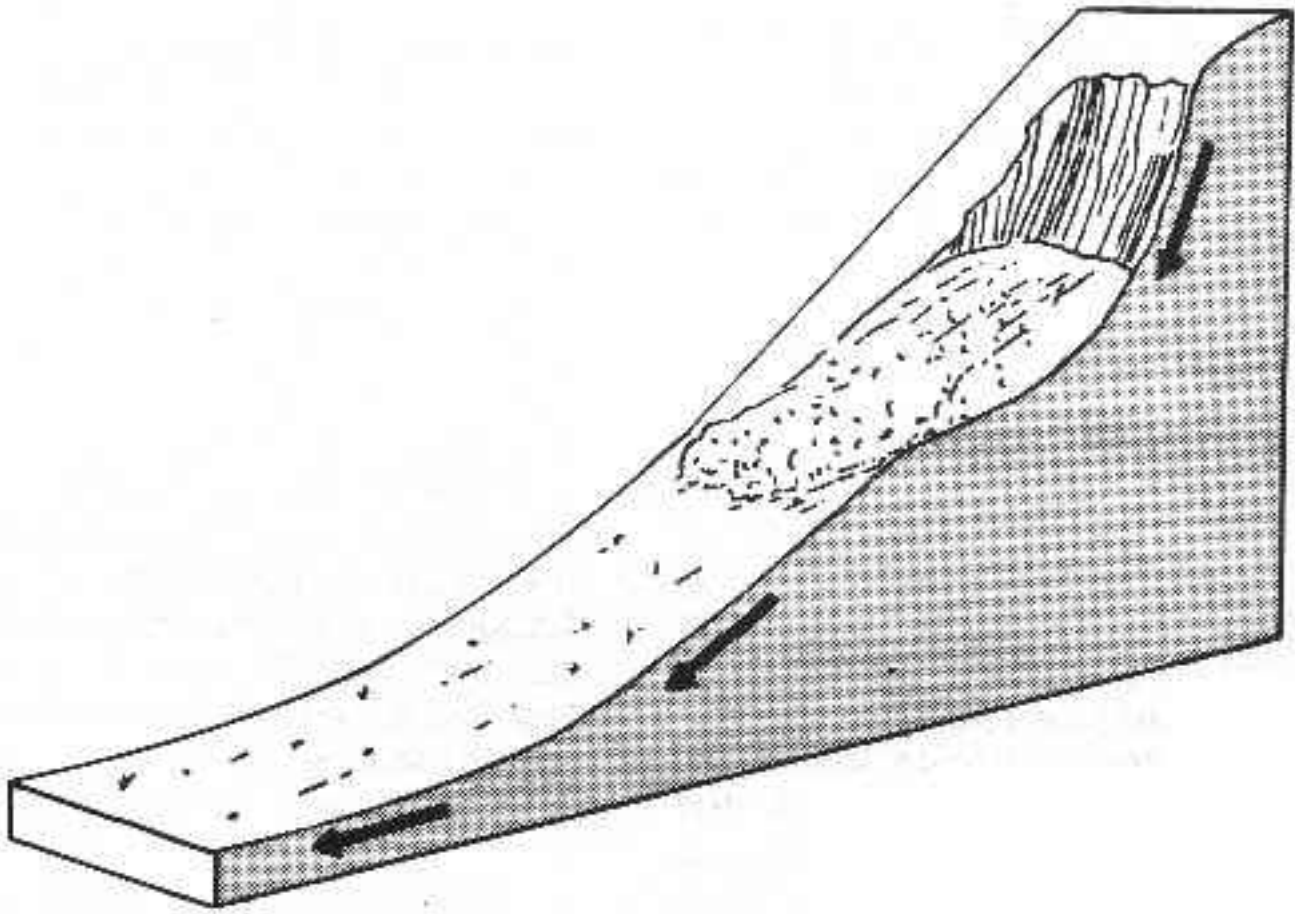
oakgrove other

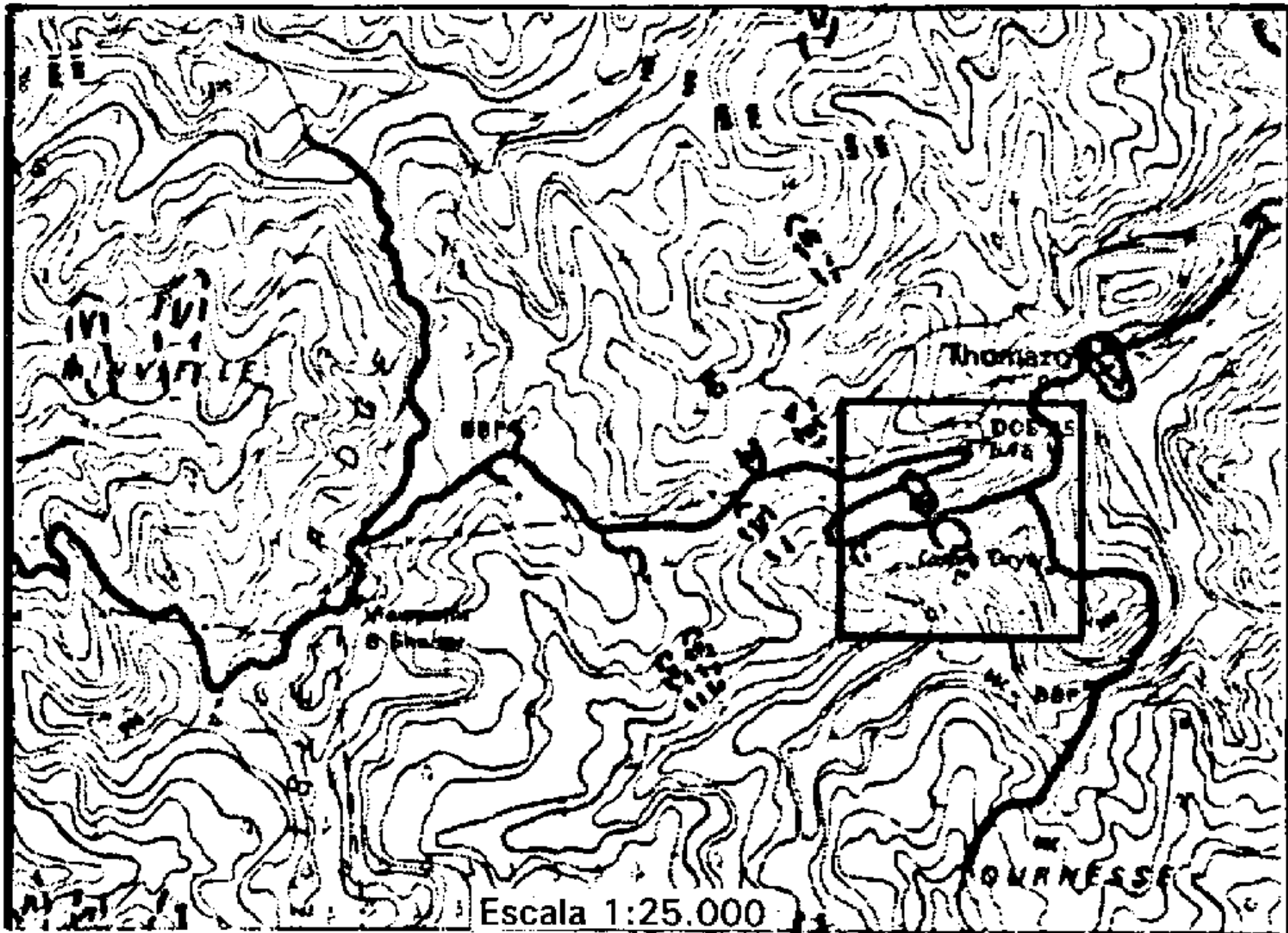
bush THICK THIN

forest

H D L	NON UNIFORM SLOPE <input type="checkbox"/>	hummocky <input type="checkbox"/>	(art. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	shrubbery <input type="checkbox"/>	THICK <input type="checkbox"/> THIN <input type="checkbox"/>	chestnut <input type="checkbox"/> beech <input type="checkbox"/> pine <input type="checkbox"/> other <input type="checkbox"/>	
E R O S I O N	T Y P E O F E R O S I O N	<input type="checkbox"/> EROSIONAL AREA		<input type="checkbox"/> sheet-rill erosion <input type="checkbox"/> gully erosion <input type="checkbox"/> bad lands <input type="checkbox"/> erosion niches		(12) SHAPE <input type="checkbox"/> circular <input type="checkbox"/> parabolic <input type="checkbox"/> elongated <input type="checkbox"/> other	(14) GROUND AREA <input type="checkbox"/> from 0 to 5,000 <input type="checkbox"/> from 5,000 to 10,000 <input type="checkbox"/> from 10,000 to 25,000 <input type="checkbox"/> from 25,000 to 50,000 <input type="checkbox"/> from 50,000 to 100,000 <input type="checkbox"/> over 100,000
	<input type="checkbox"/> if related to landslides		<input type="checkbox"/> lateral erosion <input type="checkbox"/> incision		(13) ELEVATION _____	(15) MAP AREA _____	
	<input type="checkbox"/> STREAM EROSION				(17) SLOPE ANGLE _____		
E V. S T A G E	(15) <input type="checkbox"/> initial <input type="checkbox"/> mature <input type="checkbox"/> old		(16) C A U S E S <input type="checkbox"/> lithology <input type="checkbox"/> climate-exposure <input type="checkbox"/> morphology <input type="checkbox"/> slope <input type="checkbox"/> structures <input type="checkbox"/> deforestation <input type="checkbox"/> cultivation <input type="checkbox"/> landslides		(17) CORRECTIVE MEASURES YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> groins <input type="checkbox"/> afforestation <input type="checkbox"/> dams <input type="checkbox"/> trellis-works <input type="checkbox"/> drainage ditches <input type="checkbox"/> walls-terraces <input type="checkbox"/> _____		







LEYENDA

**DERRUMBE O
DESLIZAMIENTO
DE ROCAS**

FLUJO DE ESCOMBROS

**DESLIZAMIENTO
DE ESCOMBROS**



traza



depósito

Falla Superficial



traza



depósito



traza



depósito

Falla Profunda

DESLIZAMIENTO DE ROCAS O FLUJO DE TIERRA

DERRUMBE COMPUESTO



Puede consistir de muchos derrumbes demasiados pequeños para ser representados en forma individual, algún rasgo de un derrumbe antiguo erosionado, o un derrumbe mostrando más de un tipo de movimiento.

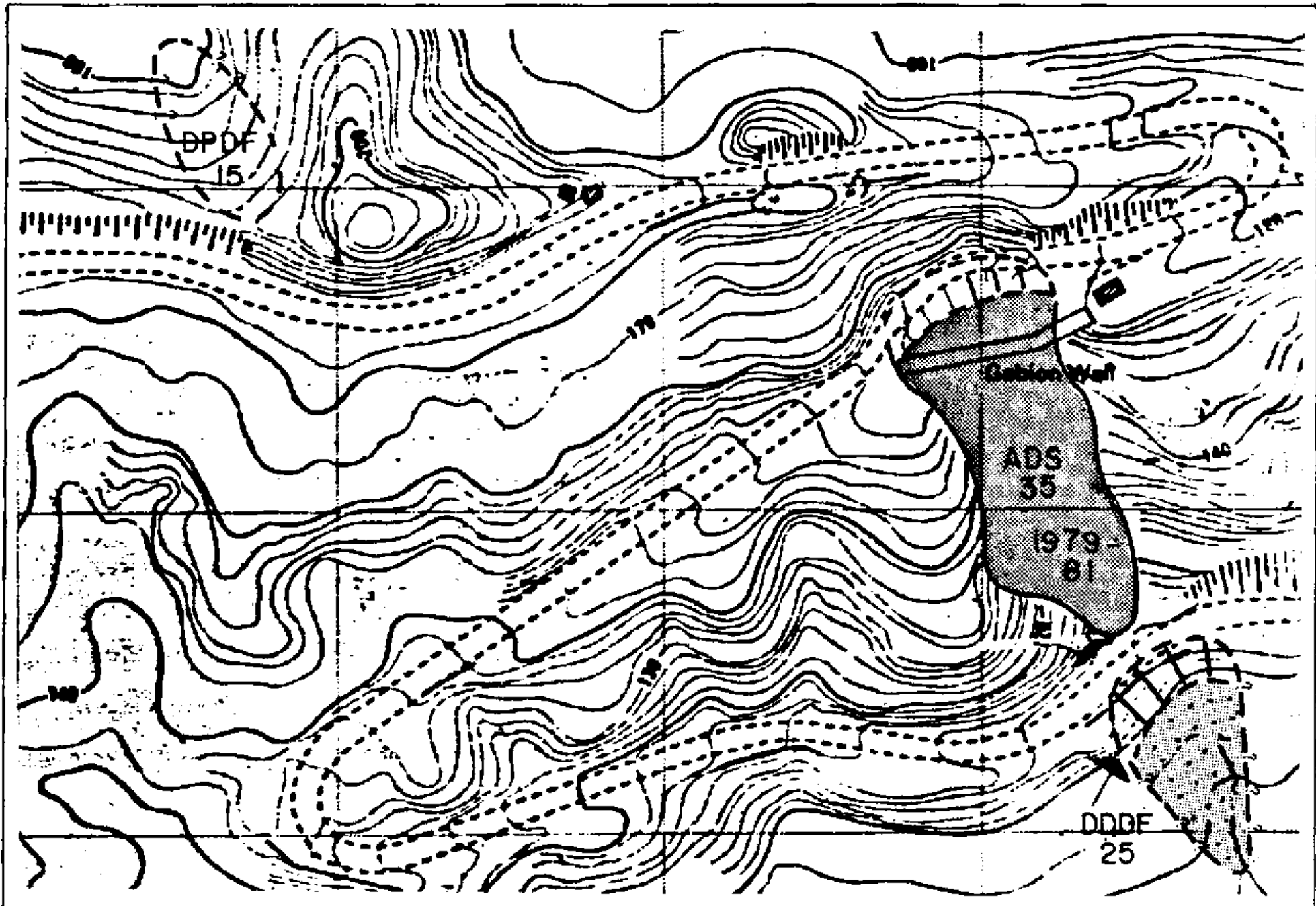


traza

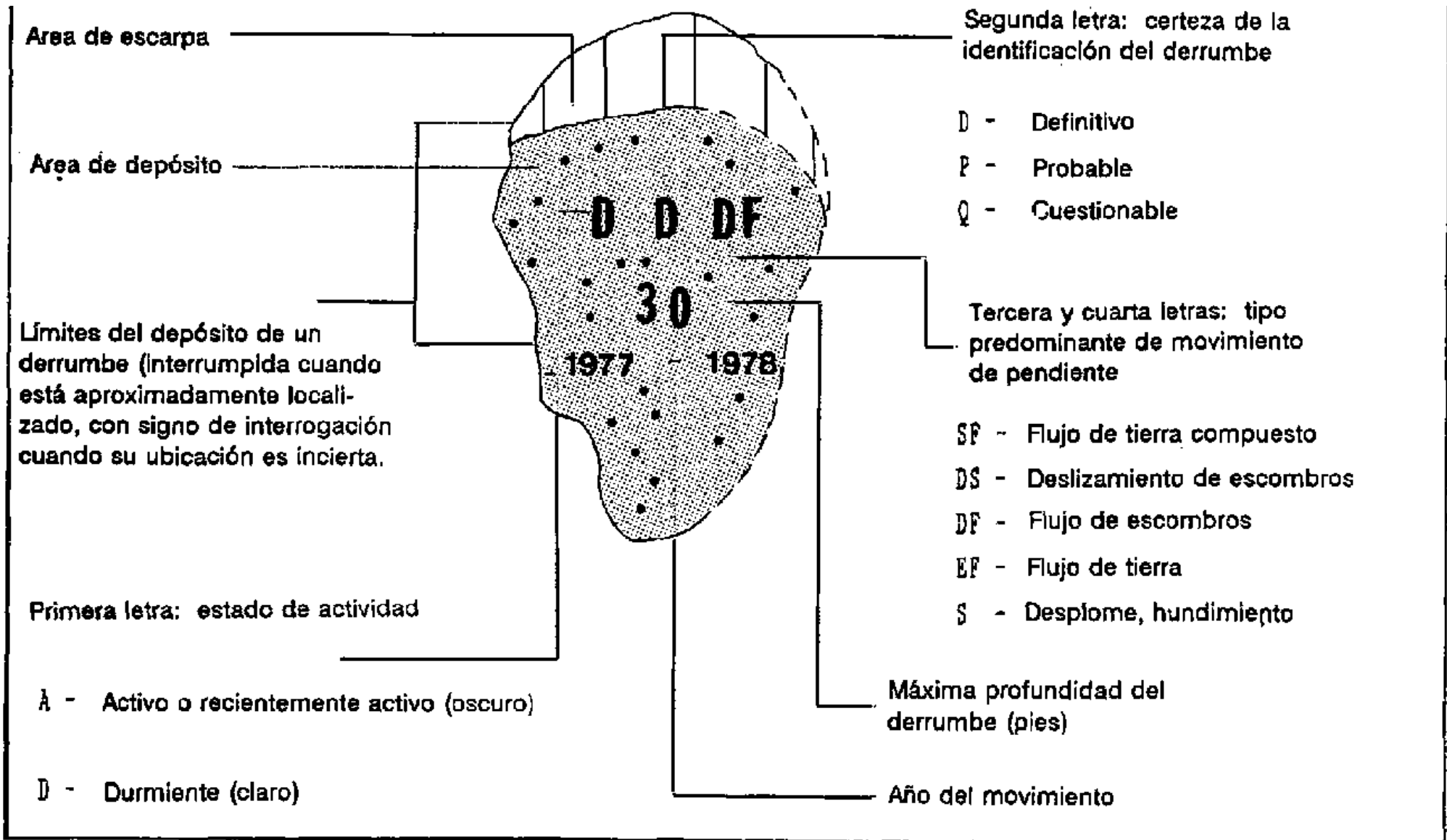


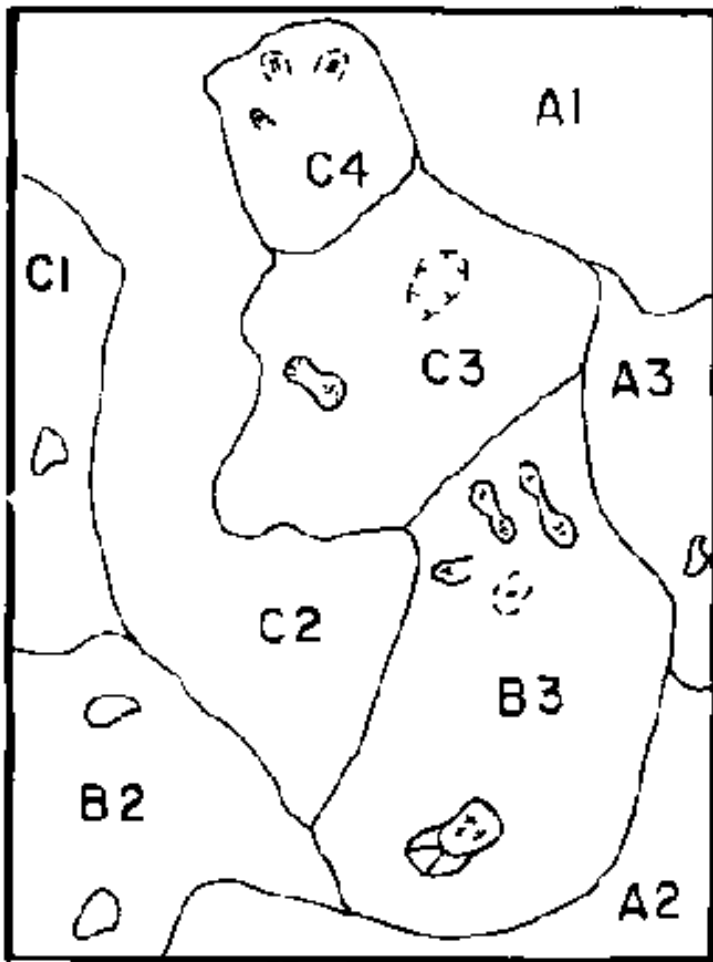
depósito

NOTA: Los derrumbes trazados con líneas sólidas pueden ser identificados como derrumbes definitivos. Las líneas interrumpidas muestran posibles derrumbes.



LEYENDA



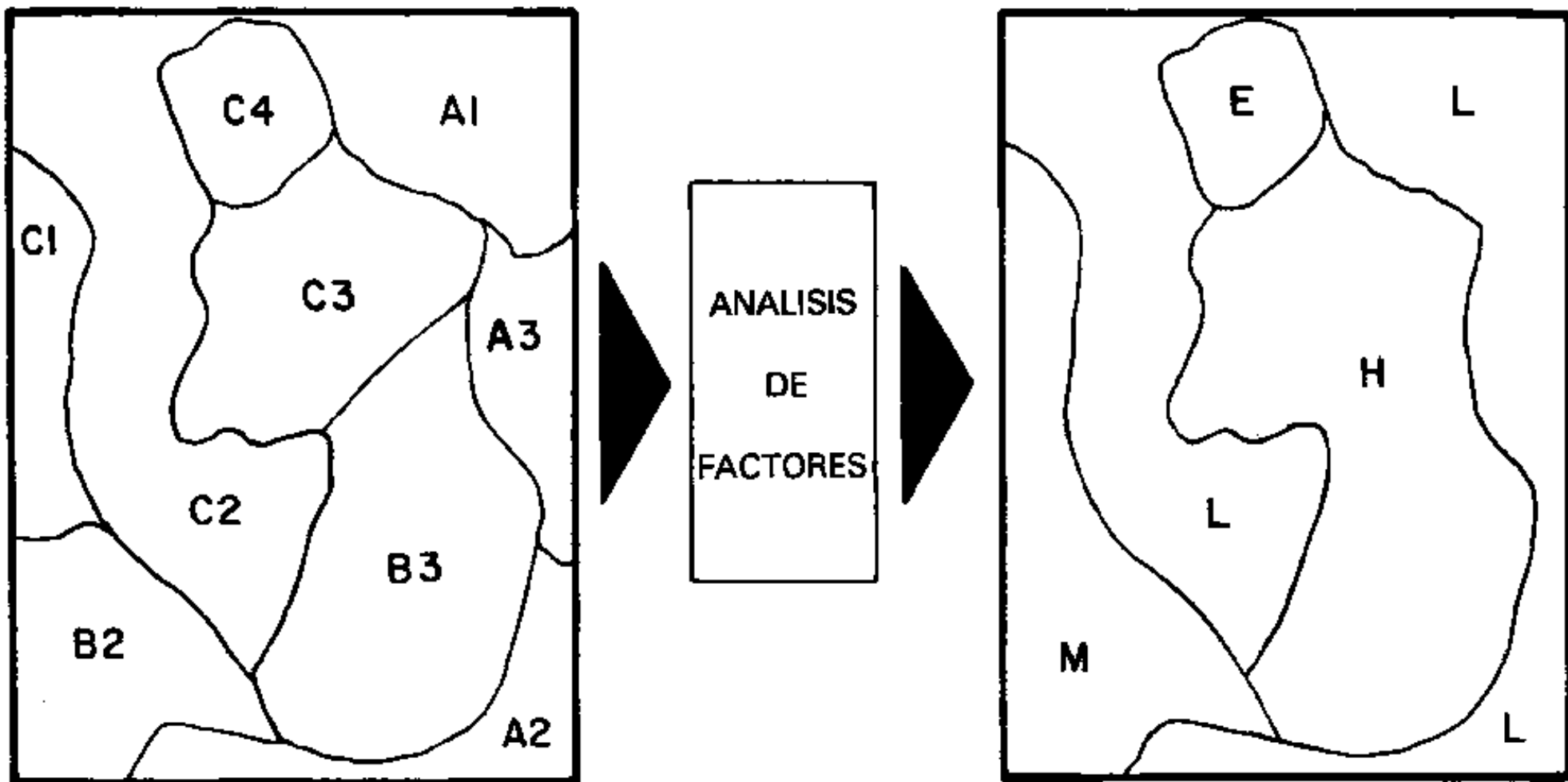


Area de Deslizamiento

————— = **Proporción**

Roca firme/Pendiente del área

(Area de Factores Permanentes)



- A-C:** Grupos de roca firme
(agrupación en base a información
geológica previamente definida)
- 1-4** Tipo de pendiente (agrupado por clasificaciones
de pendientes previamente definidas)

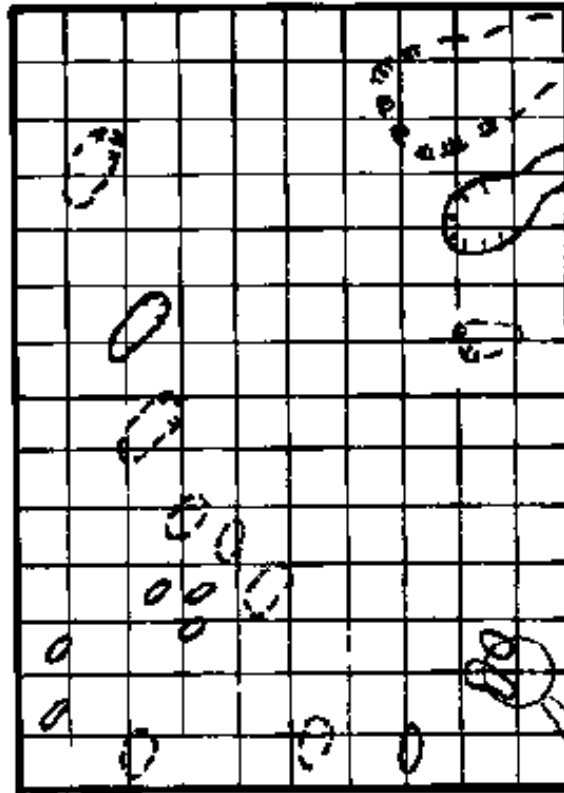
LEYENDA

Diferentes grados de deslizamientos

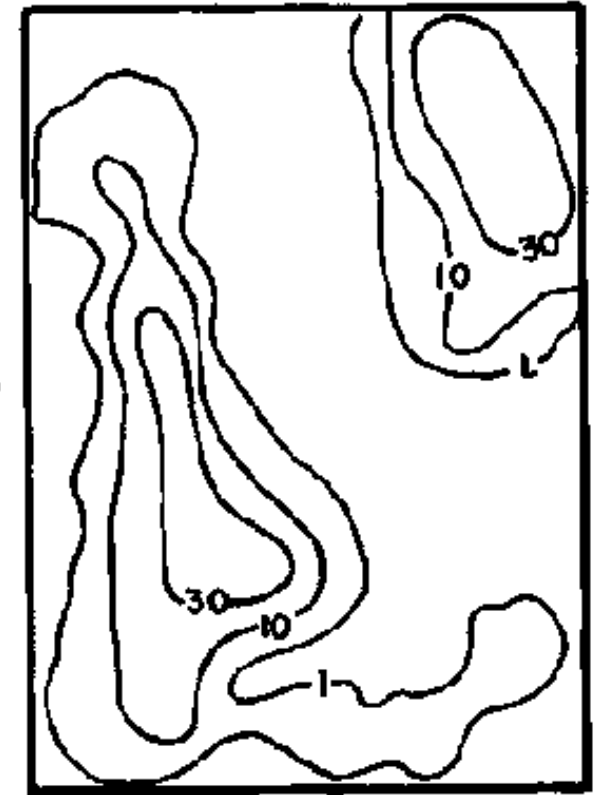
- E:** Extremo
L: Bajo
H: Alto
M: Moderado



Mapa del inventario de deslizamientos

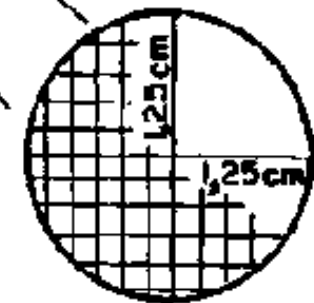


**Transparencia cuadriculada
(celdas de 2 cm x 2 cm)**



Mapa isopleta

Círculo cuadrulado, 2,5cm de diámetro, centrado sobre cada punto de intersección del cuadrículado





4. El peligro de terremotos y el proceso de la planificación para el desarrollo a. misión preliminar

En la Misión Preliminar de la planificación para el desarrollo, el planificador quiere saber si los terremotos representan un peligro grande en toda o parte del área de estudio, a fin de justificar que se consideren en la planificación para el desarrollo. Si se puede establecer que no es así, el planificador puede proceder a otras tareas. Ver la Figura 11-7 para un diagrama de las relaciones entre la planificación para el desarrollo y la evaluación de peligros de terremotos.

Se necesitan dos tipos de evaluaciones para estimar el peligro sísmico: (1) la severidad potencial de un terremoto; y (2) la probabilidad de que ocurra un terremoto destructivo durante el período de tiempo del proyecto o de la aplicación de la planificación. Mientras que ambos son necesarios para una evaluación completa, una u otra evaluación puede no ser posible para una determinada localidad, en cuyo caso se puede hacer una evaluación parcial con la información disponible.

La severidad potencial usualmente es definida históricamente; es decir, el terremoto más grande que se puede determinar o que ha ocurrido en determinada área se toma como el terremoto más grande que probablemente ocurrirá en ese lugar. La severidad de un terremoto se puede medir en términos de intensidad con la escala Mercali Modificada (MM) o en términos de magnitud con la escala Richter (ver Figura 11 -2 y la discusión sobre severidad de terremotos en la sub-sección B.1 anterior. En las figuras a continuación, MM se usa para América del Sur y Centroamérica (desde México a Panamá) y Ms (magnitud de ondas de superficie) para el Caribe. Una intensidad MM VI o mayor, y una magnitud Ms 4 o mayor se toman como índices de un peligro significativo.

MISION PRELIMINAR (DISEÑO DEL ESTUDIO)

PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Hay una historia de terremotos significativos (Intensidad de Mercali Modificada VI o mayor o magnitud 4 o mayor) en el área de estudio?
- ¿En qué parte del área de estudio ocurrieron o podrían ocurrir? ¿Existe población significativa o infraestructura importante en riesgo?
- ¿Cuál es la probabilidad de que un terremoto ocurra durante el período del proyecto de desarrollo (50-100 años)?
- ¿Qué peligros están asociados con estos terremotos: sacudimiento del terreno, ruptura en superficie, licuefacción, deslizamientos, otros?
- ¿Si tos terremotos representan un peligro, hay alguna entidad o institución nacional responsable de la colección de datos, monitoreo, mitigación de peligros, planificación para el desastre?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- Los terremotos son (o no son) un peligro significativo en el área de estudio, y por lo tanto se debe (o no se debe) incluir la consideración del peligro de terremotos en el proceso de planificación para el desarrollo.
- Si la información disponible no es suficiente como para que la Misión Preliminar formule una recomendación respecto a la decisión anterior, la Fase 1 debe incluir la tarea de recolección de datos a fin de hacer posible tal recomendación.
- Si se encuentra que el peligro de terremotos constituye un peligro significativo en el área de estudio, se deben de incorporar medidas de mitigación al estudio de diseño.

Figura 11-7: RELACION DE LAS ETAPAS DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO CON LA EVALUACION DE PELIGROS RELACIONADOS A TERREMOTOS (Mostrando las fuentes de información directas e indirectas)

La probabilidad de ocurrencia se mide en términos de probabilidad condicional o de potencial sísmico. La probabilidad condicional es un estimado, expresado en porcentajes, de cuan probable será que un terremoto grande o muy grande ocurra en un período específico de tiempo. En las siguientes tablas y mapas, los datos generados por Stuart Nishenko del U.S. Geological Survey, son usados para América del Sur y Centroamérica. William McCann de la Universidad de Puerto Rico define el potencial sísmico como probabilidades de ocurrencia de un terremoto grande o muy grande en el futuro próximo y da valores para el Caribe en una escala de 1 (alto potencial) a 6 (bajo potencial).

La información que se presenta a continuación generalmente será suficiente para guiar a un planificador a dar respuesta a las preguntas y tomar decisiones que competen a la Misión Preliminar como se indica en el recuadro anterior.

América del Sur

La mejor fuente de información para determinar el peligro sísmico de una área es un mapa de zonificación sísmica, disponible para varios países de América del Sur tales como Argentina, Perú, y Venezuela. El planificador puede identificar el área de estudio en ese mapa y usar los datos sobre el peligro sísmico. Cuando no existe un mapa de zonificación sísmica, se puede usar el mapa de CERESIS de Máximas Intensidades, que cubre toda la América del Sur. Se obtiene mayor detalle de los mapas nacionales de Intensidades Máximas, disponibles para cada país de América del Sur. La Figura 11-8 muestra la distribución geográfica de la ocurrencia histórica de máximas intensidades VI o mayores por sub-división política en América del Sur. La figura también indica la ocurrencia de licuefacción de suelos y de deslizamientos significativos, aunque puedan haber otras áreas propensas a deslizamientos o licuefacción que no se encuentran en el listado. En la Figura 11-9 se muestra, por provincia y departamento, la probabilidad condicional de que ocurra un terremoto en los próximos 5, 10 ó 20 años y la intensidad máxima probable del evento.

MISION PRELIMINAR

PROCEDIMIENTO PARA UNA EVALUACION INICIAL DEL PELIGRO SISMICO EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE REVISION INICIAL

- Para la Guyana Francesa, Paraguay y Suriname: los peligros sísmicos no son una amenaza significativa.
- Para Brasil y Uruguay: VER NOTA 1.
- Para Barbados, San Vicente las Granadinas y Trinidad y Tobago: IR A NOTA 2.
- Para Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Venezuela; y Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá; y
- Antigua y Barbuda, Cuba, Dominica, República Dominicana, Granada, Guadalupe, Haití, Jamaica, Martinica, Montserrat, Puerto Rico, Saint Barts, Saint Eustatius, Saint Lucia, las Islas Vírgenes: IR AL PASO 1.

NOTA 1 - En el Uruguay, el peligro sísmico es menor en el Departamento de Artigas. En el Brasil, representa una amenaza menor en los estados de Bahía, Ceará, Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Santa Catarina, y Sao Paulo (ver Figura 11-8). En otras regiones de estos países no se considera una amenaza significativa. No se requieren estudios por parte de la Misión Preliminar o la Fase I, pero si deberían de incorporarse los peligros sísmicos en las fases de formulación del proyecto e implementación de proyectos específicos.

NOTA 2 - Para estos países no hay información de grandes terremotos (son considerados como de potencial relativamente bajo para un Terremoto Grande o Muy Grande). No hay información sobre magnitud máxima estimada (ver Figura 11-17). La probabilidad de terremotos no es una amenaza importante.

PASO 1 - Para determinar si el área de estudio está incluida en áreas de MM VI o mayor, o de magnitud 4 o mayor, en los mapas y los cuadros presentados a continuación. Si no, los terremotos no representan un peligro significativo en el área de estudio. En caso afirmativo, seguir al Paso 2.

PASO 2 - Incorporar los peligros sísmicos en las Fases I y II del estudio de planeamiento, incluir medidas adecuadas de mitigación en proporción a la intensidad máxima histórica. Conducir estudios de peligros sísmicos específicos, iniciar la zonificación sísmica, modificar los códigos de construcción para incluir consideraciones sísmicas, y recomendar acciones de preparativos para la emergencia. Antes de llevar a cabo estas acciones ir al Paso 3.

PASO 3 - Determinar la probabilidad de que ocurra un terremoto grande o muy grande en el próximo futuro (ver Figuras 11-9, 11-11, 11-14, y 11-17). Si el área tiene una alta probabilidad para un terremoto grande en el próximo futuro, las acciones descritas en el Paso 2 deben ser llevadas a cabo con la mayor urgencia.

Figura 11-8

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS, LICUEFACCION DE SUELOS y DESLIZAMIENTOS SIGNIFICATIVOS EN AMERICA DEL SUR

Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica						A - Licuefacción de suelos B - Deslizamientos Significativos
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
ARGENTINA							
<u>Provincia</u>							
Catamarca	x	x					
Chaco	x						
Chubut	x						
Córdoba	x	x		L			
Corrientes	x						
Entre Ríos	x						
Jujuy	x	x	x				A, B
La Rioja	x	x	x	L			B
Mendoza	x	x	x	x			A, B
Neuquen	x	x					
Río Negro	x						
Salta	x	x	x	x			A, B
San Juan		x	x	x			A, B
San Luis	x	x	x				
Santa Cruz	x						
Santiago del Estero	x						
Tierra de Fuego	x						
Tucumán	x		L				
BOLIVIA							
<u>Departamento</u>							
Cochabamba	x	x					B
Chuquisaca	x	x	x				A, B
La Paz	x	x	x				B
Oruro	x	x					
Pando							
Potosí	x	x	x				B
Santa Cruz	x	x					A

Tarija	x	x	x	X			
BRASIL							
Estado							
Bahía	L	L					
Ceará	x	L					
Minas Gerais	L	L					
Rio Grande do Norte	L						
Santa Catarina	x						
Sao Paulo	L						
CHILE							
Provincia							
Aisén	x						
Aconcagua		x	x	x	x		
Antofagasta	x	x	x				
Arauco			x				A, B
Atacama	x	x	x	x	L		
Bío Bío	x	x	x				
Cautín	x	x	x				A. B
Chiloé	x	x	x				
Colchagua	x	x	x				
Concepción			x	x			
Coquimbo		x	x	x			
Curicó	x	x	x				
Linares	x	x	x	x			
Llanquihue	x	x	x		L		A, B
Magallanes	x	x					
Malleco	x	x	x		L		
Maule			x	x	L		
Nuble	x	x	x	x	L		
O'Higgins	x	x	x				
Osorno	x	x	x				B
Santiago		x	x	x	L		B
Talca	x	x	x	x			
Tarapacá		x	x	x			B
Valdivia	x	x	x		L		A, B

Valparaíso			x	x	x	L	
COLOMBIA							
Departamento							
Antioquia	x	x	x	L			A, B
Arauca	x	x	x				
Atlántico	x	x					
Bolívar	x	x	x				
Bacayá	x	x	x				
Caldas			x	x			B
Caquetá	x	x	x				B
Cauca	x	x	x	x	x		B
Chocó		x	x	x			A. B
Córdoba	x	x	x				
Cundinamarca		x	x	x			B
Guajira	x	x	x				
Huila		x	x	x	x		A, B
Magdalena	x	x	x				B
Meta	x	x	x	x			B
Nariño		x	x	x	x		B
Norte de							
Santander		x	x	x	x		B
Putumayo	x	x					B
Santander	x	x	x	x			B
Tolima		x	x	x			
Valle del Cauca		x	x	x			
Vaupés	x						
Vichada	x						
ECUADOR							
Provincia							
Azuay		x	x				
Bolívar		x	x				B
Cañar		x					
Carchi		x	x	x			
Chimborazo		x	x	x	L		A, B
Cotopaxi		x	x	x	x	L	

El Oro		x					
Esmeraldas		x	x	x	x		B
Guayas		x	x	x			
Imbabura		x	x	x			A, B
Los Ríos		x	x				
Loja	x	x	x				
Manabí			x	x			
Morona Santiago	x	x	x				
Napo	x	x	x				B
Pastaza	x	x					
Pinchincha		x	x	x	L		
Tungurahua		x	x	x	x	L	B
Zamora-Chinchipec		x	x				
<u>GUYANA</u>		x	x				
<u>PERU</u>							
<u>Departamento</u>							
Amazonas	x	x	x	x			B
Ancash	x	x	x	x		L	A, B
Apurimac		x	x				
Arequipa		x	x	x	x	L	A, B
Ayacucho	x	x	x	x			B
Cajamarca	x	x		L			B
Cusco	x	x	x	x			A
Huancavelica	x	x	x				B
Huánuco	x	x	x				
Lea		x	x	x	L		A
Junín	x	x	x	x	L	L	
La Libertad	x	x	x	x			
Lambayeque	x	x	x				
Lima	x	x	x	x	L	L	A
Loreto	x	x	x	x	x		
Madre de Dios	x	x					
Moquegua		x	x	x		L	
Pasco	x	x	x	L			
Piura		x	x	x			A

Puno	x	x	x				
San Martín	x	x	x	x	x		A
Tacna		x	x	x			
Tumbes			x	x			A, B
URUGUAY							
<u>Departamento</u>							
Artigas	x						
VENEZUELA							
<u>Estado</u>							
Delta Amacuro	x	x	x	x			A
Amazonas	x						
Apure	x	x	x				
Aragua		x	x	x			A
Anzoátegui	x	x	x	x			B
Barinas		x	x	x			
Bolívar	x	x	x				
Carabobo		x	x				A
Cojedes		x	x				B
Distrito Federal				x	L		B
Falcón		x	x				B
Guarico	x	x	x				
Lara				x	x		B
Mérida				x	L		A, B
Miranda			x	x	x		A, B
Monagas			x	x			A
Portuguesa		x	x	x			B
Sucre			x	L			A, B
Táchira			x	x	x		B
Trujillo			x	x			A, B
Yaacuy			x	x			A
Zulla		x	x	x			A, B

Leyenda:

x = Valor del contorno que cubre toda o parte del área.

L = Intensidad localizada observada mayor que los valores del contorno.

Fuente: Adaptado de Regional Center for South America (CERESIS). Maximum Intensity Map of South America (Santiago, Chile: CERESIS, 1985); y Seismological Center for South America, Map of Soil Liquefaction and Landslides Associated with Earthquakes in South America (CERESIS), 1985).

Figura 11-9

MAXIMA INTENSIDAD SISMICA Y PROBABILIDAD CONDICIONAL DE LA OCURRENCIA DE UN TERREMOTO GRANDE O MUY GRANDE PARA DIFERENTES LUGARES EN LA COSTA DE AMERICA DEL SUR

Ubicación		Máxima intensidad sísmica probable	Probabilidad condicional ^a		
			1989-1994 (%)	1989-1999 (%)	1989-2009 (%)
COLOMBIA					
	<u>Departamento</u>				
	Cauca	X	≤1	≤1	≤1
	Chocó	IX	?	?	?
	Nariño				
	Norte	X	≤1	≤1	≤1
	Sur	X	8	19	6
	Valle	IX	≤1	≤1	≤1
CHILE					
	<u>Provincia</u>				
	Aconcagua	X	≤1	≤1	≤1
	Aisén				
	Norte	VI	≤1	≤1	≤1
	Sur	VI	?	?	?
	Antofagasta				
	Norte	VIII	(10)	(20)	(39)
	Sur	VIII	≤1	≤1	15
	Arauco	VIII	1	3	12
	Atacama				
	Norte	IX	≤1	≤1	15
	Sur	IX	2	4	10
	Cautín	VIII	1	3	12
	Chiloé	VIII			
	Colchagua				

	Norte	VIII	≤1	≤1	≤1
	Sur	VIII	17	33	59
	Concepción	IX	1	3	12
	Coquimbo				
	Norte	IX	2	4	10
	Sur	IX	11	24	49
	Curicó	VIII	≤17	≤33	≤59
	Llanquihue	VIII	≤1	≤1	≤1
	Magallanes				
	Norte	VII	?	?	?
	Sur	VII	4	11	29
	Maule	IX	1	3	12
	Nuble	IX	1	3	12
	Osorno	VIII	≤1	≤1	≤1
	Santiago	IX	≤1	≤1	≤1
	Talca	IX	1	3	12
	Tarapacá	IX	10	20	39
	Valdivia				
	Norte	VIII	1	3	2
	Sur	VIII	≤1	≤1	≤1
	Valparaíso	X	≤1	≤1	≤1

ECUADOR

	Provincia				
	El Oro	VIII	?	?	?
	Esmeraldas	X	(41)	(66)	(90)
	Guayas	IX	?	?	?
	Manabí				
	Norte	IX	(41)	(66)	(90)
	Sur	IX	?	?	?

PERU

	Departamento				
	Ancash				
	Norte	IX	?	?	?
	Sur	IX	≤1-3	≤1-8	≤1-24

	Arequipa				
	Norte	X	(≤1)	(≤1)	(≤1)
	Central	X	6	13	29
	Sur	X	(≤1-12)	(≤1-23)	(≤1-43)
	Ica				
	Norte	IX	(14)	(27)	(47)
	Sur	IX	(≤1)	(≤1)	(≤1)
	La Libertad	IX	?	?	?
	Lambayeque	VIII	?	?	?
	Lima				
	Norte	IX	≤1-3	≤1-8	≤1-24
	Sur	IX	≤1	≤1	≤1
	Moquegua	IX	(≤1-12)	(≤1-23)	(≤1-43)
	Piura	VIII	?	?	?
	Tacna				
	Norte	IX	(≤1-12)	(≤1-23)	(≤1-43)
	Sur	IX	4	11	29
	Tumbes	IX	?	?	?

^a La probabilidad condicional se refiere a los terremotos causados por movimientos entre-placas

? No hay información disponible

() Todos los valores en paréntesis son estimados menos confiables

Fuente: Adaptado de Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Mapa de Intensidades Máximas de América del Sur (Santiago, Chile: CERESIS, 1985), and Nishenko, S.P. Summary of Circum-Pacific Probability Estimates (unpublished table ((Golder Colorado; U.S. Geological Survey, 1989).

Meso América

La información sobre evaluación de los peligros sísmicos de México incluye datos publicados sobre zonas de subducción en la Costa del Pacífico y datos graficados sobre aceleración máxima y velocidad máxima de ondas sísmicas esperadas, en períodos de 50, 100 y 500 años, disponibles del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Para la información no publicada los planificadores deberán contactar al Instituto de Geofísica y al Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México; al U.S. Geological Survey; al Instituto de Geofísica de la Universidad de California, Santa Cruz; o al Lamont Dougherty Geological Observatory en Palisades, New York.

La Figura 11-10 presenta la probabilidad condicional de un terremoto grande o muy grande entre 1986 y 1996 a lo largo de 13 segmentos de la Zona de Subducción de México (Nishenko y Singh, 1987). Los

datos de estos segmentos están resumidos en la Figura 11-11.

En 1988 y 1989 aparecieron nuevos mapas e informes de Randall White y Stuart Nishenko, ambos del U.S. Geological Survey, sobre peligros sísmicos en América Central. La Figura 11-12 es un mapa de la región que muestra los valores MM históricamente registrados y cuidadosamente analizados por White. La Figura 11-13 muestra la ocurrencia de intensidades MM VI o mayores, por provincia y departamento, para Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua (la información sobre Panamá todavía es limitada). La Figura 11-14 muestra la probabilidad condicional y la intensidad MM por provincia y departamento.

Caribe

La información para estimar peligros sísmicos en la costa del Caribe está a disposición en William McCann del Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico. La Figura 11-15, un mapa del potencial sísmico en la región del Caribe, establece el potencial en términos del período de tiempo desde el último gran terremoto (McCann, 1987). El mapa es un compuesto de dos mapas anteriores: el Mapa de Potencial Sísmico de 1982, que cubre toda la cuenca, y el Mapa de Potencial Sísmico de 1983, que cubre el área desde Dominica hasta la región oriental de la República Dominicana.

La actividad sísmica a largo plazo, expresada en términos de magnitud, se muestra en la Figura 11 -16 del mapa de 1984 que cubre la misma área que el mapa de 1983. Este mapa se acerca a un mapa de "fuentes modelosa que requieren los ingenieros para estimar el sacudimiento del terreno (McCann, 1985). Combinando los datos de ambos mapas, la Figura 11-17 categoriza a los países del Caribe en términos de su potencial sísmico (probabilidad de experimentar un gran terremoto) y de su actividad sísmica de largo plazo (probable tamaño máximo de un terremoto).

McCann, que ha publicado extensamente sobre la sismología del Caribe Oriental, señala lo siguiente:

La margen oriental del Caribe, desde Trinidad hasta Puerto Rico, tiene el potencial para grandes terremotos. Las Antillas Menores septentrionales están en la categoría de mayor potencial sísmico. Esta región parece estar madura para un terremoto importante. Mientras que este estimado puede tener un error de 25 o más años, los estudios sugieren una alta probabilidad de un gran terremoto antes de fin de siglo en las Antillas Menores Septentrionales (McCann, artículo no publicado).

Obviamente este es un pronunciamiento que los planificadores deben tomar en cuenta.

b. Fase I: Diagnóstico del desarrollo

Esta parte del estudio de planificación requiere el diagnóstico de una región, incluyendo la situación espacial y de recursos naturales. Una mayor evaluación de las áreas propensas a terremotos y de aquéllas donde los datos son insuficientes para evaluar el peligro sísmico, depende del tipo de desarrollo programado para el área y de la consideración de asignación de recursos para estudios siguientes. En paralelo a los análisis del peligro, el equipo de estudio de planificación puede subdividir el área de estudio en zonas de uso intensivo actual y de futuro próximo, y los estudios de peligros deben proceder en zonas seleccionadas de acuerdo con el criterio del planificador. Las escalas recomendadas para la cartografía de estos trabajos son de 1:250.000 a 1:50.000.

La evaluación y zonificación de peligros sísmicos específicos es llevada a cabo como un elemento de la evaluación de recursos naturales en áreas seleccionadas. Los peligros se pueden agrupar como sigue:

sacudimiento del terreno/ruptura de falla, deslizamientos, y licuefacción. Dado que ya se ha establecido que las áreas seleccionadas son propensas a sismos, los datos sísmicos tales como intensidad y magnitud, movimientos fuertes, atenuación, respuesta de sitio, movimientos de fallas, e informes de daños de anteriores terremotos probablemente están disponibles, así como los datos sobre deslizamientos y/o licuefacción. En este momento, se justifica un esfuerzo substancial en la recolección de datos existentes.

Figura 11-10: ESTIMADOS DE PROBABILIDAD CONDICIONAL A LO LARGO DE LA ZONA DE SUBDUCCION DE MEXICO

Una visión gráfica de la probabilidad condicional de la ocurrencia de un terremoto grande o muy grande, en 13 segmentos de la zona de subducción de México para el intervalo de tiempo de 1986-1996. Las probabilidades están basadas en estimados del tiempo de recurrencia esperado en base a datos históricamente observados o el comportamiento de la recurrencia, extrapolada de otros segmentos. La segmentación en zonas de distintas fuentes sismogénicas se basa en la extensión lateral del último terremoto grande o muy grande en cada segmento.

Fuente: Adaptado de Nishenko, S.P., y Singh, S.K. "Conditional Probabilities for the Recurrence of Large and Great Interplate Earthquakes Along the Mexican Subduction Zone", submitted to the Bulletin of the Seismological Society of America (1987).

Figura 11-11: PROBABILIDAD CONDICIONAL DE UN TERREMOTO GRANDE O MUY GRANDE A LO LARGO DE LA ZONA DE SUBDUCCION DE MEXICO

Fuente: Nishenko, S.P. Circum Pacific Seismic Potential 1989-1999. U.S. Geological Survey, Open File Report 89-86 (Golden, Colorado: U.S. Geological Survey, 1989).

Figura 11-12: MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS EN AMERICA CENTRAL

Fuente: Basado en White, Randall A. Maximum Earthquake Intensities in Central America (draft map) (Menlo Park, California U.S. Geological Survey, 1988).\

Continuación...



**Figura 11-13****DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS EN AMERICA CENTRAL**

Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica				
	VI	VII	VIII	IX	X
BELIZE					
Distrito					
Stann Creek	X				
Toledo	X	x			
COSTA RICA					
Provincia					
Alajuela	X	x	x		
Cartago		x	x		
Guanacaste		x	x		
Heredia	X	x	x		
Limón	X	x	x		
Puntarenas	X	x	x		
San José	X	x	x		
EL SALVADOR					
Departamento					
Ahuachapán		x	x		
Cabañas	X	x			
Chalatenango	x	x			
Cuscatlán	x	x			
La Libertad		x	x		
La Paz		x	x		
La Unión	x	x	x		
Morazán		x	x		
San Miguel	x	x	x		
San Salvador	x	x	x		
San Vicente		x	x		
Santa Ana	x	x	x		

Sonsonate		x	x		
Usulután		x	x		
GUATEMALA					
Departamento					
Alta Verapaz	x	x	x		
Baja Verapaz		x	x		
Chimaltenango		x	x		
Chiquimula		x	x		
El Petén	x				
El Progreso	x	x	x		
El Quiché	x	x	x		
Escuintla		x	x		
Guatemala		x	x	x	
Huehuetenango		x	x	x	
Izabal		x	x		
Jalapa	x	x			
Jutiapa		x	x		
Quezaltenango		x	x	x	
Retalhueleu		x	x		
Sacatepéquez		x			
San Marcos		x	x		
Santa Rosa		x	x	x	
Solalá		x	x		
Suchitepéquez		x	x		
Totonicapán		x	x		
Zacapa		x	x		
HONDURAS					
Departamento					
Atlántida	X	x	x		
Choluteca	X	x			
Colón	X	x			
Comayagua	x	x	x		
Copan	x	x	x		
Cortes	x	x	x		
Distrito Central	x				

El Paraíso	x				
Feo. Morazán	x				
Gracias a Dios	x				
Intibuca	x	x	x		
La Paz	x				
Lempira	x	x	x		
Ocotepeque	x	x	x		
Olancho	x				
Santa Bárbara	x	x	x		
Valle	x	x			
Yoro	x				

NICARAGUA

Departamento

Boaco	x				
Carazo		x			
Chinandega	x	x	x		
Chontales	x				
Granada		x	x		
León	x	x	x		
Managua	x	x	x		
Masaya		x	x		
Matagalpa	x				
Río San Juan	x				
Rivas		x			

Fuente: Adaptado de White, R.A. Maximum Earthquake Intensities in Central America (mapa no publicado). (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1988).

Figura 11-14

MAXIMA INTENSIDAD SISMICA Y PROBABILIDAD CONDICIONAL DE OCURRENCIA DE UN TERREMOTO GRANDE O MUY GRANDE PARA LUGARES SELECCIONADOS EN AMERICA CENTRAL

Ubicación	Máxima intensidad sísmica probable	Probabilidad condicional ^a		
		1989-1994 (%)	1989-1999 (%)	1989-2009 (%)
<u>COSTA RICA</u>				
<u>Provincia</u>				
Alajuela				

Oeste	VIII	9	43	93
Central y Este	VIII	≤1-3	≤1-8	4-25
Guanacaste				
Oeste	VIII	16	31	55
Este	VIII	9	43	93
Heredia (Oeste)	VIII	≤1	≤1	≤4
Puntarenas				
Norte	VIII	3-9	8-43	25-93
Central	VIII	≤1	≤1	≤4
San José (Oeste)	VIII	≤1	≤1	≤4

EL SALVADOR

<u>Departamento</u>				
Ahuachapán	VIII	29	51	79
Cabañas	VII	≤1	≤1	≤1
Cuscatlán	VII	29	51	79
La Libertad	VIII	29	51	79
La Paz				
Oeste	VIII	29	51	79
Este	VIII	≤1	≤1	≤1
San Miguel (Oeste)	VIII	≤1	≤1	≤1
San Salvador	VIII	29	51	79
San Vicente	VIII	≤1	≤1	≤1
Santa Ana	VIII	29	51	79
Sonsonate	VIII	29	51	79
Usulután	VIII	≤1	≤1	≤1

GUATEMALA

<u>Departamento</u>				
Alta Verapaz	VIII	(4)	(8)	(15)
Baja Verapaz	VIII	(4)	(8)	(15)
Chimaltenango	VIII	10	23	50
Chiquimula	VIII	29	51	79
El Progreso	VIII	29	51	79
Escuintia	VIII	10	23	50
Guatemala	X	10-29	23-51	50-79

Huehuetenango				
Este	X	(4)	(8)	(15)
Oeste	X	5	13	34
Izaba)				
Este	VIII	≤1	51	≤1
Oeste	VIII	(4)	(8)	(15)
Jalapa	VII	29	51	79
Jutiapa	VIII	29	51	79
Quezaltenango	IX	5	13	34
Quiché	VIII	(4)	(8)	(15)
Retalhuleu	VIII	5	13	34
Sacatepéquez	VIII	10	23	50
San Marcos	IX	5	13	34
Santa Rosa	IX	10-29	23-51	50-79
Sololá	VIII	10	23	50
Suchitepéquez	VIII	10	23	50
Totonicapán	VIII	10	23	50
Zacapa	VIII	(4)	(8)	(15)
HONDURAS				
<u>Departamento</u>				
Comayagua	VIII	?	?	?
Copan				
Este	Vil	≤1	≤1	≤1
Oeste	VIII	(4)	(8)	(15)
Intibuca	VIII	?	?	?
Lempira	VIII	?	?	?
Ocotepeque				
Este	Vil	≤1	≤1	≤1
Oeste	VIII	(4)	(8)	(15)
Santa Bárbara (Oeste)	VIII	≤1	≤1	≤1
NICARAGUA	VIII	?	?	?

^a La probabilidad condicional se refiere principalmente a los terremotos causados por movimientos entre placas.

? No hay información disponible.

() Todos los valores en paréntesis representan estimados menos confiables.

Fuente: Adaptado de White, R.A. Maximum Earthquake Intensities in Central America (unpublished map) (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1988), and Nishenko, S.P. Summary of Circum-Pacific Probability Estimates (Unpublished table) (Golden, Colorado: U.S. Geological Survey, 1989).

Figura 11-15: POTENCIAL SISMICO EN LA REGION DEL CARIBE: POTENCIAL PARA LA OCURRENCIA DE UN TERREMOTO GRANDE

Fuente: McCann, William R. McCann. William R. "On the Earthquake Hazards of Puerto Rico and the Virgin Islands" en Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 75, No. 1 (February 1985): pp. 251-262.

Figura 11-16: ACTIVIDAD SISMICA A LARGO PLAZO EN LA REGION DEL CARIBE: MAGNITUD MAXIMA ESTIMADA

Fuente: McCann, William R. "On the Earthquake Hazards of Puerto Rico and the Virgin Islands" en Bulletin of the Seismological Society of America, Vo. 75, No. 1. (February 1985): pp. 251-262.

**Figura 11-17
PELIGRO SISMICO EN LA REGION DEL CARIBE**

País o Area	Potencial Sísmico^a probabilidad de ocurrencia de un terremoto grande en el próximo futuro)	Magnitud Máxima Estimada (Ms)
Anguila	5	7-7,5
Antigua	3	>8
Barbados	5	NA
Barbuda	3	>8
Cuba:		
Extremo sur	3	NA
El resto	NA	NA
Dominica	3	>8
República Dominicana	1,3,6	>8
Grenada	4	NA
Guadalupe ^b	3, ?	>8, ±4
Haití	1,3,4,5	NA
Jamaica	4	NA
Martinica	3,5	NA
Montserrat ^c	7	±4
Puerto Rico e Islas Vírgenes ^d	2	8 - 8,25
St. Barts	3	>8

St. Eustatius ^c	?	±4
St. Kitts and Nevis	7	±4
Santa Lucía	3	NA
St. Martín	5	7-7,5
San Vicente y las Grenadinas	5	NA
Trinidad y Tobago	5	NA

^a Potencial para un terremoto grande o muy grande

- 1 Potencial alto; terremoto grande hace más de 200 años
- 2 Potencial moderadamente alto; un terremoto grande hace 150-200 años
- 3 Potencial moderado; terremoto grande hace 100-150 años
- 4 Potencial moderadamente bajo; terremoto grande hace 50-100 años
- 5 Sin registro de terremotos grandes
- 6 Potencial bajo; terremoto grande hace menos de 50 años

^b Fuente volcánica en parte del área: potencial sísmico no pronosticable; máxima magnitud baja pero intensidad alta

^c Fuente volcánica: potencial sísmico no pronosticable; magnitud máxima baja pero alta intensidad

^d Numerosas fuentes sísmicas posibles

? No determinado

NA No disponible

Fuente: McCann, W.R. "On the Earthquake Hazards of Puerto Rico and the Virgin Islands" en Bulletin of the Seismological Society of America, vo. 75, No. 1 (February 1985), pp. 251-262.

Si los datos existentes sobre peligros sísmicos no son adecuados, el uso de algunos datos sustitutorios puede proporcionar información satisfactoria para esta etapa de la evaluación. Ver discusión sobre sustitución de datos en la sub-sección precedente, y el Capítulo 10 para una discusión de los factores asociados con la actividad de deslizamientos. Una indicación de susceptibilidad a licuefacción se puede estimar de los datos sobre la geología sedimentaria del Holoceno y la profundidad de las aguas subterráneas.

El resultado del trabajo hasta este punto permitirá que se haga una determinación respecto a qué peligros constituyen una amenaza significativa. Para aquellos que si lo son, debe prepararse un mapa aproximado de zonificación (ver Capítulo 6); una escala adecuada es de 1:50.000. Este mapa de zonificación de peligros es una parte importante del diagnóstico regional en su conjunto y constituye un elemento valioso para la formulación de estrategias y para la identificación de propuestas para acciones específicas. Dar una idea de donde es apropiado un desarrollo intenso, cuales áreas se deben dejar relativamente sin desarrollo, qué precauciones son necesarias, dónde el desarrollo de áreas peligrosas se considera necesario o inevitable, y dónde es necesaria la mitigación en áreas ya desarrolladas.

c. Fase II: Estrategias de desarrollo y formulación de proyecto

El análisis de la información de peligros, junto con otros elementos del estudio regional de desarrollo, en este punto da lugar ya a acciones del proyecto y prioridades que, a su vez, crean nuevas demandas de información de peligros. Esto puede incluir realizar estudios de vulnerabilidad que, junto con la zonificación de peligros, son útiles para producir mapas de riesgo sísmico para cada peligro individual o para combinaciones de peligros.

Estos mapas pueden luego ser combinados con mapas de otros peligros, p.e., inundaciones, para producir mapas de peligros múltiples y los mapas de peligros pueden ser combinados con mapas de usos actuales y potenciales de la tierra para producir mapas de zonificación de usos de tierra. Sirven para guiar el desarrollo futuro y proporcionar las unidades espaciales que los elementos de un código de construcción pueden considerar. En esta etapa se requieren datos detallados, incluyendo características de roca firme y de la cobertura del suelo, la intensidad específica para el lugar, datos de aceleración, datos de respuesta del sitio y datos de daños de anteriores terremotos que han afectado el área. Las escalas apropiadas son 1:50.000 a 1:10.000. Ver el Capítulo 6 para una discusión más detallada.

d. Implementación del proyecto

Finalmente, los proyectos son estudiados en la etapa de diseño final y son implementados. Las actividades paralelas de peligros tales como la preparación de reglamentos de construcción y de taludes, el refuerzo de estructuras existentes para que sean más resistentes a los terremotos, y el redesarrollo de áreas dañadas, están más allá de los alcances de este capítulo.

C. Erupciones volcánicas

[1. Peligros volcánicos](#)

[2. Clasificación, evaluación, cartografía y mitigación de peligros volcánicos](#)

[3. Peligros volcánicos y el proceso de planificación para el desarrollo](#)

Aún cuando las cenizas de muy grandes erupciones volcánicas tales como el Krakatoa, en lo que ahora es Indonesia, pueden dar la vuelta al mundo en cuestión de pocos días y pueden afectar las puestas del sol durante muchos años después, el daño serio está restringido a pequeñas áreas en comparación con la extensión de daños de grandes inundaciones o grandes terremotos. Sin embargo, las erupciones volcánicas pueden causar grandes pérdidas de vidas humanas y de propiedades. Hay razones para esta aparente contradicción.

La descomposición de la mayoría de los materiales volcánicos resulta en suelos ricos para la agricultura -particularmente significativo en áreas tropicales donde los suelos tienden a ser bajos en contenido de nutrientes- y para hacer uso de ellos los granjeros están dispuestos a correr el riesgo del peligro de una nueva erupción. Aún más, la población rural más densa en América Latina, y algunas de las grandes ciudades, están ubicadas en la Cordillera Andina y su extensión a Meso América a lo largo de la zona del volcanismo contemporáneo. Finalmente, muchos de los volcanes en las pequeñas islas del Caribe aún están muy activos. Tres de las erupciones más catastróficas del mundo tuvieron lugar en Guadalupe, Martinique, y San Vicente, donde no hay mucho campo para esconderse. La seriedad de los peligros volcánicos en América Latina y el Caribe está documentada en las Figuras 11-18 y 11-19. Casi 60.000

vidas se perdieron y 250.000 personas fueron afectadas severamente por erupciones durante este siglo. En los últimos 10.000 años, 250 volcanes en América Latina y el Caribe han erupcionado casi 1.300 veces. ya que es imposible evitar el uso de áreas sujetas a volcanismo, resulta imperativo determinar cuales de ellas son susceptibles a peligros particulares; planificar su desarrollo apropiadamente y establecer sistemas de monitoreo, alertas y evacuación.

La distribución geográfica restringida de las erupciones volcánicas hace más fácil monitorear sus efectos detrimentales. A través de América Latina y el Caribe, sólo las áreas que han experimentado erupciones desde épocas del Plioceno están sujetas a peligro significativo. Estas áreas están indicadas en la Figura 11 -20 por la ubicación de los volcanes activos en América Latina y el Caribe.

Figura 11-18: RESUMEN DE LOS IMPACTOS DE ERUPCIONES VOLCANICAS RECIENTE EN AMERICA LATINA y EL CARIBE

Fecha	Volcán, País	Descripción
1985	El Ruiz, Colombia	23, muertos causados por un lahar (flujo de lodo) a través de la población de Armero.
1985	El Chichón, México	La mayoría de las 153 muertes resultaron del colapso de techos e incendios causados por tefra incandescente.
1979	Soufriere, St. Vincent	Evacuación de 20 personas durante un mes.
1963-1965	Irazu, Costa Rica	La caída de tefra obligó a los 230.000 habitantes de San José a usar protectores para la vista, bandanas o aún máscaras de gas durante todos los días durante meses. El lahar (flujo de lodo) llegó hasta los 12m de espesor en algunos lugares.
1961	Calbuco, Chile	Erupción explosiva, explosión freática, flujos de lava, y flujos de lodo resultaron en la destrucción de una extensa área de tierras de cultivo.
1902	Soufriere, St. Vincent	El flujo piroclástico mató a 1.680 (77 km ² impactados por piroclásticos)
1902	Mt. Pelee, Martinique	28.000 muertes causados por gases piroclásticos y flujos de lodo; 50 km ² destruidos.
1902	Santa María, Guatemala	Un 40% de las más de 5.000 muertes fueron por causa del colapso del techado de casas bajo el peso de tefra. La población de Quezaltenango, a 15 km del volcán fue destruida. La erupción duró 18 horas.

Fuente: Modificado de Krumpke, P.F. Briefing Document on Volcanic Hazard Mitigation (Washington, D.C.: USAID/Office of Foreign Disaster Assistance, March 11, 1986).

Las erupciones volcánicas van desde pequeños rebalses de lava hasta explosiones violentas. La diferencia está determinada en gran parte por la viscosidad de magma o roca fusionada, y su contenido de gas disuelto. Los magmas, fluidos ricos en fierro y magnesio, tienden a permitir que los gases volcánicos escapen y lleguen más frecuentemente a la superficie en la forma de flujos suaves de lava. Los magmas más viscosos, ricos en silice, tienden a atrapar a los gases volcánicos, resultando en una creciente presión, y así tienen una mayor propensión a las erupciones violentas. Los productos de explosiones

violentas incluyen pedazos de lava derretida, que se solidifican rápidamente para formar vidrio, y fragmentos sólidos que van desde ceniza fina hasta piedras del tamaño de una casa. La naturaleza de los peligros volcánicos está determinada por el material eyectado por una erupción y por la fuerza con la cual es eyectado.

1. Peligros volcánicos

Los peligros volcánicos incluyen la caída de tefra y proyectiles balísticos, fenómenos piroclásticos (flujos, maretaos, y explosiones dirigidas lateralmente), lahares (o flujos de lodo), flujos de lava, peligros asociados con domo de lava, explosiones freáticas y emisiones de gases venenosos o corrosivos. La información resumida de las características, períodos de alerta, y efectos de estos peligros se puede encontrar en las figuras 11-21 y 11-22.

Figura 11-19

NUMERO DE VOLCANES. ERUPCIONES. E INCIDENTES DE ERUPCIONES VOLCANICAS CAUSANTES DE DAÑOS SIGNIFICATIVOS EN AMERICA LATINA y EL CARIBE DURANTE LOS ULTIMOS 10.000 AÑOS

País	Número de Volcanes	Número de Erupciones	Número de erupciones causando:			
			Víctimas	Destrucción de tierras de cultivo	Deslizamientos de lodo	Tsunamis
México	30	88		4	1	
Guatemala	24	120	5	10	3	
El Salvador	19	119	3	17		
Nicaragua	22	94		9	1	
Costa Rica	11	66	2	5	2	
Honduras	2	2				
Panamá	1	3		2		
Colombia	13	62	4	4	3	
Ecuador	10	82	5	14	29	
Galápagos	13	61				
Perú	10	38	1	4	1	
Bolivia	15	15				
Chile	62	271	5	12	13	1
Argentina	3	3				
West Indies:						
Saba	1	1				
St. Eustatius	1	1				

St. Kitts and Nevis	2	1				
Montserrat	1	4				
Guadaloupe	1	10			2	
Dominique	4	4				
Martinique	1	24	1	2	3	
Saint Lucia	1	1				
St. Vincent	1	210	1	3	5	
Grenada	2	2				
	250	1282				

Fuente: Compilado de Simkin, T. et al. Volcanoes of the World (Stroudsburg, Hutchinson Ross Publishing Company, 1981): pp. 89-103.

Figura 11-20: UBICACION DE LOS VOLCANES ACTIVOS EN AMERICA LATINA y EL CARIBE

Fuente: Frumpe, P.F. Briefing Document on Volcanic Hazards Mitigation (Washington, D.C.: USAID/Office of Foreign Disaster Assistance, 1988).

Figura 11-21 RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FISICAS ESTIMADAS DE DETERMINADOS PELIGROS VOLCANICOS

Peligros	Distancias hasta las cuales se experimentaron efectos		Area afectada		Velocidad		Temperatura (°C)
	Promedio (km ²)	Máximo (km ²)	Promedio (km ²)	Máximo (km ²)	Promedio (ms ⁻¹)	Máximo (ms ⁻¹)	
Caída de tefra	20-30	800 +	100	100.000 +	15	30	Usualmente del medio ambiente
Proyectiles balísticos	2	15	10	80	50-10	100	1000
Flujos piroclásticos y avalancha de derrubios	10	100	5-20	10.000	20-30	100	600-7000
La bares	10	300	5-20	200-300	3-10	30 +	100
Flujos de lava	3-4	100+	2	1,000 +	5	30	700-1150
Lluvia ácida y gases	20-30	2.000 +	100	20,000	15	30	medio ambiente

Ondas de choque de aire	10-15	800 +	1.000	100.000 +	300	500	medio ambiente
Rayos	10	100+	300	3.000	12x10 ⁵	12X10 ⁵	Por encima del punto de incandescencia

Fuente: Modificado de Blong, R.H. Volcanic Hazards (Sydney, Australia: Macquarie University Academic Press, 1984)

Figura 11-22

PERIODOS DE ALERTA y PROBABLES EFECTOS DE LOS PELIGROS VOLCANICOS SELECCIONADOS

Peligros	Periodo de alerta	Capacidad para causar daño severo	Probabilidad da lesiones severas o muerte
Caída de tefra	Minutos a horas	Menor-moderado	Bajo-moderado
Proyectiles balísticos	Segundos	Extremo	Muy alto
Flujos piroclásticos y avalancha de derrubios	Segundos	Extremo	Extremo
Lahares	Minutos a horas	Muy alto	Muy alto
Flujos de lava	Usualmente horas o días	Extremo	Muy alto
Lluvia ácida y gases	Minutos a horas	Muy bajo	Usualmente muy bajo
Ondas de choque de aire	Segundos a minutos	Menor	Muy bajo
Rayos	Ninguno	Moderado	Muy alto

Fuente: Modificado de Blong, R.H. Volcanic Hazards (Sydney, Australia: Macquarie University Academic Press, 1984).

a. Caídas de tefra y proyectiles balísticos

La tefra incluye todo tamaño de fragmentos de roca y de burbujas de lava eyectados a la atmósfera por la fuerza de una erupción, que se acumula para formar depósitos a medida que los materiales acarreados por el aire caen a tierra. Las erupciones asociadas con caídas de tefra importantes pueden tener fases eruptivas principales que duran de una hora a dos o tres días. Estas erupciones pueden ocurrir como eventos únicos separados por largos intervalos de inactividad o como eventos múltiples sin mucho tiempo entre uno y otro durante un período de meses o años. Los depósitos de tefra contienen proporciones variables de material de baja densidad (pómez y escoria) y fragmentos de roca de alta densidad con tamaños de partículas que van desde ceniza (2mm) hasta bloques y bombas (varios metros de diámetro). Estos fragmentos mayores, eyectados con gran fuerza del volcán, son considerados como proyectiles balísticos.

La tefra puede causar víctimas o daños a propiedades por el impacto de los materiales que caen, porque

forma una capa que cubre el terreno, porque produce una suspensión de partículas de grano fino en el aire, y por el calor cerca al volcán. Cuanto mayor es el espesor y el tamaño del depósito, tanto más dañinos son los efectos.

Los bombas grandes pueden volar hasta 15 km de la ventana. Las pequeñas bombas y lapilli (fragmentos de roca que varían en tamaño hasta 64mm) pueden llegar hasta 80 km del lugar de la erupción. La ceniza puede ser depositada a una profundidad de 10cm hasta 30km del lugar de la erupción y a mayores profundidades más cerca del volcán. La acumulación de tefra puede causar que las construcciones colapsen, rompan las líneas de transmisión y maten a la vegetación. Los depósitos sólo a pocos centímetros de espesor pueden perturbar el tráfico vehicular. La adición de humedad empeora estos efectos. La tefra suspendida en el aire puede causar serios problemas respiratorios, dañar la maquinaria, especialmente motores de combustión interna, hacer cortocircuito a los equipos de transmisión eléctrica, y perturbar el transporte aéreo, por ferrocarril y carretera. Los fragmentos que caen hasta a 10km de la ventana, pueden estar aún suficientemente calientes como para provocar incendios.

b. Fenómenos piroclásticos

Flujos piroclásticos

Los flujos piroclásticos son masas de material piroclástico caliente seco y gases calientes que se mueven rápidamente a lo largo de la superficie del terreno. El término incluye un rango de fenómenos volcánicos conocidos como flujos de pómez, flujos de cenizas, flujo de bloques y cenizas, nubes ardientes, y avalanchas incandescentes. Los flujos piroclásticos constan de dos partes: un flujo basal, que es el flujo piroclástico propiamente dicho, y una nube turbulenta de cenizas que cubren el área, que incluye tanto maretazos piroclásticos calientes como columnas imponentes de cenizas. Los flujos basales son mezcla tensa de ceniza, gas y roca volcánica cuyo movimiento es controlado por la fuerza gravitacional. Tienen, por lo tanto, tendencia a desplazarse por las depresiones topográficas. Las máximas temperaturas de los flujos piroclásticos poco después de la deposición, van en el rango entre unos 350°C hasta 700°C. Los flujos piroclásticos son comunes en todo el mundo, en áreas de menos de 1 km² hasta más de 10.000 km². Los peligros asociados con los flujos piroclásticos incluyen asfixia, entierro, incineración y lesiones por impacto y daños.

Maretazos piroclásticos

Los maretazos piroclásticos son nubes turbulentas de baja densidad de gases y de derrubio de roca que se mueven encima de la superficie terrestre a gran velocidad. Generalmente son asociados con flujos piroclásticos pero, debido a su mayor movilidad, afectan áreas más amplias. Los maretazos piroclásticos presentan todos los peligros de los flujos piroclásticos, además de los gases nocivos y las nubes de alta velocidad. Su mayor movilidad hace que el escape sea imposible una vez que se han formado. Las zonas de inundación potencial de un maretazo piroclástico, deben ser evacuadas al comienzo de una erupción que podría ser acompañada por un evento de esa naturaleza.

Explosiones lateralmente dirigidas

Las explosiones o ráfagas lateralmente dirigidas son uno de los peligros volcánicos más destructivos. Ocurren en un período de pocos minutos, sin previo aviso y pueden afectar cientos de kilómetros cuadrados. En áreas afectadas por tales ráfagas, virtualmente se puede esperar que se extinga toda la vida y que todas las estructuras sean destruidas. Las explosiones volcánicas pueden proyectar material hacia

arriba o a cualquier otro ángulo. Las ráfagas lateralmente dirigidas tienen un componente a ángulo bajo importante que contribuye a su poder de destrucción.

Los fragmentos de rocas pueden ser eyectados en lugar de una ráfaga en trayectorias balísticas, como flujos piroclásticos o maretazos, o en alguna combinación. Cualquiera que sea el mecanismo de transporte los derrubios son acarreados a velocidades que exceden grandemente las que se espera de una simple aceleración gravitacional. El Mt. St. Helens, la nube de la ráfaga tenía una velocidad inicial de 600km/hr, bajando a unos 100km/hr a 25dm del volcán. El material depositado puede ser frío o suficientemente caliente para iniciar incendios.

c. Lahares e inundaciones

Un lahar (o flujo de lodo) es un fango de derrubio volcánico y agua que se origina en el volcán y fluye. La erupción de un volcán cubierto de nieve puede fusionar suficiente nivel para causar un lahar. De igual manera, una erupción en un lago de un cráter puede causar una inundación que se convierte en un lahar a medida que atrae rocas y tierras erosionadas de las pendientes del volcán. Los lahares en los cuales por lo menos 50% de la materia en partículas es del tamaño de la arena o más pequeña se llaman flujos de lodo, mientras que aquellos que tienen un contenido inferior de partículas finas se llaman flujos de derrubio (ver Figuras 11 -4 y 11 -5).

Los lahares pueden ser producidos de diversas maneras: el súbito drenaje del lago de un cráter por una explosión eruptiva o por el colapso de una pared del cráter, el deshielo de nieve por la deposición de derrubio de roca caliente o lava, la mezcla de flujo piroclástico con el agua, la avalancha de derrubio de roca saturada en agua de un volcán, la caída de lluvia torrencial sobre depósitos fragmentados no consolidados, o el colapso de presas formadas por flujos de lava (Crandall, 1984). Un lahar fue la causa principal de las muertes en la erupción del Nevado el Ruiz en Colombia, en 1985.

La distancia alcanzada por un lahar depende de su volumen, contenido de agua, y gradiente, y puede ser hasta de 300 km. Incorporando fuentes adicionales de agua, tal como un reservorio en el caso de Colombia, se puede aumentar enormemente su velocidad y alcance. El lahar de El Ruiz promedió unos 30km/hr para 90km. La forma y la gradiente del valle también afectará el alcance del lahar: un valle angosto de pendiente pronunciada permitirá que un lahar de un volumen dado avance a una mayor distancia.

Los lahares a veces adquieren velocidades asombrosas. Uno de un volcán japonés llegó a una velocidad de 180km/hr. Un lahar iniciado por la erupción del volcán Cotopaxi en Ecuador tuvo una velocidad promedio de 27km/hr en una distancia de 300 km.

Lahares con su alta densidad de masas y velocidad, en su trayecto pueden destruir estructuras tales como puentes, enterrar poblaciones y cultivos y tapar los canales de agua, eliminando su capacidad de acarreo. Esto puede traer como resultado inundaciones, a medida que el agua rebalsa el canal achicado, o pueden formarse presas por derrubio volcánico, que embalsan el agua y aumentan el potencial para una inundación súbita.

d. Flujos de lava y domos

La lava fluida forma flujos largos y delgados sobre las pendientes y la lava aplanada forma lagunas en áreas planas y depresiones topográficas, mientras que la lava viscosa forma pequeños flujos cerdosos sobre las laderas y domos con pronunciadas pendientes alrededor de sus chimeneas. En cualquier caso,

los flujos de lava rara vez amenazan la vida humana porque se mueven lentamente y su curso puede predecirse. Las distancias que alcanzan están determinadas por su volumen y viscosidad y por la topografía local. Los flujos de basalto pueden llegar a distancias de unos cientos de kilómetros desde sus orígenes pero lava más viscosa como andesita rara vez se extiende más allá de 20km. Los flujos de lava pueden causar extenso daño por incendio, aplastamiento, o enterrando todo lo que está en su camino.

Un domo volcánico se forma cuando la lava, por extrusión de una chimenea, es demasiado viscosa para fluir más de unas decenas o cientos de metros, de modo que el movimiento principalmente es hacia el centro del domo. Los costados vienen a ser inestables y se pueden formar avalanchas originadas por explosiones volcánicas o por el crecimiento mismo del domo. Las explosiones pueden producir flujos piroclásticos, que son la principal fuente de daños asociados con el desarrollo de domos.

e. Otros peligros

Las explosiones freáticas ocurren cuando el magma calienta el agua subterránea al punto que forma vapor y ráfagas a través de la roca o de sedimentos encima de ella. Los gases volcánicos acarrean elementos tóxicos que pueden matar a los humanos y a los animales, y ácidos que causan daño a la vegetación y corroen el metal. Se atribuyeron casi 3.000 muertes a la liberación de gases venenosos o bióxido de carbón en la erupción en Camerún, en agosto de 1986. Los peligros indirectos incluyen terremotos volcánicos, tsunamis, deformación del terreno, colapso estructural debido al retiro de la magma, ondas de choque en el aire y rayos.

[Continuación...](#)





2. Clasificación, evaluación, cartografía y mitigación de peligros volcánicos

Entender la naturaleza de los volcanes y los peligros que representan puede conducir a la mitigación relacionada con el desarrollo. Esta sub-sección discute en términos generales la clasificación de volcanes por frecuencia de erupción, la evaluación de peligros volcánicos, la preparación de un mapa de zonificación de peligros, y el enfoque de la mitigación. Su relación con el proceso de planificación para el desarrollo sigue a continuación.

a. Clasificación de peligros volcánicos

Al comienzo es necesario considerar la periodicidad de las erupciones. El Sourcebook for Volcanic Hazards Zonation publicado por UNESCO distingue entre peligros a corto y largo plazo. Un peligro a corto plazo se define como un volcán que erupciona más de una vez cada siglo -las personas pueden esperar tener la experiencia de una erupción a lo largo de su vida. Los peligros a plazo largo tienen una periodicidad de más de 100 años (Crandall, 1984).

En este manual, se modifican las definiciones como sigue: un peligro a plazo corto se define como aquel que tiene una periodicidad de 100 años o menos, o que ha erupcionado desde el año 1800; un peligro a largo plazo tiene una periodicidad de más de 100 años y no ha erupcionado desde el año 1800. Una categoría adicional también ha sido propuesta: un peligro inminente que significa aquellos volcanes para los cuales la evidencia geológica confiable señala que se puede esperar una erupción en uno o dos años.

b. Peligros volcánicos y evaluación de riesgo

Una evaluación de la probabilidad que un volcán dado ha de erupcionar en un específico período de tiempo y la estimación de seguridad de tal erupción está basada sobre información histórica y prehistórica y en el comportamiento de volcanes semejantes en otras partes del mundo. Si los datos de los registros históricos y prehistóricos son adecuados, entonces la frecuencia de anteriores erupciones puede ser determinada y la posible frecuencia de futuras erupciones puede ser estimada. Esto supone que el comportamiento futuro de un volcán reflejará su historia de los últimos miles de años. El comportamiento de volcanes similares en otras partes puede proporcionar un indicio de los eventos de poca probabilidad pero gran magnitud que podrían ocurrir.

La evaluación del peligro volcánico involucra establecer un registro estratigráfico de los productos de anteriores erupciones y determinar la extensión aérea de sus depósitos, su origen en la secuencia estratigráfica y la fecha de las erupciones. Para lograr esto, usualmente la información que existe en el registro histórico debe ser complementada con el análisis de campo.

Al establecer un registro estratigráfico está implícita la clasificación del tipo de volcán en términos de la morfología y características eruptivas². También está implícita la necesidad de determinar los tipos de roca de los depósitos volcánicos, pues ambos son indicadores de la propensión a explosiones violentas. Una vez que se determina la secuencia estratigráfica, los depósitos son clasificados en cuanto a tipo de peligro (tefra, flujo piroclástico, flujo de lava, etc.) y fechado (existen varias técnicas que pueden ser utilizadas para complementar el registro histórico). Son cartografiados. Los productos resultantes son mapas e informes que describen los peligros volcánicos de una área. Finalmente, el peligro volcánico puede ser graduado en términos de severidad sobre un mapa de zonificación de peligro volcánico.

² Para la clasificación de tipos de volcanes ver Steingrugg, 1982, y Simkin. et al. 1981.

c. Mapa de zonificación de peligro volcánico

El Sourcebook for Volcanic Hazards Zonation proporciona una excelente discusión para la preparación de mapas de zonificación de peligros:

Los mapas de zonificación de peligros volcánicos tienen dos propósitos primarios: para la planificación a largo plazo de usos de la tierra alrededor de volcanes que se supone son compatibles con el peligro de futuras erupciones, y para determinar qué áreas deben ser evacuadas y evitadas durante erupciones. Los mapas preparados para estos dos propósitos tienen similitudes y diferencias. Un mapa de zonificación de peligros y un informe diseñado para guiar la planificación del uso de tierras, podrían incluir estimados sobre la frecuencia de eventos anticipados en el futuro. Tales informes podrían incluir estimados cuantitativos u otros de los grados relativos del peligro. En contraste, un mapa de zonificación preparado principalmente para propósitos de evacuación podría subdividir los tipos de peligros, para que la gente pueda ser trasladada selectivamente de diferentes áreas, de acuerdo con el hecho que la erupción se esperaba que produzca: flujos de lodo, deposición del aire, flujos piroclásticos, lahares o una combinación de estos. Mapas como estos pueden ser también divididos en zonas basadas en las escalas anticipadas de erupciones futuras, o en sectores determinados según cual flanco del volcán, o cual sistema de valles podría ser afectado más frecuentemente por las erupciones. El alto costo y el grado de perturbación social esperada por causa de una evacuación podría reducirse mediante el uso de tales mapas. Ambos tipos de usos de mapas de zonificación de peligros deben de ser considerados durante su preparación; ambos tipos de mapas pueden ser preparados a partir de los mismos datos básicos y, en algunos casos, un sólo mapa podría ser preparado para servir a ambos propósitos (Crandall, 1984).

Los ejemplos de mapas de zonificación de peligros volcánicos usados para propósito de planificación del desarrollo se muestran en las Figuras 11 -23 y 11 -24. Las sugerencias para preparar mapas de zonificación de peligros volcánicos específicos, junto con numerosos ejemplos, se encuentran en el UNESCO Sourcebook.

d. Mitigación de peligros volcánicos

Los aspectos relacionados con desarrollo de la mitigación de peligros volcánicos -reducir la pérdida de vidas potenciales y de daños a propiedad que pueden ser causados por una erupción volcánica- involucran principalmente evaluaciones de peligro y planificación del uso de tierras. Otros procedimientos de mitigación tales como el establecimiento de sistemas de monitoreo y alertas, medidas de evacuación en emergencias, medidas protectivas, programas de seguros, y medidas de socorro y rehabilitación no son tratados en este capítulo. Muchas de tales actividades están asociadas con preparativos, que es otra fase del manejo de peligros (ver Capítulo 1).

Figura 11-23: ZONAS DE PELIGRO VOLCANICO DEL VOLCAN FUEGO EN GUATEMALA

Fuente: Rose, W.I., et al. Volcanic Hazards of Fuego Volcano, Preliminary Report (Houghton, Michigan: Michigan Technological University).

Figura 11-24: ZONAS DE PELIGRO VOLCANICO DEL VOLCAN MT. ST. HELENS, U.S.A.

Fuente: Adaptado de Crandall, D.R. et al. Sourcebook for Volcanic-Hazards Zonation, Natural Hazards 4 (Paris, France: UNESCO, 1984).

PREGUNTAS CLAVES QUE LOS PLANIFICADORES DEBEN HACERSE SECUENCIALMENTE SOBRE LOS VOLCANES COMO PARTE DE UN ESTUDIO DE DESARROLLO

- ¿Son una preocupación las erupciones volcánicas en el área de estudio?
- ¿Cuan inminente es una erupción?
- ¿Qué peligros específicos son una amenaza y dónde?

Los volcanes que presentan un peligro a plazo corto y que claramente amenazan la vida y la propiedad deben de ser mantenidos bajo supervisión, y deben establecerse restricciones a la ocupación permanente en las áreas de mayor peligro. Para los volcanes que tienen una periodicidad de largo plazo, y por lo tanto no pueden ser un peligro durante la vida de un proyecto, las restricciones en uso de tierras pueden no ser justificadas solamente por razones económicas, pero el desarrollo debe de ser planificado con conocimiento de las consecuencias potenciales de futuras erupciones. Obviamente, una inminente erupción requiere constante monitoreo y vigilancia y la toma de medidas adecuadas para enfrentar el evento que ha de ocurrir.

3. Peligros volcánicos y el proceso de planificación para el desarrollo

En comparación con los terremotos, los peligros volcánicos son más sencillos de manejar dentro de la planificación para el desarrollo por su lugar de origen puntual, la extensión limitada del área en la cual existen volcanes activos, y la distancia limitada de la fuente para el cual la actividad volcánica constituye un peligro serio. Los procesos involucrados en relación con las preguntas importantes se encuentran en el recuadro anterior.

a. Misión Preliminar

Durante la Misión Preliminar de un estudio de planificación para el desarrollo integrado, se hace una revisión inicial de la información disponible. En este momento, las primeras dos preguntas en el recuadro superior pueden ser contestadas con un aceptable grado de confianza, llevando a cabo una evaluación inicial de los peligros volcánicos. El procedimiento, presentado esquemáticamente en el recuadro de la página 59, hace uso de la información del mapa preliminar neotectónico de América del Sur y la Figura 11-25, que es un listado de los volcanes activos durante el período del Holoceno, su periodicidad, y otra información resumida de cada cual. Cuando fuera necesario la información local puede complementar lo anterior. No se requiere de ningún experto especializado para esta tarea.

b. Fase 1: Diagnóstico del desarrollo

La Fase I de un estudio de desarrollo requiere un diagnóstico de potencial de desarrollo de la región. Los resultados de una evaluación inicial de los peligros volcánicos conducirán a las diferentes necesidades de información si un volcán en el área de estudio es identificado como una amenaza inminente, a corto o a largo plazo.

Si en base a la evidencia geológica, se determina que es inminente una erupción, las acciones de mitigación deben tomar precedencia sobre todas las otras actividades. Este pronunciamiento parece demasiado evidente para merecer ser mencionado. Sin embargo, es muy sorprendente que este principio no sea siempre acatado. Por ejemplo, el Nevado el Ruiz dio claras señales de su aproximación a una erupción importante en noviembre de 1985, un año antes de que la erupción matara a 23.000 personas (Tomblin, 1986). Si aún no se está haciendo, el monitoreo completo del volcán debe iniciarse en el momento en que una erupción parece inminente. Los sistemas de alerta y evacuación deben ser establecidos. Grandes reservorios de lahares potenciales que estuvieran en el trayecto deben ser drenados, o el nivel reducido suficientemente, para que sirvan como una trampa en vez de un lubricante para movilizar el lodo y el agua. Las personas que hacen uso de las laderas del volcán deben ser reubicadas. Los planificadores pueden tener un rol al buscar lugares adecuados para la reubicación y para ayudar a definir los mecanismos de la reubicación. Las áreas adyacentes al volcán que son vulnerables a cualquier peligro específico, particularmente a los lahares y fenómenos piroclásticos, deben ser identificados -primero simplemente por consideraciones topográficas- y se deben tomar las precauciones debidas. En resumen, si se encuentra que la erupción ha de ser inminente en una área determinada, el enfoque del planificador cambia abruptamente del futuro al presente inmediato. Cuando se identifica un peligro volcánico a corto plazo, se necesita información adicional.

La información adicional sobre volcanes individuales se puede encontrar en las fuentes que aparecen en el recuadro de la página 60. Estas fuentes pueden ser complementadas por datos locales más detallados tales como mapas y estudios de peligros volcánicos específicos, o estudios de eventos históricos y de evaluaciones de daños. Se puede inferir información adicional de los mapas geológicos, tectónicos, sísmicos, particularmente mapas de la geología del Holoceno o del Cuaternario. Los datos sobre vientos (dirección predominante y velocidad) son relevantes a la evaluación de peligros de tefra. La topografía y los estudios interpretativos de suelos son importantes para la evaluación de tefra, flujo de lodo, flujo piroclástico y peligros de lahares. La ubicación de reservorios y otras fuentes principales de agua que pueden causar inundaciones o contribuir al movimiento de los lahares, son datos de importancia especial para la mitigación de los peligros volcánicos.

[Figura 11-25: VOLCANES ACTIVOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE, PELIGROS VOLCANICOS ASOCIADOS, Y PERIODICIDAD DE ERUPCIONES DURANTE LOS ULTIMOS 10,000 AÑOS](#)

[Figura 11-25: VOLCANES ACTIVOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE, PELIGROS VOLCANICOS ASOCIADOS, Y PERIODICIDAD DE ERUPCIONES DURANTE LOS ULTIMOS 10,000 AÑOS \(continuación 1\)](#)

[Figura 11-25: VOLCANES ACTIVOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE, PELIGROS VOLCANICOS ASOCIADOS, Y PERIODICIDAD DE ERUPCIONES DURANTE LOS ULTIMOS 10,000 AÑOS \(continuación 2\)](#)

[Figura 11-25: VOLCANES ACTIVOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE, PELIGROS VOLCANICOS ASOCIADOS, Y PERIODICIDAD DE ERUPCIONES DURANTE LOS ULTIMOS 10,000 AÑOS \(continuación 3\)](#)

[Figura 11-25: VOLCANES ACTIVOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE, PELIGROS VOLCANICOS ASOCIADOS, Y PERIODICIDAD DE ERUPCIONES DURANTE LOS ULTIMOS 10,000 AÑOS \(continuación 4\)](#)

[Figura 11-25: VOLCANES ACTIVOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE, PELIGROS VOLCANICOS ASOCIADOS, Y PERIODICIDAD DE ERUPCIONES DURANTE LOS ULTIMOS 10,000 AÑOS \(continuación 5\)](#)

[Figura 11-25: VOLCANES ACTIVOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE, PELIGROS VOLCANICOS ASOCIADOS, Y PERIODICIDAD DE ERUPCIONES DURANTE LOS ULTIMOS 10,000 AÑOS \(continuación 6\)](#)

Notas:

1. Las fuentes de información para el nombre del volcán, ubicación, periodicidad, fecha de última erupción, efectos y peligros volcánicos: Simkin, T. et al. Volcanoes of the World. (Stroudsburg, Pennsylvania; Hutchinson Ross Publishing Company, 1981). and Smithsonian Institution. Global Volcanism Network. (Washington D.C.: Smithsonian Institution, 1989-90). Los volcanes con periodicidad de corto plazo se presentan en letras mayúsculas. Un volcán con periodicidad de corto plazo está definido para esta tabulación como uno que tienen una periodicidad de erupción de 100 años o menos y/o que ha erupcionado desde el año 1800.

2. La fecha de la última erupción está simplificada de Volcanoes of the World usando tres categorías: (1) "Histórico" -la fecha real de la erupción es dada, a veces con una interrogante cuando

la fecha es cuestionable. (2) "Holoceno" incluye las siguientes subcategorías: (a) las erupciones fechadas por Carbono 14, datos hidrofónicos, dendrocronología, cuenta de varvas, evidencia antropológica, mediciones de líquen, magnetismo, tefrocronología, análisis de trazos de fisión; (b) los volcanes que actualmente muestran actividad fumarólica o solfatárica y que proporcionan evidencia obvia de reciente erupción, aunque no fuera fechada; (c) los volcanes que con casi toda seguridad han erupcionado en época post-glacial aunque no se cuentan con productos fechados ni características termales. [3] "incierto" que significa una posible actividad en el Holoceno pero documentación cuestionable.

3. Las víctimas causadas por una o más erupciones.

4. Destrucción de tierra agrícola y/o daños a propiedad por causa de una o más erupciones.

5. Una o más erupciones fueron explosivas.

6. Flujos piroclásticos o mareas y/o ráfagas lateralmente dirigidas estuvieron asociadas con una o más erupciones.

7. Explosión freática asociada con una o más erupciones.

8. Flujo de lava, domos de lava o agujas volcánicas asociadas con una o más erupciones.

9. Flujos de lodos destructivos asociados con una o más erupciones

10. VEI = Índice Volcánico de Explosividad: el tamaño o "cuan grande" ha sido una erupción histórica. El VEI combina el volumen total de productos, la altura eruptiva de la nube, duración de erupción, inyección troposférica, inyección estratosférica, y algunos términos descriptivos para llegar a un índice de 0-8 de creciente explosividad como sigue: 0 no explosivo, 1 pequeño, 2 moderado, 3 moderadamente grande, 4 grande, 5 muy grande, 6-8 cataclísmico.

11. El número del volcán según referencia que se encuentra en: Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Mapa Neotectónico Preliminar de América del Sur. (Santiago, Chile: CERESIS/ 1985).

MISIÓN PRELIMINAR: PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACION INICIAL DE PELIGROS VOLCANICOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

REVISION INICIAL

- Para Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile, Argentina; IR AL PASO 1.

- Para México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Honduras, Panamá: IR AL PASO

- Para Saba, St. Eustatius, St. Kitts y Nevis, Montserrat, Guadalupe, Dominica, Martinique, Santa Lucia, St. Vincent. Granada: IR AL PASO 3.

- Para todos los otros países de América Latina y el Caribe, los peligros volcánicos no son un asunto de particular importancia.

PASO 1: Determinar si una parte del área de planeamiento queda dentro del área designada como "Cobertura Volcánica Plioceno-Holoceno" sobre el Mapa Neotectónico Preliminar de América del Sur y/o dentro de los 30km de un volcán activo indicado en el mapa. Si "no", los peligros volcánicos no son de preocupación significativa en el área de estudio. En el caso de "si", ir al Paso 2.

PASO 2: Determinar si cualquier parte del área de estudio incluye o queda dentro de un radio de 30km de

cualquiera de los volcanes que se encuentran en la lista de la Figura 11-25. Si no", los peligros volcánicos no son de preocupación significativa en el área de estudio. En el caso de "sí", ir al Paso 3.

PASO 3: Usando la Figura 11-25 clasificar la periodicidad de erupción de cada volcán en el área de estudio como de a plazo corto o plazo largo. Los volcanes con periodicidad de plazo corto se muestran en mayúsculas. Si el volcán se clasifica como de plazo corto, pasar al Paso 4.

PASO 4: Para volcanes de plazo corto, se debe determinar con las autoridades locales si hay alguna evidencia geológica sobre la inminencia de una erupción y si se han preparado mapas de zonificación del peligro,

NOTA: La distancia de 30km es arbitraria, basada en la distancia desde un volcán dentro de la cual los lahares, cenizas, flujos piroclásticos, etc. pueden ser peligrosos. El radio puede ser más corto o más largo, según factores tales como diferencias en elevación entre el volcán y las áreas amenazadas, las pendientes, la morfología de los canales, y los vientos predominantes.

La información sobre elementos en riesgo es la misma que para los peligros sísmicos. En algunas áreas con severos peligros volcánicos, también se encuentran disponibles los mapas de peligros y riesgos volcánicos, y de la zonificación del uso de tierras en función del peligro volcánico. Las fuentes de información pueden incluir a las instituciones nacionales geológicas, centros nacionales e internacionales volcánicos y centros de información sobre peligros, instituciones nacionales para mitigación de desastres, universidades, y centros de investigación.

Los volcanes que representan un peligro a corto plazo se pueden graficar sobre mapas topográficos a escalas de 1:100.000 a 1:100.000. Comúnmente, existe información local de volcanes en esta categoría, y algún programa de mitigación de peligros puede ya haber sido iniciado. En este caso, la tarea del planificador es promover usos de la tierra y medidas de protección que sean proporcionadas al grado de riesgo de cualquier área.

Si no existe un mapa de zonificación de peligros, debe prepararse uno como parte del estudio de planificación del desarrollo y debe ser parte integral del inventario integrado de recursos naturales. En este caso será necesario obtener los servicios de un experto en peligros volcánicos. Habiendo completado el trabajo preliminar de peligros durante la misión preliminar, el planificador estará preparado para redactar términos de referencia precisos para el especialista. Con los resultados de los estudios adicionales, el planificador puede identificar las medidas potenciales de mitigación, comparando costos y beneficios potenciales con todos los otros elementos involucrados en el desarrollo del área de estudio.

Si se determina que los peligros volcánicos a largo plazo pueden ocurrir en el área de estudio, incorporar las consideraciones de peligros en un estudio de desarrollo puede ofrecer beneficios adicionales. Los peligros a largo plazo son frecuentemente ignorados, no obstante que las erupciones sorprendentes de los volcanes considerados dormidos o inactivos han sido las responsables de grandes daños. Si no existe información local, se deberá tomar una decisión difícil sobre si se justifica la preparación de un mapa de zonificación de peligros volcánicos. Un experto de peligros volcánicos puede aconsejar sobre el grado de riesgo y proporcionalmente, sobre el esfuerzo que deberá dedicarse a estudios adicionales y medidas de mitigación.

INFORMACION ADICIONAL DE VOLCANES

Una de estas dos fuentes probablemente puedan proporcionar detalle de la historia de un volcán a corto plazo:

Simkin, T., et al. *Volcanoes of the World*, Smithsonian Institution (Stroudsburg, Pennsylvania: Hutchinson Ross Publishing Co., 1981).

International Association of Volcanology (ed.), *Catalog of Active Volcanoes of the World Including Submarine Fields* (Rome: Istituto di Geologia Applicata, Facultad de Ingeniería).

c. Fase II: Estrategia de desarrollo y formulación de proyectos

En áreas de desarrollo con peligros volcánicos a corto plazo, deben seleccionarse medidas de mitigación si es que no son ya parte de la información de identificación del proyecto. Las restricciones sobre uso de tierras deben de ser instituidas para aquellas áreas que tienen amenaza potencial de fenómenos piroclásticos. En las áreas donde la ceniza volcánica puede resultar un peligro, los códigos de construcción deben estipular una adecuada construcción para los techos. En muchos casos sólo los lahares ameritarían las medidas de mitigación. Las áreas en los valles en el curso de lahares potenciales pueden ser demarcadas y se pueden instituir restricciones para uso de las tierras, o medidas protectivas en concordancia con una racionalidad económica. Las medidas de mitigación que se pueden justificar económicamente para peligros a corto plazo son limitadas, ya que "corto plazo" sigue siendo un período largo de tiempo. La percepción del peligro potencial puede permitir que se adopte un plan de desarrollo más razonado.

D. Tsunamis

[1. Peligros de tsunamis, su evaluación y mitigación](#)

[2. Tsunamis y el proceso de planificación para el desarrollo](#)

Los tsunamis son olas en el agua u olas sísmicas marinas, causadas por un movimiento súbito a gran escala del fondo marino, debido generalmente a terremotos y, en ocasiones muy raras, a deslizamientos, erupciones volcánicas o explosiones hechas por el hombre.

1. Peligros de tsunamis, su evaluación y mitigación

a. Peligros de Tsunamis

No se conocen tsunamis que amenacen la vida en el Océano Atlántico desde 1918. pero si son un problema serio en el Pacífico. Aunque la configuración tectónica de las cuencas del Caribe indican que el área es susceptible a la actividad sísmica, estos terremotos rara vez son tsunamigénicos. Desde 1690 se han registrado sólo dos ocurrencias significativas. El tsunami de 1867 barrió con las poblaciones en Grenada, posiblemente mató a 11 o 12 personas en St. Thomas, y otras cinco en St. Croix. El evento de 1918 creó olas anormalmente grandes durante dos a tres horas en diferentes partes de la República Dominicana y mató a 32 personas en Puerto Rico (NOAA, 1989). En vista de la rareza de estos eventos, sería difícil establecer una justificación económica para las medidas de mitigación. En las costas del Pacífico de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, y Chile, por otro lado, entre 1900 y 1983, han ocurrido 20 tsunamis que han causado víctimas y daños significativos. En 1868, un devastador tsunami ocurrió en Arica, entonces en el Perú. Los barcos fueron acarreados cinco kilómetros tierra adentro por una ola que excedió 21 metros en altura. Esta y las olas subsiguientes de 12m de altura barrieron la ciudad, matando a centenares de personas. El tsunami más antiguo registrado en América Latina ocurrió en 1562, inundando 1.500 km del litoral chileno.

Los tsunamis difieren de otros peligros sísmicos en el hecho que pueden causar daños serios a miles de kilómetros de las fallas causativas. Una vez que son generados son prácticamente imperceptibles en el mar abierto, donde la altura de su superficie es menos de un metro. Viajan a velocidades increíbles, hasta 900km/hr, y la distancia entre cresta de ola y otra puede ser hasta de 500km. A medida que las olas se acercan a aguas de poca profundidad, la velocidad del tsunami disminuye y la energía se transforma en altura de ola que a veces alcanza alturas de hasta 25m; pero el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambio y es generalmente de entre 20 y 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele retraerse a niveles mucho más bajos que la marea baja y luego crece como una ola gigante.

Los efectos de los tsunamis pueden ser grandemente amplificados por la configuración de la línea de costa local y el fondo marino. Dado que no existe una metodología precisa para definir estos efectos, es importante examinar el registro histórico para determinar si una sección particular del litoral ha sido afectada por tsunamis y qué elevación alcanzaron. También se debe hacer un esfuerzo para determinar los posibles efectos de ampliación de la configuración costera, aún con las metodologías crudas disponibles (Nichols y Buchanan-Banks, 1974). Se debe notar, como se ve en el diagrama de la Figura 11 -26, que debido a la fuerza de la ola, la inundación puede llegar a una elevación bastante mayor que la cresta de la ola en la línea de costa.

FUENTES SOBRE INFORMACION DE TSUNAMIS

World Data Center A for Solid Earth Geophysics. National Geophysical Data Center. Tsunamis in the Pacific Basin 1900-1983 (map) (Boulder, Colorado: July 1986) and Tsunamis in Peru-Chile (Boulder, Colorado: NOAA, 1985).

The Pacific Tsunami Warning Center, National Oceanic and Atmospheric Administration. Communication Plan for the Tsunami Warning System, Tenth Edition (Ewa Beach, Hawaii: NOAA, February, 1984).

The International Tsunami Information Center and Intergovernmental Oceanographic Commission, Tsunami Newsletter. (P.O. Box 58027, Honolulu, Hawaii 96850-4993).

The Pacific Marine Environmental Laboratory, National Oceanographic and Atmospheric Administration. THRUST, Third Annual Report (Seattle, Washington: NOAA, 1986).

MEDIDAS DE MITIGACION DE TSUNAMIS

- Evitar áreas de invasión de tsunamis en zonas de nuevo desarrollo, exceptuando instalaciones marinas y otras que requieren proximidad al agua. Prohibir la localización de estructuras con alta densidad ocupacional o críticas.

- Colocar las áreas de inundación potencial bajo zonificación de llanuras de inundación, prohibiendo toda nueva construcción y designando construcciones ocupadas como no conformes.

- Donde fuera económicamente factible, establecer limitaciones para minimizar la inundación potencial o para reducir la fuerza de las olas. Estas medidas incluyen:

* Construyendo paredes de protección a lo largo de zonas bajas de costa y rompeolas en la entrada de bahías y puertos.

* Sembrando fajas de árboles entre la línea de costa y las áreas que requieren protección.

- Donde existe desarrollo, establecer sistemas adecuados de alerta y evacuación.

- Establecer patrones de construcción para estructuras en los puertos y áreas de invasión conocidas.

(Nichols and Buchanan-Banks, 1974; Blair, 1979)

Figura 11-26 ALTURA DE INVASION DEL TSUNAMI

Fuente: Adaptado de Steinbrugge, K.V. Earthquakes, Volcanoes and Tsunamis: An Anatomy of Hazards (Skancia, New York: 1982).

Los Seiches son un fenómeno similar a los tsunamis pero ocurren en embalses tierra adentro, generalmente en lagunas alargadas. Las olas de Seiche son más bajas (menos de tres metros de altura) que las de los tsunamis y son de naturaleza oscilatoria. Pueden causar fallas estructurales e inundaciones en áreas de terrenos bajos.

b. Evaluación del peligro de tsunamis

Los estimados de riesgo de futuros tsunamis están basados principalmente en dos tipos de información: la historia pasada de los tsunamis y la predicción de terremotos tsunamigénicos. Esta información debe, por supuesto, ser calificada por las condiciones locales tales como la topografía marina cerca de la costa y de la tierra. Las fuentes de información más fácilmente disponibles sobre tsunamis históricos, incluyendo las actividades presentes de investigación sobre tsunamis, se encuentran en el recuadro anterior.

La predicción de terremotos tsunamigénicos está basada principalmente en la teoría de la brecha sísmica que se ha discutido ya en este capítulo.

c. Mitigación de los efectos causados por los tsunamis

Si bien los tsunamis no pueden ser evitados, el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico está monitoreando constantemente los océanos y, en muchos casos, puede alertar a una población local de un tsunami inminente con suficiente tiempo de adelanto como para que sea posible una evacuación. Tales alertas, sin embargo, no pueden evitar la destrucción de botes, edificios, puertos, terminales marítimas y cualquier otro bien que esté dentro del área de invasión. Las áreas en riesgo se pueden identificar, y se pueden aplicar controles estrictos tales como los que se proponen en el recuadro arriba.

Tales medidas, sin embargo, se aplican mejor en áreas de alta concentración poblacional. En la medida que una protección significativa contra un gran tsunami es virtualmente imposible económicamente, evitar el problema y usar sistemas de alerta serían las mejores medidas de mitigación para muchas áreas.

Para protección contra seiches, se deben aplicar controles de uso de tierras para las áreas de terrenos bajos de regiones propensas a terremotos, en los bordes de los grandes lagos y en áreas de inundación potencial aguas abajo de las grandes estructuras de embalse.

Si bien está más allá de los alcances de este capítulo tratar las evaluaciones para lugares específicos sobre peligros de tsunamis y el diseño de las medidas de mitigación, se han desarrollado técnicas con estos propósitos para los planificadores. El recuadro a continuación identifica dos fuentes de información.

FUENTES DE EVALUACION DE TSUNAMIS y EL DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACION

National Science Foundation, Comprehensive Planning for Tsunami Hazard Areas. Prepared by Urban Regional Research (1988).

National Science Foundation. Land Management in Tsunami Hazard Areas. Prepared by Urban Regional Research (1982).

PROPOSICIONES IMPORTANTES PARA LA CONSIDERACION DE TSUNAMIS EN UN ESTUDIO DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO

- Cualquier centro poblacional costero en terrenos bajos dentro de una zona sujeta a tsunamis está en riesgo.
- Otras medidas de mitigación además de reglamentos para uso de tierras no son generalmente factibles excepto para áreas metropolitanas importantes.
- El sistema de alerta de tsunamis del Pacífico cubre ocho países Latinoamericanos y está diseñado para alertar a los países del Pacífico oriental de los tsunamis generados por los terremotos generados en el Pacífico occidental y viceversa. El sistema no está diseñado para alertar a los centros poblacionales de la costa oeste de América Latina respecto a los tsunamis generados en la misma costa donde pueden haber sólo 30 minutos entre un terremoto y el tsunami correspondiente.

- Un nuevo sistema de alertas, THRUSH, diseñado para alertar a las localidades del Pacífico oriental de los tsunamis generados en la misma costa está en una etapa experimental. Cuando sea operacional, la demora en el tiempo para (a alerta se reducirá a unos diez minutos.

2. Tsunamis y el proceso de planificación para el desarrollo

Los tsunamis no pueden ser evitados ni pronosticados. La baja probabilidad de que un gran tsunami impacte un lugar determinado, junto con el potencial de grandes daños si un tsunami ocurriera, hace que el incorporar las consideraciones de los tsunamis en la planificación para el desarrollo sea una proposición bastante complicada. Se reduce algo el problema en América Latina por la transmisión diferencial trans-Pacífico: si bien un gran terremoto en Chile o el Perú pueden generar un tsunami capaz de causar daños en Alaska, Hawaii, y Japón, hay pocas probabilidades de que un terremoto en el Pacífico Occidental o septentrional cause daños en América Latina. De los 405 tsunamis registrados en la cuenca del Pacífico desde 1900 a 1983, 61 fueron registrados en la costa occidental de América Latina. La región fuente de todos, excepto cinco de estos, fue la costa occidental de América Latina. Esos cinco tuvieron un nivel de inundación de bajo a moderado y causaron daños prácticamente negligibles o muy pequeños (Tsunamis in the Pacific Basin, 1986 map; y Hebenstreit, 11981). Un gran Tsunami generado en Chile o el Perú puede, sin embargo, causar serios daños a miles de kilómetros de distancia en la misma costa.

Se están llevando a cabo estudios que deberán mejorar enormemente la capacidad para la evaluación de los riesgos de tsunamis. Hasta que estos estudios se completen, sin embargo, la información en este capítulo servirá como una guía provisional para los planificadores. Dadas las proposiciones que se encuentran en el recuadro arriba, es importante que un planificador sepa si el área de estudio queda o no queda dentro de una zona propensa o expuesta a daños de tsunamis. Si lo está, el planificador debe de asegurarse que un sistema adecuado de alertas este instalado y que pueda proponer reglamentos para uso de tierras hasta donde sean razonablemente económicos.

Figura 11-27

LOS TSUNAMIS EN LA COSTA DEL PACIFICO DE AMERICA LATINA: MEXICO A ECUADOR

País	Area	Ocurrencias documentadas			Magnitud Sísmica (Rango)	Distribución de altura de invasión (Metros)			
		Primera	Más reciente	Número		0-1,9	2-5,9	6-+	Desconocido
México	La costa del Pacífico de los estados de Colima, Michoacán, Guerrero, y Oaxaca occidental (posible extensión hasta el Golfo de Tehuantepec); Islas Marías. Las ocurrencias más frecuentes y serias alrededor de Acapulco-San Marcos (Guerrero) y	1732	1985	24	6,2 - 8,6	9	6	2	7

	Manzanillo-Coyotlán (Colima).								
Guatemala-El Salvador-Nicaragua	Costa Pacífico de Guatemala y El Salvador (ocurrencias serias en Acajutla, El Salvador) y la esquina noroeste de Nicaragua, alrededor del Golfo de Fonseca.	1859	1950	4	6,2-7,1	1	1		2
Costa Rica	Costa Occidental de la Península de Nicoya, Costa Rica.	1850	1952	2	7,0-7,7	2			
Panamá	Península Osa, Costa Rica, al Golfo de Chiriqui, Panamá.	1854	1962	7	6,8-7,8	3	2		2
Colombia-Ecuador	La costa del Pacífico desde Tumaco, Colombia, al Golfo de Guayaquil, Ecuador Consecuencias serias de Tumaco, Colombia, hasta Esmeraldas, Ecuador.	1906	1979	6	6,9-8,6	3	3		

Figura 11-28A: ANOMALIAS EN EL NIVEL MAXIMO DE AGUA CALCULADAS PARA LOS TSUNAMIS GENERADOS POR TERREMOTOS DE LEVANTAMIENTO UNIFORME EN LAS PRINCIPALES AREAS DE BRECHAS SISMICAS EN LA COSTA DEL PACIFICO DE AMERICA DEL SUR

CHILE	
Provincia	Código del índice
Valdivia	(1-6)
Cautín	(6-12)
Arauco	(12-18)
Concepción	(18-26)
Nuble	(26-28)
Maule	(28-33)
Talca	(33-34)
Curicó	(34-36)

Colchagua	(36-39)
Santiago	(39-43)
Valparaíso	(43-48)
Aconcagua	(48-52)
Coquimbo	(52-69)
Atacama	(69-88)
Antofagasta	(88-116)
Tarapacá	(116-134)

Figura 11-28B

PERU	
Department	Código del índice
Tacna	(134-140)
Moquegua	(140-143)
Arequipa	(143-164)
Ica	(164-178)
Lima	(178-196)
Ancash	(196-205)
La Libertad	(205-215)
Lambayeque	(215-224)
Piura	(224-236)
Tumbes	(236-242)
ECUADOR	
Province	(index code)
El Oro	(242-244)
Guayas	(244-253)
Manabí	(253-266)
Esmeraldas	(266-275)
COLOMBIA	
Department	(index code)
Nariño	(275-286)
Cauca	(286-291)
Valle	(291-296)
Choco	(296-300)

Fuente: Adaptado de Hebenstreit, G.T., y Whitaker, R.E. Assessment of Tsunami Hazard Presented by Possible Seismic Events: Near Source Effects (McLean, Virginia: Science Applications, 1981).

Figura 11 -29: PUNTOS INDICE DE LA LINEA DE COSTA Y LOS CENTROS POBLACIONALES

PRINCIPALES DEL AREA CUBIERTA POR LAS FIGURAS 28A Y 28B

Fuente: Hebenstreit, G.T., y Whitaker, RE. Assessment of Tsunami Hazards Presented by Possible Seismic Events: Near Source Effects (McLean Virginia; Science Applications, 1981).

Figura 11 -30**PELIGROS DE TSUNAMI PARA CENTROS POBLACIONALES EN AMERICA DEL SUR**

PAIS Departamento o Provincia	Localización de la Altura de Ola Calculada y/o Reportada Sobre	
COLOMBIA		
Cauca	Guapi (h)	
Nariño	San José (c) Majagual (c) San Juan (c)	Pizarro (h) La Chorrera (h) Chagui (h) Trapiche (h) Tumaco (h) Papayal (h)
ECUADOR		
Esmeraldas	Muisne (c)	Esmeraldas (h)
Manabí	Pedernales (c)	Isla Salango (c) Bahía de Caraquez (c) Manta (c)
Guayas	Guayaquil (h)	Isla Puna (c)
El Oro	Machala (c)	

PAIS Departamento o Provincia	Localización de la Altura de Ola Calculada y/o Reportada Sobre		
PERU			
Tumbes	Pto. Pizarro (c)		
Piura	Paita (c) Bayóvar (c)	San Pedro (c) Balneario Leguía (c) Sechura (c)	
Lambayeque		San José (c)	Pimentel (b) Santa Rosa (c) Puerto de Etén (b)
La Libertad		Trujillo (h) Tambo (h)	Pacasmayo (c) Puerto Chicama (c) Santiago de Cao (c) Huanchaco (c) Víctor Larco Herrera (c) Salaverry (c)

Ancash	Chimbote (h)	Santa (h) Samancos (h) Casma (h) Caleta Tortuga (h)	Santa (c)	
			Chimbote (c) Samancos (c) Caleta Tortuga (c) Casma (c) Culebras (c) Huarney (c)	
Lima			Pativilca (c) Barranca (c) Supe (b) Huaura (c) Huacho (c) Hualmay (c) Salinas (b) Chancay (c)	Ancón (c) Callao (a) Lima (c) Lurín (c) Pucusana Chilca (c) Mala (c) San Vicén
Ica		Pisco (h)	Tambo de Mora (c) Pisco (c) San Andrés (c) Paracas (c) Pto. Caballos (c) San Juan (c)	
Arequipa	Lomas (h)	Mollendo (h)	Lomas (c) Yauca (c) Chala (b) Atico (c) Camaná (c)	Quilca (c) Matarani (c) Islay (b) Mollendo (c) Mejía (c)
Moquegua			Ilo (b)	
Tacna			Los Baños (c) La Yarada (c) Pascana del Hueso (c)	

PAIS	Departamento o Provincia	Localización de la Altura de Ola Calculada y/o Reportada Sobre
-------------	---------------------------------	---

CHILE

Tarapacá			Arica (b) Pisagua (b) Iquique (b) Chanabaya (h) Caleta Pabellón de Pica (h) Punta Lobos (b) Guanillo del Norte (h)
----------	--	--	--

Antofagasta			Tocopilla (b) Cobija (h) Mejillones (b) Antofagasta (b) Taltal (c)
Atacama		Huasco (h)	Chanaral (b) Caldera (b) Carrizal Bajo (c) Huasco (c)
Coquimbo	Tongoy (c)	La Serena (c) Coquimbo (c) Los Vilos (c)	Coquimbo (h)
Aconcagua		Papudo (c) Zapallar (c)	
Valparaíso		Quintero (c) Valparaíso (h)	Juan Fernández Is. (h)
			Concón (c) Viña del Mar (c) Valparaíso (c) Laguna Verde (c) Algarrobo (c) El Quisco (c)
Santiago			El Tabo (c) Las Cruces (c) Cartagena (c) San Antonio (c) Llolleo (c)
Colchagua			Pichilemu (c)
Curicó			Iloca (c)
Maule		Chanco (c)	Constitución (b) Curanipe (c)
Nuble			Buchupureo (c) Coloquecura (c)
Concepción	Laraquete (c)	Dichato (c) Tomé (b) Coronel (h)	Coelemu (h) Cerro Verde (c) Penco (c) Talcahuano (b) Concepción (b) Coronel (c) Schwager (c) Lota (c)
Arauco	Arauco (c)	Lebu (b) Pto. Tima (h)	

Cautín		Pto. Saavedra (c) Nahuentue (c)	Isla Mocha (h) Mehuín (b) Toltén (c) Pto. Saavedra (h)
Valdivia	Mancera Is. (h)	Niebla (c) Corral (c)	Corral (h) Valdivia (h)
Osorno			Mansa River (h)
Chiloé		Pindo Is. (h)	Ancud (h) Chiloé Is. (h)
Aisén		Puerto Aisén (h)	Guafo (h)

Leyenda:

c: Altura de ola calculada

r: Altura de ola históricamente registrada

a: Tanto c como h

Fuente: Basado en Hebenstreit, G.T., y Whitaker, R.E. Assessment of Tsunami Hazard Presented by Possible Seismic Events: Near Source Effects (McLrean, Virginia; Science Applications Inc., 1981); and Lockridge, P.A. Report SE-39 -Tsunamis in Peru-Chile (Boulder, Colorado: World Data Center A for Solid Earth Geophysics, 1985).

La evaluación de peligros de tsunamis se discute a continuación para dos sub-regiones que se traslapan: México-Ecuador y Colombia-Chile.

a. México-Ecuador

Los mejores datos disponibles para estimar la probabilidad de que un tsunami dañino impacte un determinado lugar en un determinado período de tiempo en esta parte de América Latina se encuentra en los registros de tsunamis anteriores del Tsunamis in Latin America Data File (National Geophysical Data Center, 1986). Los datos para México al Ecuador indican la ocurrencia de 52 tsunamis entre 1732 y 1985, están resumidos en la Figura 11 -27.

Las áreas no incluidas en esta figura se pueden considerar como de muy baja amenaza para tsunamis dañinos. Si bien los datos son insuficientes para una predicción estadística, en cambio proporcionan una indicación general de la probabilidad en base a eventos anteriores.

b. Colombia-Chile

Los patrones de sismicidad histórica y la teoría de la brecha sísmica han sido usados en un estudio para estimar el peligro de tsunamis en el próximo futuro (50 años) sobre la costa del Pacífico de América del Sur (Hebenstreit y Whitaker, 1981).

Un modelo matemático combina los terremotos hipotéticos con la topografía del fondo marino para estimar la altura de los tsunamis que podrían ser generados por diferentes mecanismos en seis áreas de brecha sísmica, proporcionando tanto las alturas cercanas a la fuente como lejanas de la fuente a lo largo de la costa de Colombia Central hasta el sur de Chile. Mientras que el estudio no intenta pronosticar los terremotos actuales y los tsunamis resultantes, los resultados son probablemente representativos de aquellos que ocurrirían en una área dada. La anomalía del nivel de agua, o de altura de ola sobre el nivel medio del mar, calculados para los tsunamis generados por terremotos uniformes de levantamiento en las áreas principales de brechas sísmicas en la costa del Pacífico de América del Sur se pueden ver en las Figuras II -28A y 11 -28B. La Figura 11 -28B cubre

el área desde la frontera sur del Perú hasta el Departamento del Chocó en Colombia. La ubicación aproximada de los centros poblacionales se ve en la Figura 11-29; la Figura 11-30 resume los resultados en forma de una tabla. Ciertas áreas parecen haber sido amenazadas por todos o por casi todos los tsunamis sea cual fuera la ubicación del terremoto que los hubiera generado. Tales localidades incluyen el tramo entre Guayaquil, Ecuador y Chimbote, Perú; entre Callao y Pisco, Perú; y Arica, Iquique, Taltal, Caldera y de Coquimbo a Valdivia, Chile.

Por supuesto como Gerarld Hebenstreit, el autor del estudio señala, el peligro no es uniforme, pero "hacer una distinción entre una ola de 7 metros y una de 12 metros no parece tener sentido. Ambas van a ser altamente destructivas en la mayoría de los casos" (Hebenstreit, 1981).

Conclusiones

Una gran cantidad de información sobre peligros geológicos y su mitigación existe ahora para América Latina y el Caribe. Hay una laguna, sin embargo, entre la existencia de esta información y su uso por parte de los planificadores del desarrollo. Estos podrían encontrar difícil obtenerla o incorporarla en el proceso de planificación.

Este capítulo ha proporcionado algunos lineamientos sobre el uso de la información de peligros geológicos para la planificación para el desarrollo y cataloga a la información a un nivel general. El próximo paso obvio es proceder a nivel nacional. Debe hacerse para cada Estado miembro, una recopilación de la información existente y de la información que se está preparando sobre peligros asociados con los sacudimientos del terreno, deslizamientos, licuefacción, erupciones volcánicas y tsunamis, y también sobre mitigación, monitoreo y medidas de alerta que ahora estén en vigencia. Tal catálogo podría también incluir una breve guía acerca de cómo usar la información en un estudio de planificación para el desarrollo. Estas guías pueden ser preparadas rápidamente y a un costo muy modesto. Sin embargo, podrían aumentar enormemente el valor de los gastos ya hechos para los estudios científicos y de ingeniería de los peligros geológicos.

Referencias

La clave a los símbolos que se encuentran al comienzo de las citaciones seleccionada:

H = Peligros generales

G = Peligros geológicos generales

E = Peligros sísmicos

EG = Sacudimiento del terreno y ruptura de falla

V = Peligros volcánicos

EL = Deslizamientos y licuefacción

T = Peligros de tsunamis

* = Referencia importante (cualquier categoría)

E* Algermissen, S.T. "Integration, Analysis, and Evaluation of Hazard Data" in Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, Denver, Colorado, March 5-30, 1984, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

Algermissen, S.T., and Perkins, D.M. "A Technique for Seismic Zoning: General Considerations and Parameters" in Proceedings of the International Conference on Microzonation, vol. 2 (Seattle, Washington, 1972), pp. 865-878.

EG Anderson, I. "The Harmony That Caused Disaster" in New Scientist (October, 1985).

Bernard, R.R., et al. "On Mitigating Rapid Onset Natural Disasters: Project THRUST (Tsunami Hazards

- Reduction Utilizing Systems Technology)" in EOS, Transactions, vol. 69 (American Geophysical Union, 1988).
- EG; L* Blair, M.L., et al. Seismic Safety and Land Use Planning: Selected Examples California, U.S. Geological Survey Professional Paper 941-B (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).
- V* Blong, R.J. Volcanic Hazards (Sydney, Australia: Macquarie University Academic Press, 1984).
- Bolt, B.A., et al. Geological Hazards (New York: Springer-Verlag, 1975).
- Booth, B. "Assessing Volcanic Risk" in Geological Society of London Journal, vol. 136 (1979), pp. 331-340.
- E;H G;L * Brown, Robert D., and Kockelman, W.J. Geological Principles for Prudent Land A Decision-Maker's Guide for the San Francisco Bay Region, U.S. Geological Survey Professional Paper 946 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1983).
- V Bullard, Fred M. Volcanoes of the Earth (Austin. Texas: University of Texas Press, 1962).
- EL* Campbell, R.H., et al. "Landslide Classification for Identification of Mud Flow and Other Landslide Hazards" in Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, Denver, Colorado, March 5-30, 1984, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).
- E* Castaño, J.C. "Earthquake Hazard Studies in South America" in Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, Denver, Colorado, March 5-30, 1984. Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey. 1984).
- E* Centro Regional de Sismología para América del Sur. Mapa de Intensidades Máximas de América del Sur. Programa para la Mitigación de los Efectos de los Terremotos en la Región Andina (Proyecto SISRA), vol. 12 (Lima, 1985).
- G* - Mapa Neotectónico Preliminar para América del Sur. Programa para la Mitigación de los Efectos de los Terremotos en la Región Andina (Proyecto SISRA), vol. 11 (Lima, 1985).
- Mapa de Grandes Terremotos en América del Sur, 1520-1981. Programa para la Mitigación de los Efectos de los Terremotos en la Región Andina (Proyecto SISRA) (Lima, 1985).
- Mapa de Sismicidad de América del Sur, 1520-1981. Programa para la Mitigación de los Efectos de los Terremotos en la Región Andina (Proyecto SISRA) (Lima, 1985).
- Catálogo de Terremotos para América del Sur. Programa para la Mitigación de los Terremotos en la Región Andina (Proyecto SISRA), vols. 1-9 (Lima, 1985).
- V* Crandall, D.R., et al. Sourcebook for Volcanic-Hazards Zonation, Natural Hazards 4 (Paris: UNESCO.1984).
- Esteva, L. Regionalización Sísmica de México para Fines de Ingeniería, Patrocinado por Instituto de Investigaciones de la Industria Eléctrica, Comisión Federal de Electricidad (México: Universidad Nacional Autónoma de México, Abril 1970).
- Fleming, R.W., and Taylor, F.A. Estimating the Costs of Landslide Damage in the United States, U.S. Geological Survey Circular 832 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1980).
- Fleming, R.W., Varnes, D.J., and Schuster, R.L. "Landslide Hazards and Their Reduction" in Journal of the American Planning Association.vol.45 (1979), pp. 428-439.
- E Fournier, E.M. "Problems of Earthquake Risk Assessment" in Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, Denver, Colorado, March 5-30,1984, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia:

U.S. Geological Survey, 1984).

E* Ganse, R.A., and Nelson, J.B. Catalog of Significant Earthquakes, 2000 B.C.-1979 (Boulder, Colorado: World Data Center A for Solid Earth Geophysics, July 1981).

E Gersony, R. Lima Disaster Preparedness Report, vol. XV (Washington, D.C.: U.S. Agency for International Development, Office of Disaster Preparedness, 1982).

Gutenberg, B., and Richter, C.F. "Earthquake Magnitude, Intensity, Energy, and Acceleration" in Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 46 (1956), pp. 105-145.

H* Hays, W.W. (ed.). Facing Geologic and Hydrologic Hazards: Earth Science Considerations, U.S. Geological Survey Professional Paper 1240-B (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981).

EG* Hays, W.W. Procedures for Estimating Earthquake Ground Motions, U.S. Geological Survey Professional Paper 1114 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1980).

T Hebenstreit, G.T. Assessment of Tsunami Hazard Presented by Possible Seismic Events: Far-Field Effects, Prepared for U.S. Agency for International Development (McLean, Virginia: Science Applications, October 1981).

T* Hebenstreit, G.T., and Whitaker, R.E. Assessment of Tsunami Hazard Presented by Possible Seismic Events: Near Source Effects, Prepared for U.S. Agency for International Development (McLean, Virginia: Science Applications, November 1981).

EG Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Aceleraciones Máximas y Velocidades Máximas del Terreno con Períodos de Recurrencia de 50 años, 100 años y 500 años. Unpublished.

V* International Association of Volcanology (ed.). Catalog of Active Volcanoes of the World Including Solfatara Fields (Rome: Istituto di Geologia Applicata. Faculta di Ingegneria).

T International Tsunami Information Center and International Oceanic Commission. Tsunami Newsletter, vol. XIX. no. 2 (Honolulu, Hawaii: August, 1986).

EL* Keefer, D.K.O. "Landslides Caused by Earthquakes" in Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, Denver, Colorado, March 5-30, 1984, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

EL Kockelman, W.J. "Techniques for Reducing Landslide Hazards" in Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, Denver, Colorado, March 5-30, 1984, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

E* - Examples of Use of Geologic and Seismologic Information for Earthquake Hazard Reduction in Southern California, Open File Report 83-82 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1983).

Krumpe, P.F. Briefing Document on Volcanic Hazard Mitigation (Washington, D.C.: U.S. Agency for International Development, Office of Foreign Disaster Assistance, March 11, 1986).

E Kuroiwa. H. " Microzonificación Sísmica Aplicada al Planeamiento Urbano para la Prevención de Desastres" in Tecnia, vol. 2, no. 2 (Lima: November 1983).

T* Lockridge, P.A. Tsunamis in Peru-Chile, Report SE-39 (Boulder, Colorado: World Data Center A for Solid Earth Geophysics, U.S. Department of Commerce, NOAA, July, 1985).

Lockridge, P.A. and Smith, R.H. Tsunamis in the Pacific Basin - 1900-1983 (Map) (Boulder, Colorado: National

Geophysical Data Center and World Data Center A for Solid Earth Geophysics, 1984).

McCann, W.R. Seismic Research Institute, Department of Geology, University of Puerto Rico, Mayaguez, Personal Communication (February, 1987).

- "On The Earthquake Hazards of Puerto Rico and the Virgin Islands" in Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 75, no. 1 (February, 1985).

- "Potential for a Great Earthquake in the Lesser Antilles" (unpublished paper).

McCann, W.R., and Sykes, L.R. "Subduction of Aseismic Ridges Beneath the Caribbean Plate: Implications for the Tectonics and Seismic Potential of the Northeastern Caribbean" in Journal of Geophysical Research, vol. 89, no. B6 (June 10, 1984), pp. 4493-4519.

E;T McCann, W.R., et al. "Seismic Gaps and Plate Tectonics: Seismic Potential for Major Boundaries" in Paleop, vol. 117 (Basel, Switzerland: Birkhouser Verlag, 1979).

E McNally, K.D., et al. Final Report on the Installation of a Permanent National Seismographic Network in Costa Rica and the Establishment of an Earthquake Hazards Reduction Program (Santa Cruz, California: Earth Science Board, University of California, 1985).

L Mader, G.G. "Land Use Planning Relative to Seismic Hazards" in Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, Denver, Colorado, March 5-30, 1984, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

T* National Geophysical Data Center. Tsunamis in Latin America Data File (computer printout) (Boulder, Colorado: National Geophysical Data Center, U.S. Department of Commerce, NOAA, July, 1986).

T National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service. United States Tsunamis 1690-1988 (Boulder, Colorado: NOAA, 1989).

T National Oceanic and Atmospheric Administration, Pacific Marine Environmental Laboratory. THRUSH (Tsunami Hazard Reduction Using System Technology), Third Annual Report (Seattle, Washington: NOAA, 1986).

T National Oceanic and Atmospheric Administration, Pacific Tsunami Warning Center. Communications Plan for the Tsunami Warning System, 10th ed. (Ewa Beach, Hawaii: NOAA, February, 1984).

National Science Foundation. Comprehensive Planning for Tsunami Hazard Areas (Washington, D.C.: National Science Foundation, 1988).

- Land Management Guidelines in Tsunami Hazard Zones (Washington, D.C.: National Science Foundation, 1982).

E;L Nichols, D.R., and Buchanan-Banks, J.M. Seismic Hazards and Land Use Planning, Circular 690 (Washington, D.C.: U.S. Geological Survey, 1974).

E;T Nishenko, S.P. "Seismic Potential for Large and Great Interplate Earthquakes Along the Chilean and Southern Peruvian Margins of South America: A Quantitative Reappraisal" in Journal of Geophysical Research, vol. 90, no. B5 (April 10, 1985), pp. 3589-3615.

EG * - Circum-Pacific Seismic Potential 1989-1999 (Golden, Colorado: U.S. Geological Survey, 1989).

- Summary of Circum-Pacific Probability Estimates (unpublished table) (Golden, Colorado: U.S. Geological Survey, 1989).

Nishenko, S.P., and Singh, S.K. "Conditional Probabilities for the Recurrence of Large and Great Interplate Earthquakes Along the Mexican Subduction Zone," submitted to the Bulletin of the Seismological Society of America (January, 1987).

V Office of United Nations Disaster Relief Organization. Volcanic Hazards Management (New York: United Nations, 1985).

H Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator. National Disasters and Vulnerability Analysis, Report of Expert Group Meeting (July 9-12, 1979).

Organization of American States. Integrated Regional Development Planning: Guidelines and Case Studies from OAS Experience (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984).

V Rose, W.I, et al. Volcanic Hazards of Fuego Volcano, Guatemala (preliminary report) (Houghton, Michigan: Michigan Technological University, U.S. Geological Survey, INSVUMEH, 1981).

V Scott, W.E. "Hazardous Volcanic Events and Assessments of Long-Term Volcanic Hazards" in Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, Denver, Colorado, March 5-30, 1984, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

Silgado, E. Historia de los Grandes Tsunamis Producidos en la Costa Occidental de América del Sur (Lima, Peru: Centro Regional de Sismología para América del Sur, 1974).

V* Simkin, T., et al. Volcanoes of the World (Stroudsburg, Pennsylvania: Hutchinson Ross, 1981).

Steinbrugge, K.V. Earthquakes, Volcanoes and Tsunamis: An Anatomy of Hazards (Skancia, New York, 1982).

Tomblin, J. "A Lesson from the 1985 Ruiz Volcanic Disaster" in Episodes International Geoscience News magazine (January, 1986).

V - Report on a Mission 14-26 November 1985 (Geneva, Switzerland: United Nations Disaster Relief Organization, 1985).

Tsunamis in Latin America Data File (computer printouts, Tables 1,2,3) (Boulder, Colorado: National Geophysical Data Center, 1986).

United Nations, Economic Commission for Latin America and the Caribbean. El Terremoto de 1986 en San Salvador: Daños, Repercusiones y Ayuda Requerida (New York: United Nations, ECLA, November, 1986).

E;T United Nations Disaster Relief Organization. Disaster Prevention and Mitigation: A Compendium of Current Knowledge (New York: United Nations, 1978).

L* - Disaster Prevention and Mitigation: Land Use Aspects (New York: United Nations, 1978).

United States Atomic Energy Commission, TID-7024. Nuclear Reactors and Earthquakes (August 1963), pp. 13-14.

EL* United States Geological Survey. Goals and Tasks of the Landslide Part of a Ground-Failure Hazards Reduction Program, Circular 880 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981).

EG* - Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, March 5-30 1984, Denver, Colorado, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

V - Reconnaissance Study of Volcanic Hazards from Cotopaxi Volcano, Ecuador. U.S. Geological Survey Project Report (IR) EC-5 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1976).

White, R.A. Catalog of Historic Seismicity in the Vicinity of the Chixoy-Polochic and Motagua Faults, Guatemala; Final Report for El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología, e Hidrología, Open File Report 84-88 (Guatemala City, Guatemala).

EG* - Maximum Earthquake Intensities in Central América (draft map) (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1988).

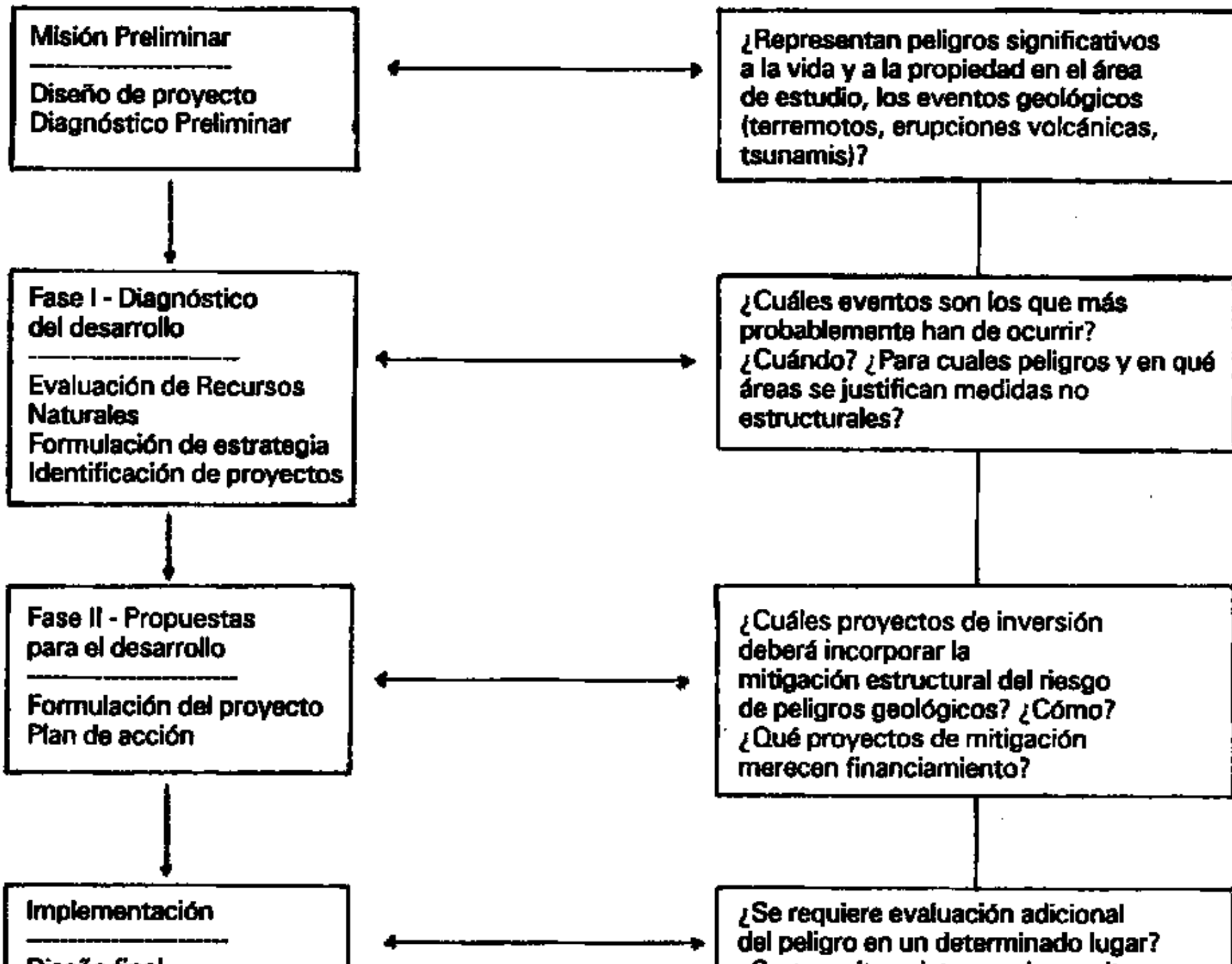
White, R.A., and Cifuentes, I.L. Seismic History of the Middle America Trench Spanning the Guatemala Triple Junction and an Earthquake Forecast (Menlo Park, California, and Palisades, New York: U.S. Geological Survey, and Lamont-Doherty Geological Observatory and Department of Geological Sciences, Columbia University, unpublished).

White, R.A. and Harlow, D.H. Hypocentral Parameters of Significant Shallow Focus Earthquakes of Central América Since 1900 (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, unpublished).

EL* Youd, T.L. "Geologic Effects: Liquefaction and Associated Ground Failure" in Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, Denver, Colorado, March 5-30, 1984, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).

E;EL* Ziong, J.I. (ed.). Evaluating Earthquake Hazards in the Los Angeles Region: An Earth-Science Perspective, U.S. Geological Survey Professional Paper 1360 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1985).



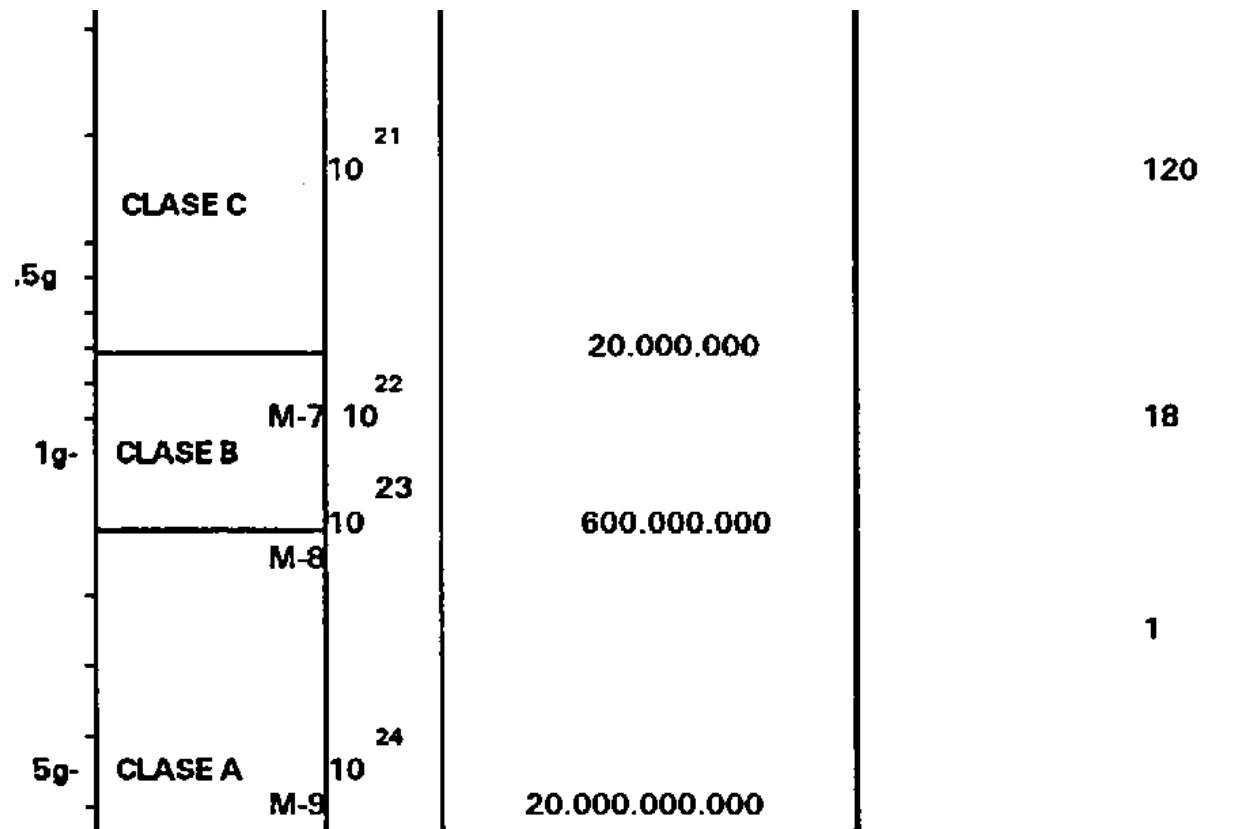


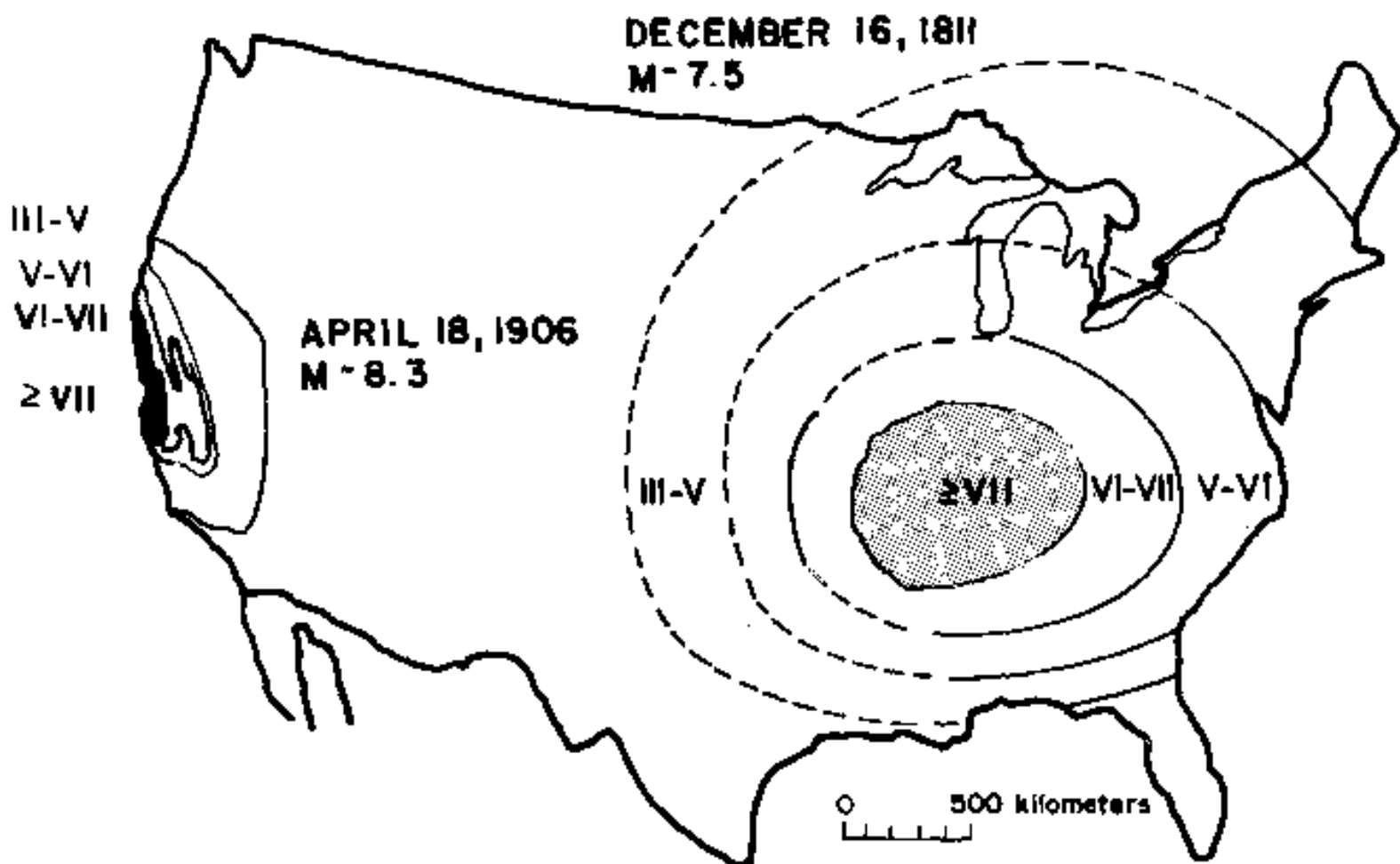
DISEÑO FINAL
Ejecución del proyecto

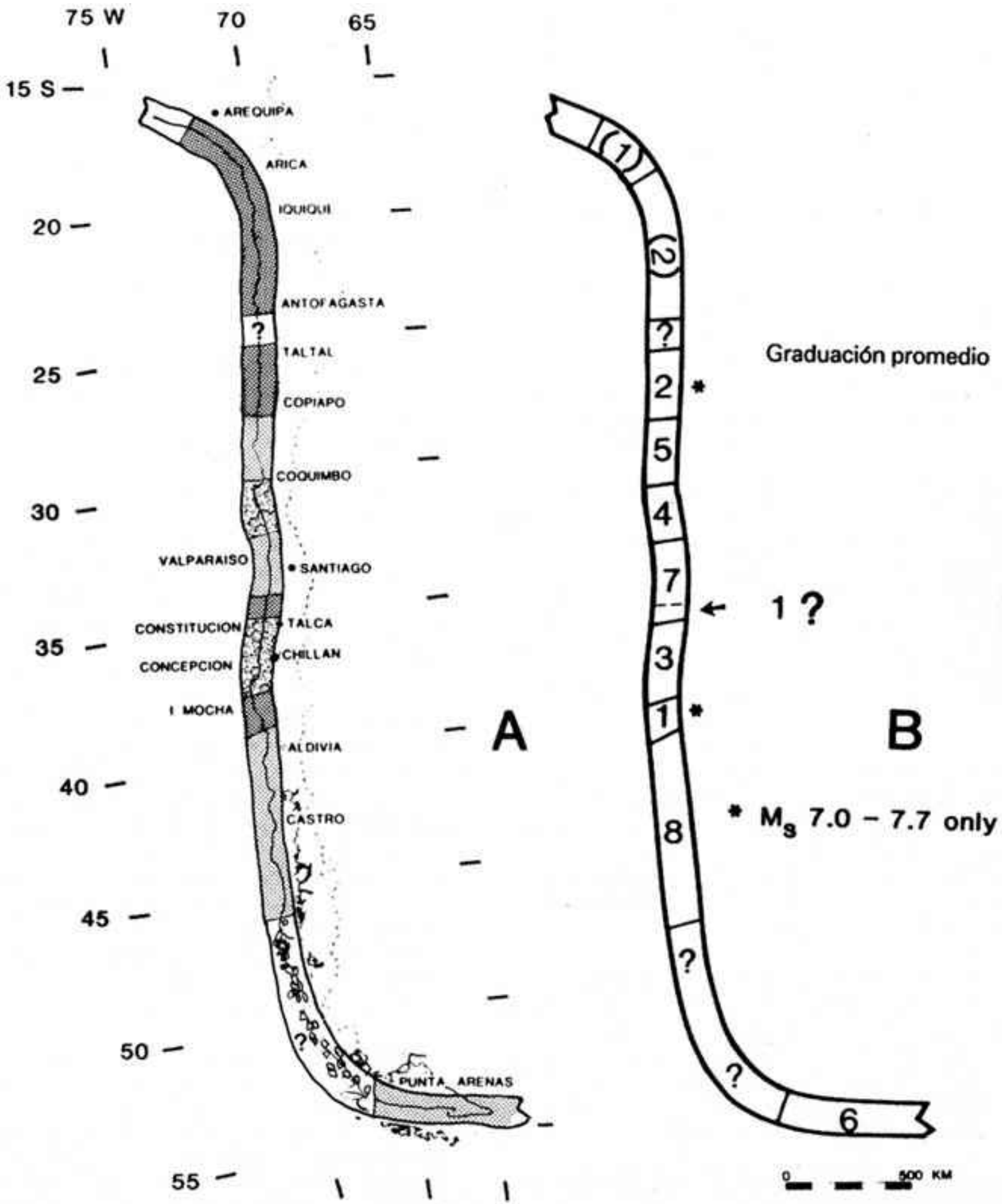
¿Se necesitan sistemas de monitoreo y cómo será que los resultados modificarán el diseño del proyecto y su implementación?

ESCALA DE INTENSIDAD MERCALLI MODIFICADA	ACELERACION DEL TERRENO		MAGNITUD M	ENERGIA Ergios	TNT EQUIVALENTE toneladas métricas	INCIDENCIA ANUAL ESPERADA
	cm sec	a g				
I Detectado sólo por instrumentos sensibles						
II Percibido por unas pocas personas en descanso, especialmente en pisos altos; objetos livianos suspendidos pueden oscilar	2			10		
	3			15		
				10	20	
III Percibido notoriamente en el exterior pero no siempre reconocido como un temblor; los autos estacionados se mecen levemente; vibración como la que produce un camión	4		M-3	16		
	5	.005g		10		
	6					
	7					
IV Percibido en interiores por muchos y en el exterior por pocos; algunos despiertan de noche; suenan ventanas, platos, puertas; los automóviles se mecen notoriamente	8		CLASE E			49.000
	9			17		
	10	.01g	M-4	10	600	
V Percibido por la mayoría de las personas; rotura de algunos platos y ventanas; se raja el enlucido; algunos objetos altos son afectados	20			18		6.200
	30			10		
VI Percibido por todo el mundo; muchos salen fuera de la casa asustados; se desprende el enlucido de las paredes y techos, caen algunas chimeneas; daños en general leves	40		M-5	19	20.000	
	50			10		
	60					
	70					
VII Todos salen corriendo afuera; los daños a edificios varían según la calidad de la construcción; sentido por conductores de autos	80					800
	90			20		
	100	.1g	CLASE D	10		
VIII Las paredes internas no portantes			M-6		600.000	

sufren daños; caen algunas paredes, monumentos y chimeneas; eyecciones de arena y lodo; los conductores de vehículos alterados	200 300
IX Las construcciones se mueven sobre sus fundaciones, se rajan, quedan fuera de plomo; grietas en el terreno; ruptura de tuberías subterráneas	400 500 600 700
X La mayoría de las estructuras de albañilería y de pórticos destruida; el terreno agrietado; torcedura de rieles; y deslizamientos de tierra	800 900 1000
XI Las estructuras nuevas se mantienen de pie; los puentes destruidos; fisuras en el terreno; ruptura de tuberías, deslizamientos; y rieles torcidos	2000 3000
XII Daño total; se ven las ondas sobre la superficie del terreno, se desplazan los objetos en la línea de vista; algunos objetos saltan al aire	4000 5000 6000







ESTIMADOS DE PROBABILIDAD CONDICIONAL

ESTIMATES OF FISCAL YEAR CONDITIONAL

1986-2000



50-100%

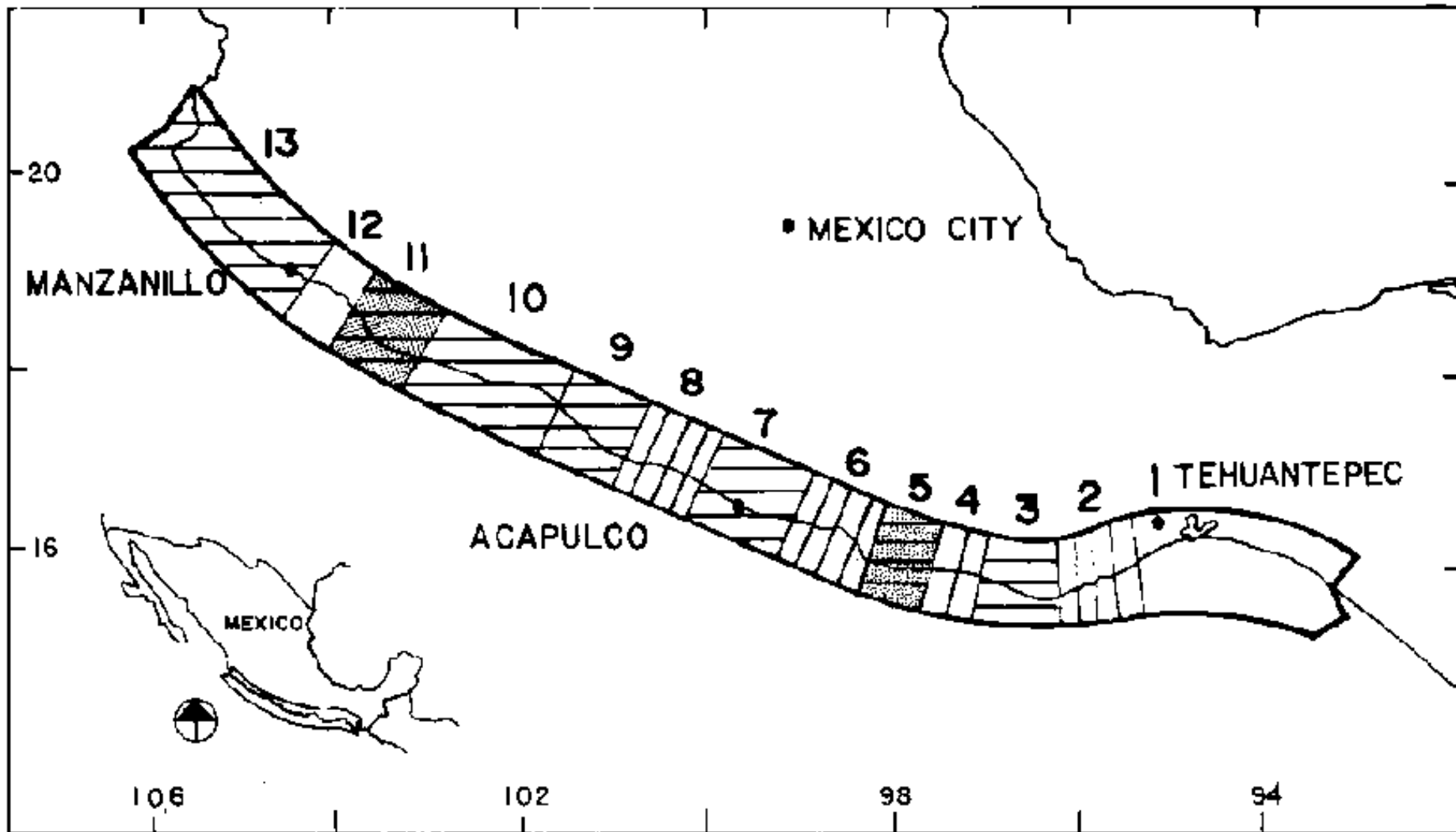


20-50%






0-20%

Planificación Integrada Regional Etapas de planificación	Actividad de evaluación de peligros																		
Misión Preliminar	<p>Determinación del potencial de terremoto (probabilidad de ocurrencia de un terremoto destructivo)</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;"><u>Directo</u></td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;"><u>Indirecto</u></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> Zonas sísmicas Máxima intensidad Magnitud Aceleración pico del terreno </td> <td style="vertical-align: top;"> Sismotectónica Sismicidad Epicentro </td> </tr> </table>	<u>Directo</u>	<u>Indirecto</u>	Zonas sísmicas Máxima intensidad Magnitud Aceleración pico del terreno	Sismotectónica Sismicidad Epicentro														
<u>Directo</u>	<u>Indirecto</u>																		
Zonas sísmicas Máxima intensidad Magnitud Aceleración pico del terreno	Sismotectónica Sismicidad Epicentro																		
Fase I Evaluación de recursos naturales Formulación de estrategias Identificación de proyectos	<p style="text-align: center;">Evaluación y zonificación de peligros específicos</p> <table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2"><u>Sacudimiento del terreno/ Fallas de superficie</u></td> <td colspan="2"><u>Deslizamientos</u></td> <td colspan="2"><u>Licuefacción</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Directo</td> <td style="text-align: center;">Indirecto</td> <td style="text-align: center;">Directo</td> <td style="text-align: center;">Indirecto</td> <td style="text-align: center;">Directo</td> <td style="text-align: center;">Indirecto</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Máxima intensidad Magnitud Informe de daños </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Longitud de falla </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Mapa del peligro de deslizamientos </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Geología de roca firme Suelos interpretativos Pendientes Hidrología </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Mapa de licuefacción </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Geología sedimentaria del Holoceno Profundidad de las aguas subterráneas </td> </tr> </table>	<u>Sacudimiento del terreno/ Fallas de superficie</u>		<u>Deslizamientos</u>		<u>Licuefacción</u>		Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Máxima intensidad Magnitud Informe de daños	Longitud de falla	Mapa del peligro de deslizamientos	Geología de roca firme Suelos interpretativos Pendientes Hidrología	Mapa de licuefacción	Geología sedimentaria del Holoceno Profundidad de las aguas subterráneas
<u>Sacudimiento del terreno/ Fallas de superficie</u>		<u>Deslizamientos</u>		<u>Licuefacción</u>															
Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto														
Máxima intensidad Magnitud Informe de daños	Longitud de falla	Mapa del peligro de deslizamientos	Geología de roca firme Suelos interpretativos Pendientes Hidrología	Mapa de licuefacción	Geología sedimentaria del Holoceno Profundidad de las aguas subterráneas														
Fase II Formulación de Proyecto Preparación del Plan de Acción	<p>Zonificación de peligros múltiples, zonificación de uso de tierras, códigos de construcción</p> <p>Requerimientos de información para la evaluación del sacudimiento del terreno, fallamiento en superficie, y falla del terreno</p> <p style="text-align: center;"> Geología sísmica Evaluación sísmológica Magnitud máxima/recurrencia de intensidad Datos de movimientos fuertes Relaciones de atenuación Roca firme, suelos, agua subterránea, topografía Datos sobre respuesta de sitio Elementos en riesgo </p>																		
Implementación	<p style="text-align: center;">Estudios de ingeniería</p> <p>Reglamentos de construcciones y de taludes, reforzamiento, redesarrollo: no se tratan en este capítulo.</p>																		



Leyenda:

-  Ningún registro histórico de terremotos grandes o muy grandes
-  Probabilidad condicional = 0 - 10 %
-  Probabilidad condicional = 11 - 25 %



Probabilidad condicional = 26 - %

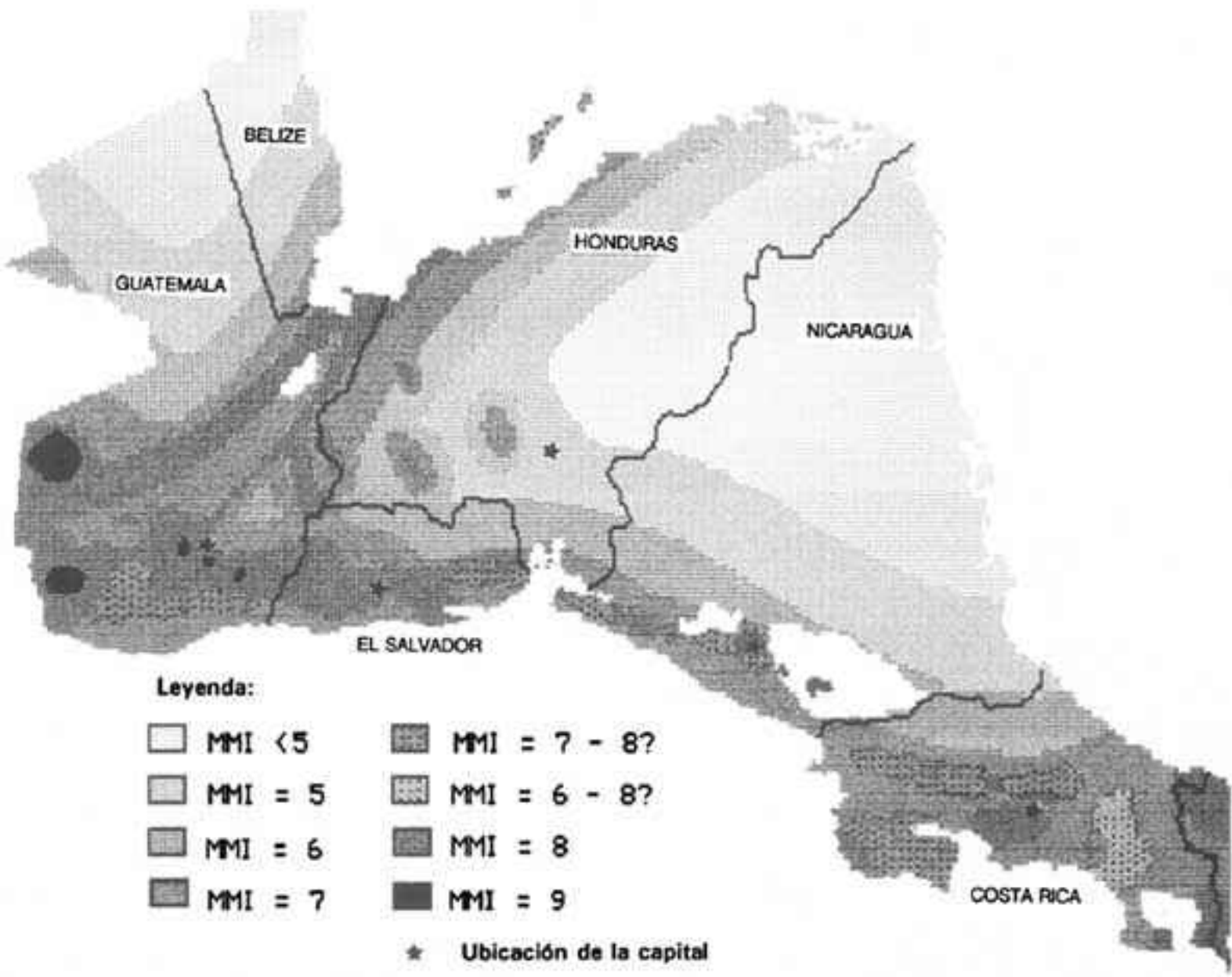
Número de Segmento	Región	Longitud	Fecha del último Evento	Magnitud	Período para ^d Predicción	Probabilidad condicional		
						Intervalo de 5 años 1989-1994 %	Intervalo de 10 años 1989-1999 %	Intervalo de 20 años 1989-2009 %
1.	Tehuantepec	94°-95,2°O	^a					
2.	Oaxaca Este	95,2°-96,4°O	1965	7,8	1991-2026	15	35	70
3.	Oaxaca Central	96,4°-97,3°O	1978	7,8	2013-2060	<1	<1	2
4.	Oaxaca Central	97,3°-97,7°O	1928	7,8	(1990-2032)	(25)	(45)	(72)
5.	Oaxaca Oeste	97,7°-98,2°O	1968	7,4	1994-2025	6	21	64
6.	Ormatépec	98,2°-99,3°O	1950	7,3	1990-2030	26	47	74
7.	Acapulco	99,3°-100° O	1957	7,7	1994-2042	5	13	40
8.	Guerrero	100°-101°O	1899-1911	7,8	(1990-2068)	(16)	(30)	(52)
9.	Petatlan	101°-101,8°O	1979	7,6	2001-2038	<1	3	29
10.	Michoacán	101,5°-103°O	1985	8,1	2029-2106	<1	<1	<1
11.	Colima	103°-103,7°O	1973	7,5	1993-2025	8	25	66
12.	Colima	103,7°-104,5°O						
13.	Jalisco	104,3°-105,7°O	1932	8,2	1992-2129	1-9	2-18	7-39

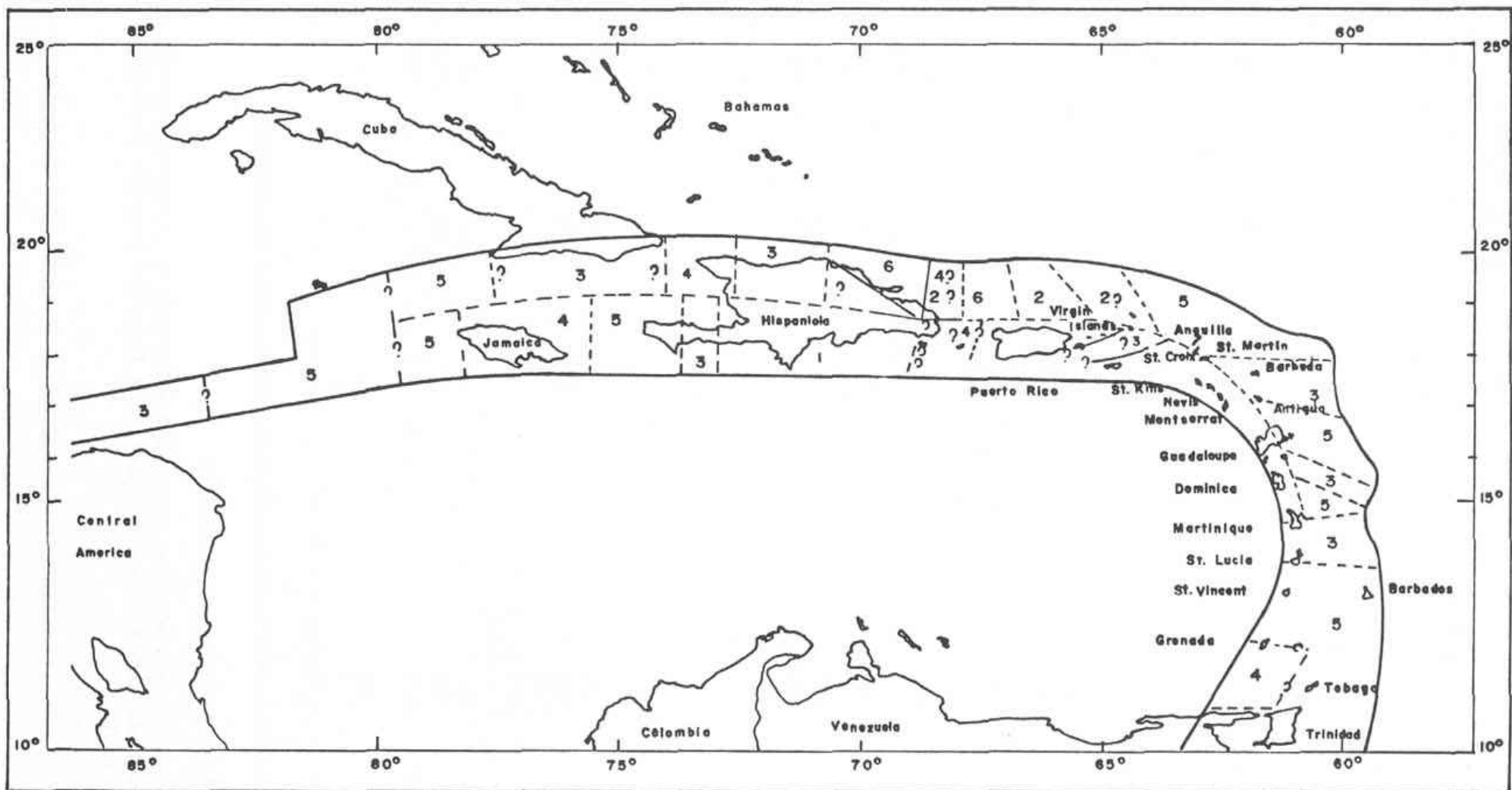
^a Todos los valores en paréntesis reflejan estimados menos confiables.

^b La ventana de proyección representa un nivel de confianza del 90% respecto al tiempo de recurrencia esperado, y está condicionado a que el evento no hubiera ocurrido hasta 1989.

^c Intervalo que se muestra en la Figura 11-10

^d Ningún registro histórico de eventos grandes o muy grandes.

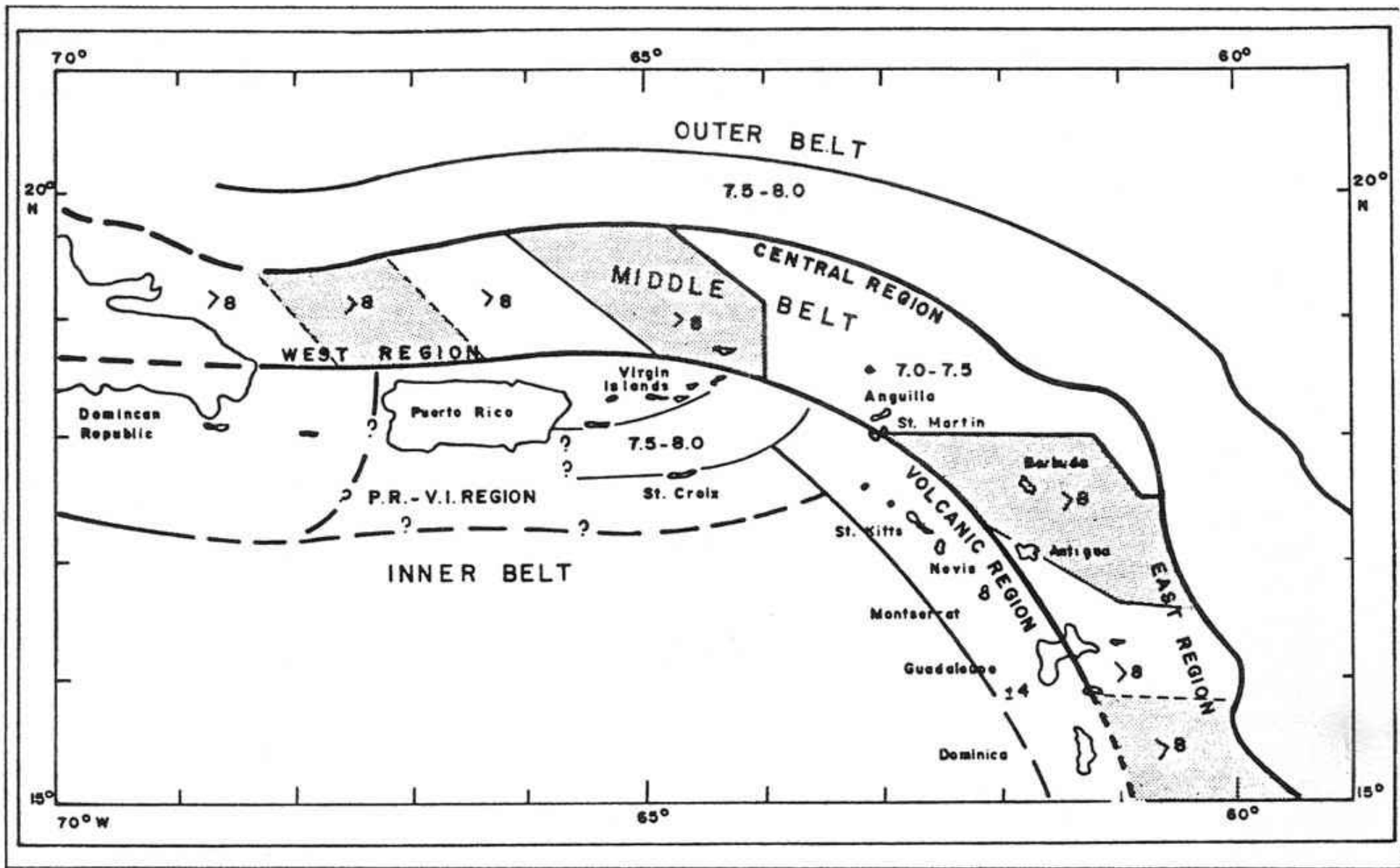




SISMICO POTENCIAL SISMICO Años desde el último terremoto

1	Alto	≥ 200
2	Moderadamente alto	150-200
3	Moderado	100-150
4	Moderadamente bajo	50-100
5	Desconocido	Sin registro de terremotos grandes
6	Bajo	< 50





Símbolo	CINTURON SISMICO Y REGION	FUENTE SISMICA	MAGNITUD MAXIMA ESTIMADA	COMENTARIO
	CINTURON EXTERIOR	Tectónico	7.5 - 8.0	
	CINTURON CENTRAL	Tectónico		
	Región central	Tectónico	7.0 - 7.5	



Regiones este y oeste

Tectónico

> 8

"Punto caliente"

Tectónico

> 8

Eventos más pequeños ocurren más frecuentemente que en el resto de la franja.

CINTURON INTERIOR

Región sur

Volcánico

Baja (± 4)

Ocurrencia no predecible debido a la naturaleza de la fuente. Puede causar grandes daños debido a la poca profundidad del foco.

Puerto Rico

V. I.

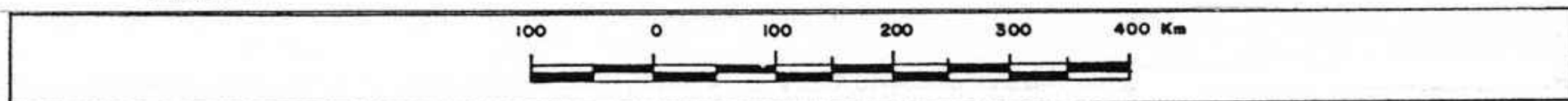
Puerto Rico está fuera de regiones de fuentes sismogénicas pero si rodeadas por estas. Los daños dependen de la distancia a la fuente de origen.

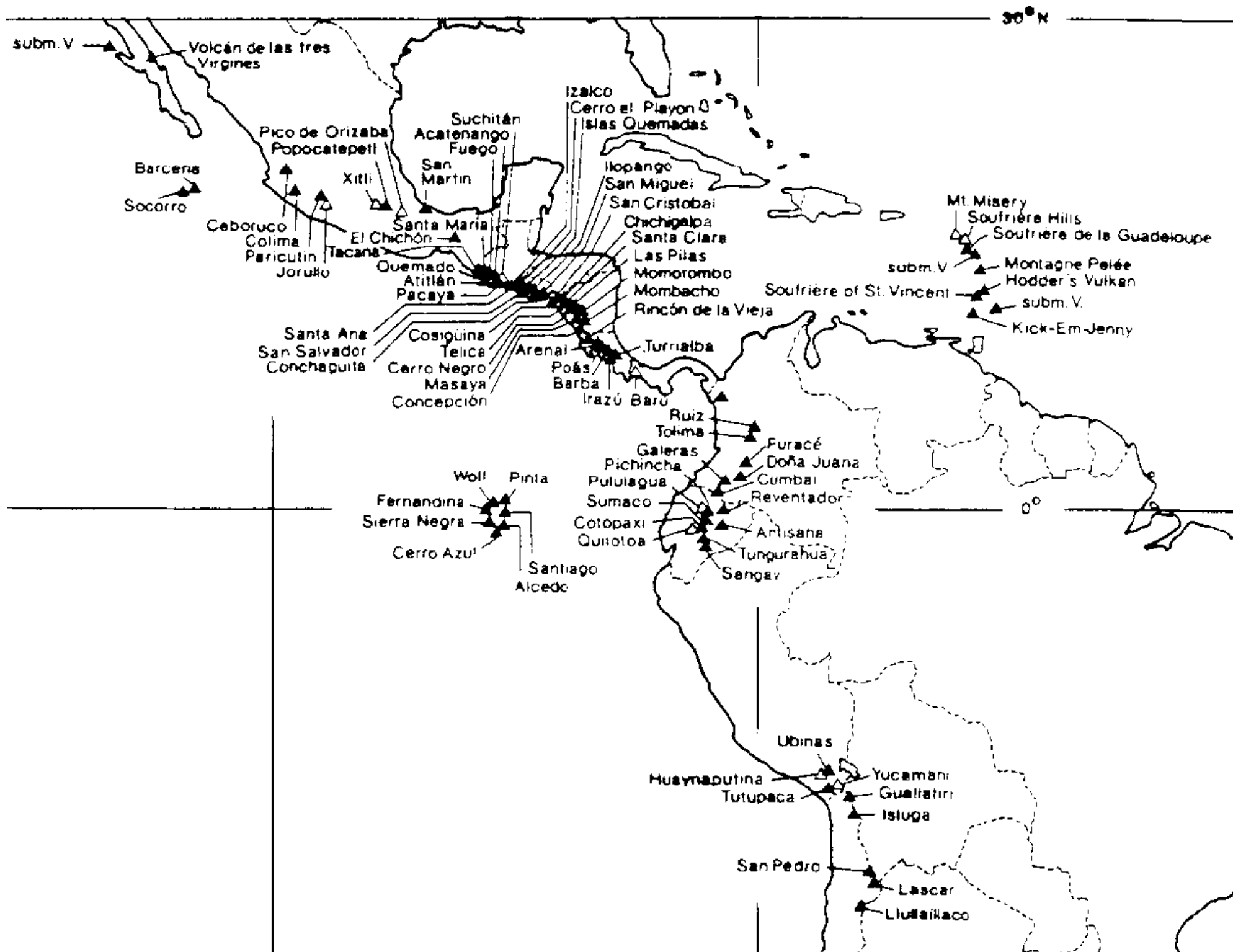
Islas Vírgenes

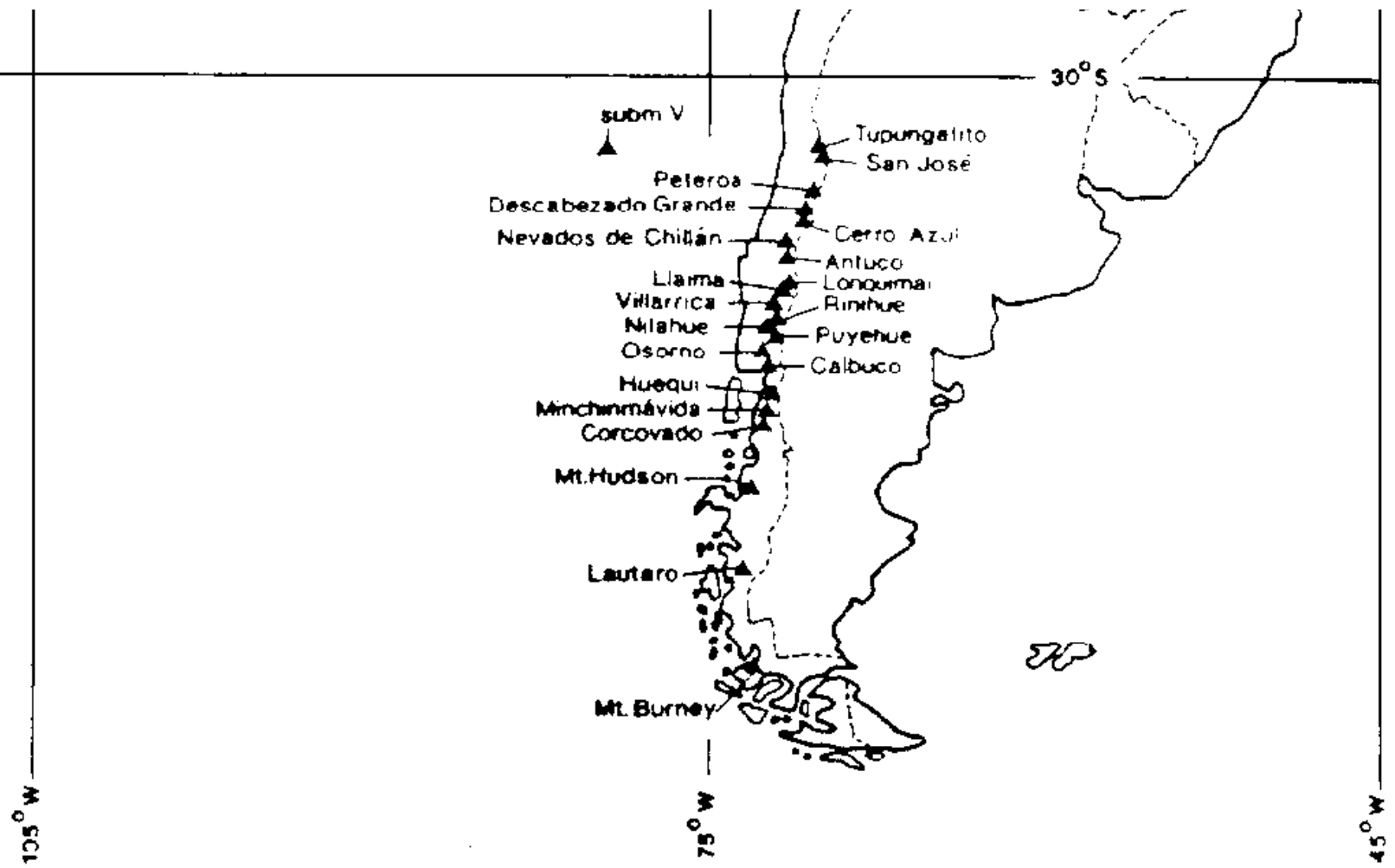
P.R.: Variable

Región oeste

Poca información









Capítulo 12. Peligros de huracanes

[A. Huracanes: el fenómeno](#)

[B. Ocurrencias históricas e impacto en las Américas: Huracán Gilbert](#)

[C. Evaluaciones de peligro y mitigación de desastres](#)

[D. Enfrentando a los huracanes en pequeños pueblos y aldeas](#)

[Referencias](#)

RESUMEN

Este capítulo describe la naturaleza de los huracanes y su capacidad destructiva. Presenta esquemáticamente las medidas que se puede tomar para reducir el impacto de un huracán y, en particular, identifica las medidas de mitigación apropiadas para pequeños pueblos y aldeas.

La destrucción causada por los huracanes en el Caribe y Centro América es una fuerza que ha modificado la historia y que lo seguirá haciendo en el futuro de la región. El peligro nace de una combinación de factores que caracterizan a las tormentas ciclónicas tropicales: elevación del nivel del mar, vientos violentos, y fuerte precipitación. En la Cuenca Mayor del Caribe de 1960 a 1988 (excluyendo a los Estados Unidos y sus territorios) los huracanes causaron más de 20.000 muertes, afectaron a 6 millones de personas y destruyeron propiedades por un valor más de US\$9.500 millones (OFDA, 1989). La mayor parte de estos daños fueron causados en los países isla del Caribe, cuyas modestas economías eran las menos capaces de resistir tales impactos.

Los datos sobre daños de huracanes han sido recogidos desde que se descubrió América, y las más recientes estadísticas muestran que las medidas de mitigación realmente han significado una diferencia desde la década de los años 1930. Mientras que la ferocidad de las tormentas no ha disminuido con el correr de los años y las poblaciones han aumentado sustantivamente en el área, las tasas de víctimas han disminuido como resultado de la incorporación de medidas de mitigación y de la mayor efectividad de las actividades de preparativos. Esta disminución en el número de muertes se ha visto contrarrestada por un marcado aumento en los daños a las propiedades. Esta es una clara indicación que las medidas de daños estructurales no progresan mano a mano con el rápido aumento de desarrollo en áreas vulnerables.

Una importante característica de este capítulo es la discusión detallada de los peligros de huracanes en pequeños pueblos y aldeas. En este marco, bastante más allá del alcance de las actividades nacionales de mitigación, las estrategias sencillas son esenciales y altamente efectivas.

A. Huracanes: el fenómeno

[1. Desarrollo del huracán](#)

[2. Distribución temporal de la ocurrencia de huracanes en el caribe](#)

[3. Características peligrosas de los huracanes](#)

"Ciclón tropical" es el término científico para una circulación meteorológica cerrada, que se desarrolla sobre aguas tropicales. Estos sistemas a gran escala, no frontales y de baja presión, ocurren en todo el mundo sobre zonas que se conocen como "cuencas tropicales de ciclones" (NOAA, 1987). El nombre para ellos varía: en el Atlántico y el noreste del Pacífico tienen el nombre de "huracanes" de acuerdo con la palabra Maya para diablo, en el noroeste del Pacífico "tifones" y en el Pacífico sur u Océano Indico simplemente "ciclones". De todas las ocurrencias de ciclones tropicales, el 75 por ciento se desarrolla en el hemisferio norte, y de este número sólo uno de cada tres son huracanes en el Pacífico nororiental o el Atlántico noroccidental (UNDRRO, 1978). Las tormentas en el hemisferio norte se desplazan hacia el oeste; las del hemisferio sur se desplazan hacia el este.

En la cuenca tropical de ciclones del Atlántico, que incluye el Océano Atlántico, el Mar Caribe y el Golfo de México, los huracanes se originan principalmente en el Atlántico norte y en menor grado en el Caribe. Las áreas que están en mayor riesgo son los países isla del Caribe, al norte de Trinidad (73 impactos de huracanes importantes entre 1900 y 1988), México y el sureste de los Estados Unidos, Centro América al norte de Panamá, y en grado limitado la costa norte de América del Sur (Tomblin, 1979). Los huracanes también se originan en el noreste del Pacífico, donde pueden afectar la costa occidental de México. La mayor parte de América del Sur esencialmente no se encuentra en riesgo, porque el Atlántico tropical suroccidental y el Pacífico suroriental están libres de estas ocurrencias meteorológicas, pero los sistemas que se originan en la costa occidental del Africa, potencialmente pueden impactar en la parte más septentrional del continente; por ejemplo, en 1988 el Huracán Joan se formó en la costa noroccidental de Africa e impactó las costas de Venezuela y Colombia antes de llegar a Nicaragua. La Figura 12-1 muestra la trayectoria de los huracanes que se originan en el Atlántico, el Pacífico, y el Caribe.

1. Desarrollo del huracán

Todas las depresiones tropicales embrionarias que se convierten en huracanes, se originan bajo condiciones meteorológicas similares y exhiben el mismo ciclo de vida. Las distintas etapas del desarrollo de los huracanes están definidas por la "velocidad sostenida" de los vientos del sistema - los niveles de velocidad del viento que se mantienen por lo menos durante un minuto, cerca del centro del sistema. En las etapas formativas del huracán, la circulación cerrada isobárica, se conoce como depresión tropical. Si la velocidad sostenida de los vientos excede los 63km/h (39 mph), se convierte en una tormenta tropical. En esta etapa ya se le da un nombre y se le considera un peligro. Cuando los vientos exceden los 119km/h (74 mph), el sistema se convierte en un huracán, la forma más severa de las tormentas tropicales. El decaimiento ocurre cuando la tormenta llega a aguas no tropicales o cruza una masa de tierra. Si se desplaza a un ambiente no tropical se le conoce como una tormenta subtropical y depresión subtropical; si lo que ocurre es el desplazamiento sobre tierra, los vientos se desaceleran y

nuevamente se convierten en una tormenta y depresión tropical. La Figura 12-2 resume esta clasificación.

Figura 12-1: OCURRENCIA DE TORMENTAS TROPICALES y CICLONES EN EL HEMISFERIO OCCIDENTAL

¹ Fuerza de viento equivalente a Beaufort 8 o más

Fuente: Munchener Ruck. Mapa Mundial de los Riesgos de la Naturaleza. (Munich, Federal Republic of Germany, Munchener Ruckversicherungs: 1988)

a. Nacimiento: Depresión tropical

Los huracanes son generados en las latitudes de 8 a 15 grados al norte y sur del Ecuador como resultado de una liberación normal de calor y humedad en la superficie de los océanos tropicales. Ayudan a mantener el calor atmosférico y el balance de humedad entre las áreas tropicales y no tropicales. Si no existieran, los océanos ecuatoriales acumularían continuamente el calor (Landsberg, 1960).

La formación de los huracanes requiere de una temperatura en superficie del mar de por lo menos 27 grados Celsius (81 grados Fahrenheit). En los meses de verano, la temperatura del mar en el Caribe y el Atlántico llegan hasta 29 grados (84 grados), condición excelente para originar un huracán. Las aguas de superficie calientan el aire, que asciende y luego es bloqueado por el aire más caliente de los vientos alisios. El encuentro de estas dos masas de aire crea una inversión atmosférica; en esta etapa, se desarrollan tormentas eléctricas y se podría quebrar la inversión, bajando de manera efectiva la presión atmosférica.

b. Crecimiento: Tormenta tropical y huracanes

El crecimiento de un sistema ocurre cuando la presión en el centro de la tormenta desciende bastante por debajo de los 1.000 milibares (mb) mientras que la presión exterior del sistema permanece normal. Cuando baja la presión, los vientos alisios son lanzados en una espiral por la rotación de la tierra. El considerable momento de las fuerzas creadas por la discrepancia en presión, generan velocidades del viento proporcionales a la gradiente de presión. A medida que aumenta el caudal de energía, el patrón de circulación del aire es hacia adentro en dirección al centro de baja presión y hacia arriba, en una espiral con dirección contraria a la del reloj en el hemisferio norte, y en la dirección del reloj en el hemisferio sur. El ciclo se perpetúa a sí mismo y la tormenta organizada inicia un movimiento de traslación con velocidades del orden de 32km/h durante su formación y hasta 90km/h durante su vida extra tropical.

La zona de la más alta precipitación, de vientos más violentos, y mayor aumento de nivel del mar es la que es adyacente a la pared exterior del ojo". La dirección de los vientos, sin embargo, no es hacia el ojo sino tangencial a la pared del ojo a unos 50km de su centro geométrico (Mathur, 1987). Las paredes de nubes organizadas están compuestas de bandas adyacentes que típicamente pueden llegar a tener un diámetro total de 450km (Earthscan No. 34-a, 1983). El ojo central, a diferencia del resto de la tormenta, está caracterizado como una zona de velocidades de viento relativamente bajas y sin ninguna cobertura de nubes; el diámetro promedio es de 50-80km y la circulación vertical es hasta de 15km.

La clasificación de los huracanes se basa en la intensidad de la tormenta, que refleja el daño potencial. El método de categorización más comúnmente usado es aquel desarrollado por H. Saffir y R.G. Simpson (Figura 12-3). La determinación del nivel de categoría depende principalmente de la presión barométrica y de las velocidades sostenidas del viento. Los niveles de mareas de tormenta fluctúan grandemente

debido a las condiciones atmosféricas y batimétricas. Los niveles esperados de las mareas de tormentas son estimados generales de una típica ocurrencia de un huracán.

Figura 12-2

CLASIFICACION DEL DESARROLLO DE LOS HURACANES

AMBIENTE	DESARROLLO	CRITERIOS
Tropical	Depresión	Vientos máximos sostenidos < o = 63km/h (39 millas/h)
	Tormenta tropical	63km/h < vientos sostenidos < 119km/h (74 millas/h)
	Huracán	Vientos sostenidos > o = 119km/h (74 millas/h)
	Depresión tropical (disipación)	Vientos máximos sostenidos < o = 63km/h (39 millas/h)
No tropical	Tormenta Subtropical (disipación)	63km/h < vientos sostenidos < 119km/h (74 millas/h)
	Depresión Subtropical (disipación)	Vientos máximos sostenidos < o = 63km/h (39 millas/h)

Fuente: Adaptado de Neumann, C.J. et al. Tropical Cyclones of the North Atlantic Ocean, 1871-1986 (Washington, D.C: U.S. Department of Commerce, NOAA, 1987).

Figura 12-3

ESCALA DE HURACANES SAFFIR-SIMPSON (SSH)

Número de categoría del huracán	Vientos sostenidos		Presión atmosférica en el ojo (milibares)	Maretazo de la tormenta		Nivel de daño
	(km/h)	(millas/h)		(metros)	(pies)	
1	119- 153	74- 95	980	1,2- 1,5	4,0 - 4,9	Bajo
2	154- 177	96-110	965 - 979	1,8-2,4	5,9- 7,9	Moderado
3	179 - 209	111 - 130	945 - 964	2,7 - 3,7	8,9- 12,2	Extenso
4	211 - 249	131 - 155	920 - 944	4,0 - 5,5	13,0- 18,0	Extremo
5	< 249	<920	< 920	> 5,5	> 18,0	Catastrófico

Fuente: Adaptado de Oliver, J. y Fairbridge, R. The Encyclopedia of Climatology (New York: Van Nostrand Reinhold Co., Inc., 1987).

c. Muerte: Paso sobre tierra o disipación

Típicamente, un huracán se disipa una vez que llega sobre aguas más frías o sobre tierra, unos diez días después de la génesis del sistema. Si llega a un ambiente no tropical, pierde su fuente energética y se adapta al patrón dominante del clima que encuentra. Si llega a tierra, la pérdida de energía en combinación con la mayor aspereza del terreno hará que se disipe rápidamente (Frank, 1984). Cuando llega a tierra en áreas pobladas es uno de los fenómenos naturales más devastadores.

2. Distribución temporal de la ocurrencia de huracanes en el caribe

La temporada oficial de los huracanes en la región principal del Caribe comienza el primero de junio y dura hasta el 30 de noviembre; un 84 por ciento de todos los huracanes ocurren durante agosto y setiembre (Frank, 1984). La Figura 12-4 muestra el carácter estacional de los huracanes. El riesgo más alto en México y el Caribe occidental es al comienzo y al final de la temporada, y en el Caribe oriental a mitad de la temporada.

Cada año más de 100 depresiones tropicales o huracanes en potencia son monitoreados, pero solamente unos diez llegan a cobrar la fuerza de una tormenta tropical y de estos seis se convierten en huracanes. Estos promedios generales sugieren que la actividad es uniforme de año en año pero los registros históricos indican un alto grado de variaciones con largos períodos de tranquilidad y de actividad (Figura 12-5). La cuenca del Atlántico tiene la mayor variabilidad estacional. En 1907, por ejemplo, ni una sola tormenta tropical adquirió la intensidad de un huracán, mientras que en 1969 ocurrieron 12 huracanes en el Atlántico norte (NOAA, 1987). La predicción es difícil debido a que los ciclos varían en periodicidad y duración. Los adelantos recientes en los pronósticos, relacionan los niveles de actividad de los huracanes con El Niño y la Oscilación Cuasi-bienal. Esto ha hecho posible predecir la variación en la actividad estacional de los huracanes en el Atlántico, con una precisión del 40 a 50 por ciento (American Meteorological Society, 1988), pero este nivel de precisión si bien es considerado alto de acuerdo a las normas meteorológicas, no es lo suficientemente bueno para los planificadores que tratan de desarrollar sistemas apropiados de respuesta a las emergencias. No hay duda que la calidad de los pronósticos continuará mejorando, pero mientras esto se logre los planificadores tendrán que depender de la información histórica para calcular las probabilidades de ocurrencia en un año dado. Simpson y Lawrence en 1971 usaron datos históricos para hacer estos cálculos para toda la costa este de los Estados Unidos y la costa del Golfo de México, usando segmentos de 80km (50 millas) (ESCAP/WMO, 1977).

3. Características peligrosas de los huracanes

a. vientos

Las velocidades de los vientos de los huracanes pueden llegar hasta los 250 km/h (155mph) en la pared del huracán, y ráfagas que exceden los 360km/hr (224mph). El poder destructivo del viento aumenta con el cuadrado de su velocidad. Así pues, un aumento de la velocidad del viento de tres veces aumenta su poder destructivo por un factor de nueve. La topografía juega un rol importante: la velocidad del viento disminuye a baja elevación por los obstáculos físicos y áreas protegidas, y aumenta al pasar sobre las cimas de los cerros (Davenport, 1985; ver Figura 12-6). Otro agente que contribuye a la destrucción es la fuerza vertical hacia arriba, que acompaña a los huracanes: cuanto mayores la dimensión vertical de un huracán, tanto mayor es el efecto de la fuerza vertical hacia arriba.

La destrucción es causada sea por impacto directo del viento o por el material que acarrea el aire. El viento mismo daña principalmente los sembríos agrícolas. Bosques enteros han sido arrasados por fuerzas que han arrancado de la tierra a los árboles desde sus raíces. Las estructuras fijas construidas por el hombre también son vulnerables. Los edificios altos se pueden sacudir o aún colapsar. Las drásticas diferencias en presión barométrica en un huracán, pueden hacer que las estructuras cerradas explodieren y que la succión levante los techos o aún edificios enteros. Pero la mayor destrucción, número de víctimas y daños se debe a objetos acarreados por los vientos (ECLAC/UNEP, 1979) cuya fuerza de impacto está directamente relacionada a su masa y el cuadrado de su velocidad. El daño causado por un

vehículo acarreado por el viento a cualquier cosa que golpee, será mayor que si sólo la hubiera impactado el viento. El techado o las tejas mal afianzadas al edificio son los proyectiles más comunes. Otros objetos comunes son antenas, postes de teléfono, árboles, y objetos sueltos de las construcciones.

Figura 12-4: NUMERO DE TORMENTAS TROPICALES y HURACANES (barra abierta) y HURACANES (barra sólida) OBSERVADOS DURANTE CADA UNO DE LOS DIAS MAYO 1 AL 31 DE DICIEMBRE . 1886 A 1986 EN EL OCEANO ATLANTICO NORTE

Fuente: Neumann, C.J. et al. Tropical Cyclones of the North Atlantic Ocean, 1871-1986 (Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, NOAA 1987).

Figura 12-5: DISTRIBUCION ANUAL DE LOS 845 CICLONES TROPICALES REGISTRADOS EN EL ATLANTICO NORTE QUE ALCANZARON AL MENOS FUERZA DE TORMENTA (barra abierta) Y LOS 496 QUE ALCANZARON FUERZA DE HURACAN (barra sólida), DE 1886 A 1986

Nota: El número promedio de tales tormentas es 8.4 y 4.9 respectivamente.

Fuente: Neumann, C.J. et al. Tropical Cyclones of the North Atlantic Ocean, 1871-1986 (Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, NOAA, 1987).

Figura 12-6: EFECTOS TOPOGRAFICOS INSULARES EN LA VELOCIDADES MEDIAS DE LOS VIENTOS DE SUPERFICIE

Fuente: Davenport, A.G. Georgiou, P.N., y Surry, D. Un Estudio de Riesgo de Vientos de Huracán para el Caribe Este, Jamaica y Belize con Especial Consideración a la Influencia de la Topografía. (Londres, Ontario, Canadá: Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory, The University of Western Ontario, 1985).

Se han adoptado normas de construcción para resistir las altas velocidades de los vientos en casi todos los países expuestos a un alto riesgo. Los códigos recomiendan que las estructuras mantengan una capacidad de resistencia a la presión de la velocidad del viento medio local, calculada promediando la presión del viento durante diez minutos para la velocidad más alta esperada en 50 años. El Código de Construcción para el Caribe (Caribbean Uniform Building Code, CUBIC) que está siendo considerado por los países del Caribe, indica la presión de velocidad de un viento referencial para cada país. La figura 12-7 muestra la relación entre velocidad de viento, expresada en el código en términos de metros por segundo, en vez de kilómetros o millas por hora, y los daños generales a la propiedad. Nótese la correlación entre esto y la escala SSH de la Figura 12-3.

b. Precipitación

Las lluvias que acompañan a los huracanes son extremadamente variables y difíciles de predecir (ECLAC/UNEP, 1979). Pueden ser muy fuertes y durar varios días o se pueden disipar en horas. En la incidencia de la precipitación se reconocen como importantes la topografía local, la humedad y la velocidad de avance de un huracán, pero los intentos para determinar una conexión directa han sido estériles hasta ahora.

La fuerte precipitación causa dos tipos de destrucción. El primero es debido a la infiltración del agua en los edificios causando daños estructurales; si la lluvia es continua y persistente, las estructuras simplemente pueden colapsar por el peso del agua absorbida. El segundo, más generalizado, común y

mucho más dañino, es la inundación sobre tierra, que pone en riesgo todos los valles junto con sus estructuras e instalaciones críticas de transporte tales como carreteras y puentes. El Capítulo 8 describe las inundaciones en más detalle.

Los deslizamientos, como peligros secundarios, frecuentemente son originados por una fuerte precipitación. Las áreas con pendientes desde medianas hasta muy pronunciadas se sobresaturan y fallan a lo largo de las zonas más débiles. Así, las áreas en un valle de terrenos bajos no son los únicos lugares vulnerables a la precipitación. El Capítulo 10 trata este fenómeno.

c. Mareas de tormentas

Una marea de tormenta es la elevación temporal del nivel del mar causada por el agua impulsada sobre tierra, principalmente por la fuerza de los vientos del huracán hacia la costa y, sólo de manera secundaria, por la reducción de la presión barométrica a nivel del mar entre el ojo de la tormenta y la región externa. Una relación aproximada entre presión atmosférica y el nivel de la marea de tormenta se muestra en la Figura 12-3. Otro estimado es que por cada 100 milibares (mb) que baje en la presión barométrica, se espera una elevación de un 1 m del nivel del mar. La magnitud de la marea en un determinado lugar también es función del radio de los vientos máximos del huracán, la velocidad de avance del sistema y la batimetría frente a la costa. Es aquí donde surge la dificultad para pronosticar los niveles de mareas de tormenta. Los registros históricos indican que un aumento del nivel promedio del mar puede ser insignificante o puede ser hasta de unos 7,5 metros (24,6 pies) (ECLAC/UNEP, 1979). Las zonas costeras más vulnerables son aquellas con las mayores frecuencias históricas de impactos a tierra. Sea cual fuera su altura, el gran domo de agua frecuentemente tiene un ancho de 150km (93 millas) y avanza hacia la costa donde aterriza el ojo del huracán.

Figura 12-7

RELACION ENTRE VELOCIDAD DEL VIENTO y DAÑOS GENERALES A LA PROPIEDAD

Velocidad del viento	Daños
22-35 m/s	Menores
36-45 m/s	Intermedios (pérdida de ventanas)
> 45 m/s	Estructurales

Fuente: ECLAC/UNEP. Natural Disasters Overview, Meeting of Government - Nominated Experts to Review the Draft Action Plan for the Wider Caribbean Region, Caracas, Venezuela, 28 January -1 February (Caracas: ECLAC/UNEP, 1979).

Las mareas de tormentas representan la mayor amenaza a las comunidades costeras. El noventa por ciento de las víctimas de los huracanes corresponde a personas que se ahogan por causa de una marea de tormenta. Las severas inundaciones, debido a una marea de tormenta, afectan las áreas bajas varios kilómetros tierra adentro. La altura de las mareas de tormenta puede ser mayor si es que las estructuras hechas por el hombre en las bahías y estuarios canalizan el flujo del agua y complican la inundación. Si una lluvia fuerte acompaña a una marea de tormenta y el impacto del huracán ocurre durante el máximo de la marea alta, las consecuencias pueden ser catastróficas. El excedente de agua de la fuerte precipitación tierra adentro crea inundaciones fluviales, y un aumento simultáneo del nivel del mar bloquea la salida de los ríos hacia el mar y en consecuencia el agua no tiene por donde escapar.

B. Ocurrencias históricas e impacto en las Américas: Huracán Gilbert

[1. Jamaica](#)

[2. México](#)

Los huracanes son, por mucho, los fenómenos peligrosos más frecuentes en el Caribe. Tomblin (1981) dice que en los últimos 250 años las Indias Occidentales han sido devastadas por 3 erupciones volcánicas, 8 terremotos, y 21 huracanes importantes. Si también se consideran las tormentas tropicales, el área principal del Caribe ha sufrido cientos de estos eventos.

Las consecuencias económicas y sociales de este fenómeno son severas, especialmente en los países menos desarrollados, donde un porcentaje significativo del GDP puede ser destruido por un sólo evento. La Figura 12-8 presenta una lista de los principales huracanes y tormentas tropicales en las Américas y el daño que han causado.

Sin una lista completa de los costos y de las víctimas, es difícil concebir los efectos económicos y sociales negativos causados por un evento desastroso. No es el propósito de este capítulo proporcionar toda esta información, la que puede encontrarse en la copiosa literatura sobre eventos individuales. Pero una breve revisión de cómo afectó un huracán a varios sectores en México y Jamaica ayudará a los planificadores a entender el enorme impacto que puede tener un evento natural como este.

El Huracán Gilbert impactó el Caribe y la costa del Golfo de México en 1988, causando daños generalizados en México, Jamaica, Haití, Guatemala, Honduras, República Dominicana, Venezuela, Costa Rica, y Nicaragua. Al llegar a Santa Lucía como una depresión tropical, causó daños estimados en US\$2,5 millones por las inundaciones y deslizamientos provocados por la fuerte precipitación (Caribbean Disaster News No. 15/16.1988).

Las variaciones físicas en este huracán dieron como resultado diferentes tipos de daños. Se consideró como un huracán "seco" cuando azotó Jamaica, descargando menos precipitación que la esperada. Así, la mayoría de los daños se debieron a la fuerza del viento que arrancó los techos. Sin embargo cuando se acercó a México, estaba ya acompañado por lluvias torrenciales que causaron inundaciones masivas bastante tierra adentro.

El Huracán Gilbert comenzó como una ola tropical el 3 de setiembre de 1988, en la costa norte de Africa. Seis días más tarde, el sistema había cruzado el Atlántico y se había convertido en tormenta tropical. El 12 de setiembre impactó Jamaica como un huracán de categoría 3 (Escala SSH) y se trasladó hacia el oeste a todo lo largo de la isla. Adquiriendo fuerza a medida que se desplazaba al noroeste, el 14 de setiembre azotó la Península de Yucatán en México, como un huracán de categoría 5 (Escala SSH). El 16 de setiembre ya se había debilitado y finalmente se disipó después de entrar sobre tierra en la costa este de México.

Los vientos sostenidos en Jamaica llegaron a 223 km/h, y probablemente fueron mayores al cruzar las colinas altas. La presión barométrica fue la más baja jamás registrada en el Hemisferio Occidental con

888mb, a 200km al este-sureste de Jamaica. Cuando llegó a Jamaica la presión barométrica era de 960mb. La velocidad de avance fue de 31 km/hr. El ojo tenía un diámetro de 56km, pero la marea de tormenta fue pequeña en Jamaica. La precipitación media se registró entre 250mm y 550mm. No hubo problemas de inundaciones importantes causadas por mareas de tormenta o fuertes lluvias. Ocurrieron algunos deslizamientos en las elevaciones mayores, donde se concentró la mayor parte de la precipitación.

Cuando el Huracán Gilbert llegó a México, sus características ya habían cambiado. En Yucatán, la marea de tormenta llegó a los 5 metros de altura y la precipitación a un promedio de 400mm. Cuando Gilbert impactó la costa norte de México, los vientos habían aumentado a 290km/h y la marea de tormenta a 6 metros.

1. Jamaica

a. Población afectada y daños a los sectores sociales

Aún cuando las pérdidas de vidas estuvieron limitadas a 45 muertes reportadas, 500.000 personas perdieron sus viviendas al ser dañadas aproximadamente 280.000 casas, casi el 55 por ciento del inventario de viviendas. 14.000 de todas ellas, es decir el 5%, fueron totalmente destruidas y 64.000 seriamente dañadas.

b. Impacto a la economía y daños a los sectores productivos

El Instituto de Planificación de Jamaica estimó el daño directo total en US\$ 956 millones. Casi la mitad de esta suma fue atribuida a pérdidas en agricultura, turismo e industria; 30 por ciento a la infraestructura de viviendas, salud, y educación; y 20 por ciento a la infraestructura económica. Las proyecciones económicas para 1988 tuvieron que ser dramáticamente reajustadas para adecuarse a las pérdidas esperadas de unos US\$ 130 millones en las exportaciones, y más de US\$ 100 millones por ingresos del turismo; por lo tanto, en vez de un crecimiento esperado del 5 por ciento en el GDP, se proyectó una disminución del 2 por ciento. Se hicieron otros estimados para aumento de la inflación (30 por ciento), gastos públicos de gobierno (US\$ 200 millones), y el déficit del sector público (del 2,8 por ciento al 10,6 por ciento del GDP).

Figura 12-8

PRINCIPALES TORMENTAS TROPICALES y HURACANES EN LA CUENCA DE CICLONES TROPICALES EN EL ATLANTICO

REGION/PAIS	AÑO/MES	VICTIMAS	PERSONAS AFECTADAS	DAÑOS MILES	NOMBRE DEL HURACAN	FUENTE
CARIBE						
Antigua	1972 00					Tomblin
	1950 09	2		1.000	Dog	OFDA
	1960 09	2			Donna	OFDA
	1966 09					OFDA
Barbados	1780 00	4.326				Tomblin

	1786 00					Tomblin
	1831 00	2.000				Tomblin
	1955 09	57			Janet	OFDA
Belize	1931 09	1.500		7.500		OFDA
	1955 09	16		5.000	Janet	OFDA
	1961 09	275		60.000		OFDA
	1974 09		70.000	4.000	Carmen. Fifi	OFDA
	1978 09	5	6.000	6.000	Greta	OFDA
Cuba	1768 00	1.000				Tomblin
	1844 00					Tomblin
	1846 00	500				Tomblin
	1926 10	600				OFDA
	1932 11	2.500				OFDA
	1935 09	35	500			OFDA
	1948 09	3		12.000		OFDA
	1948 10	11	300	6.000		OFDA
	1963 10	1.750				Tomblin
	1966 09	5	156.000	18.000	Inez	OFDA
	1968 10	0			Gladysz	OFDA
	1982 06	24	105.000	85.000		OFDA
	1985 11	4	476.891		Kate	OFDA
Dominica	1806 00					Tomblin
	1834 00	200				Tomblin
	1963 09			2.600	Edith	OFDA
	1979 08	40	70.000	44.650	David, Frederick	OFDA
	1984 10	2	10.000	2.000	Klaus	OFDA
República Dominicana	1930 09	2.000	6.000	40.000		OFDA
	1963 10	400		60.000	Flora	OFDA
	1964 08	7		1.000	Cleo	OFDA
	1966 09	74	7.000	5.000	Inez	OFDA
	1979 08	1.400	1.200.000	150.000	David, Frederick	OFDA
	1984 10	3		23.700	Emily	OFDA
Grenada	1963 09	6			Flora	OFDA

Haití	1909 11	150				OFDA
	1915 08	1.600				OFDA
	1935 10	2.150				OFDA
	1954 10	410	250.000		Hazel	OFDA
	1963 10	5.000		180.000	Flora	OFDA
	1964 08	100	80.000	10.000	Cleo	OFDA
	1966 09	480	67.000	20.000	Inez	OFDA
	1979 08	8	1.110		David	OFDA
	1980 08	300	330.000	40.000	Allen	OFDA
	1988 09	54	870.000	91.286	Gilbert	OFDA
Jamaica	1722 00	400				Tomblin
	1780 00	300				Tomblin
	1786 00					Tomblin
	1880 00	30				Tomblin
	1903 08	65				OFDA
	1912 11	142				OFDA
	1917 09	57				OFDA
	1933 10	10				OFDA
	1935 10		2.000			OFDA
	1944 08	32				OFDA
	1951 08	154	20.000	56.000	Charlie	OFDA
	1963 10	11		11.525	Flora	OFDA
	1980 08	6	30.000	64.000	Allen	OFDA
	1985 11	7		5.200	Kate	OFDA
	1988 09	49	810.000	1.000.000	Gilbert	OFDA
St. Kitts/Nevis	1772 00					Tomblin
	1792 00					Tomblin
	1928 09					OFDA
	1955 01					OFDA
Saint Lucia	1960 07				Abby	OFDA
	1963 09	10		3.465	Edith	OFDA
	1980 08	9	70.000	87.990	Allen	OFDA
St. Vincent	1898 00	300				Tomblin
	1955 09	122			Janet	OFDA
	1980 08		20.000	16.300	Allen	OFDA

	1987 09		200	5.300	Emily	OFDA
Trinidad/Tobago	1933 06	13		3.000		OFDA
	1963 09	24		30.000	Flora	OFDA
AMERICA CENTRAL						
Costa Rica	1988 10	28	120.000		Joan	OFDA
El Salvador	1969 09	2	4.600	1.600	Francelia	OFDA
Guatemala	1969 09	269	10.200	15.000	Francelia	OFDA
Honduras	1969 09		8.000	19.000	Francelia	OFDA
	1974 09	8.000	600.000	540.000	Fifi	OFDA
	1978 09		2.000	1.000	Greta	OFDA
Nicaragua	1971 09	35	2.800	380	Edith	OFDA
	1988 10	120	300.000	400.000	Joan	OFDA
Panamá	1988 10	7	7.000	60.000	Joan	OFDA
NORTEAMERICA (EXCLUYENDO A ESTADOS UNIDOS)						
México	1951 08	50				OFDA
	1955 09	300			Hilda	OFDA
	1955 09	500		40.000	Janet	OFDA
	1960 10	960				OFDA
	1961 11	436			Tara	OFDA
	1966 10	14	80.000	24.000	Inez	OFDA
	1967 08	77	271.000	184.000	Katrina, Beulah	OFDA
	1975 10	29			Olivia	OFDA
	1976 10	600	175.000	100.000	Liza	OFDA
	1977 09	10	50.000		Anita	OFDA
	1982 09	225	50.000	30.000	Paul	OFDA
	1983 10	135			Tico	OFDA
	1988 09	240	100.000		Gilbert	OFDA

Fuente: Tomblin, J. "Natural Disasters in the Caribbean: A Review of Hazards and Vulnerability, *en* Caribbean Disaster Preparedness Seminar, St. Lucia, June, 1979 (Washington, D.C.: OFDA/USAID, 1979); and Office of Foreign Disaster Assistance, U.S. Agency for International Development (OFDDA/USAID). Disaster History: Significant Data on Major Disasters Worldwide, 1900-Present. July, 1989. (Washington, D.C.: OFDA/USAID, 1989).

Tal como se esperaba, la actividad económica más afectada fue la agricultura, con una destrucción total de la producción de bananas y broiler y más del 50 por ciento de la cosecha de café y de coco. Las

pérdidas de capital en el sector fueron estimadas en US\$ 0,7 billones. De acuerdo a algunos cálculos, las pérdidas de ingresos hasta 1992 serán de US\$214 millones.

Otros sectores productivos también fueron afectados seriamente. La industria sufrió US\$600 millones (en dólares de 1989) de pérdidas, principalmente por la disminución en un 12% de la exportación. El turismo perdió US\$90 millones en divisas extranjeras, con el arribo de 5 por ciento menos visitantes durante el tercer trimestre de 1988 que durante el mismo período en 1987. La pérdida de electricidad causó la disminución de producción de bauxita en un 14,2 por ciento para ese trimestre, en comparación con el tercer trimestre del año anterior y las exportaciones de aluminio disminuyeron en 21 por ciento.

c. Daños a los recursos naturales

Los recursos costeros de Jamaica sufrieron extensos daños por la fuerza del huracán. Se estima que un 50 por ciento de las playas fueron seriamente erosionadas, siendo la costa noreste la más afectada. Se estimó que se perdieron 60 por ciento de todos los árboles en las áreas de manglares, 50 por ciento de los cultivos de ostras tampoco pudieron salvarse, y ocurrieron otros daños no cuantificables a los arrecifes de coral y a la calidad del agua de la isla (Bacon, 1989).

2. México

a. Población afectada y daños a los sectores sociales

El Gobierno de México informó que el huracán causó 200 muertes y aproximadamente 200.000 personas quedaron sin vivienda. En el estado de Nuevo León, el área de Monterrey sufrió extensas inundaciones, murieron 100 personas y 30.000 unidades de vivienda fueron destruidas.

b. Impacto de la economía y daños a los sectores productivos

La industria del turismo sufrió el mayor daño. Las áreas de turismo en el estado de Quintana Roo, por ejemplo, sufrieron US\$100 millones en daños directos y un estimado de US\$90 millones en ingresos. El Banco Interamericano de Desarrollo después de evaluar los daños a la infraestructura en este sector destinó US\$41.5 millones para la reconstrucción.

c. Daños a los recursos naturales

El impacto por toda la península de Yucatán en cuanto a daños a la fauna silvestre, playas y arrecifes de coral, fue mucho mayor que en las costas de Jamaica. Se informó de extensa reducción de playas y arrecifes de coral, y de grandes cantidades de pájaros que murieron.

C. Evaluaciones de peligro y mitigación de desastres

[1. Determinación del peligro que representan los huracanes](#)

[2. Mitigación contra el riesgo de huracanes](#)

1. Determinación del peligro que representan los huracanes

El peligro que presentan los huracanes a un determinado país está en función de la probabilidad que un huracán de cierta intensidad impacte y de la vulnerabilidad del país a dicho impacto. La vulnerabilidad es un concepto complicado, que tiene dimensiones físicas, sociales, económicas y políticas. Incluye aspectos tales como la capacidad de las estructuras de resistir las fuerzas de un evento peligroso, el grado en que la comunidad posee los medios para organizarse y está preparada para manejar las emergencias, el grado al que la economía del país depende de un sólo producto o servicio que fácilmente puede ser afectado por el desastre, y el grado de centralización en la toma de decisiones del sector público (Wilches-Chaux, 1989).

Los centros de población y las actividades económicas en la región son altamente vulnerables a las perturbaciones y daños de los efectos de condiciones extremas del clima. Están concentrados principalmente en las llanuras costeras, y las zonas bajas expuestas a mareas de tormenta y a inundaciones terrestres. Las altas demandas que se hacen a la infraestructura de servicios vitales existente, junto a inadecuados fondos para la expansión y mantenimiento de estos sistemas vitales, aumentan su susceptibilidad al colapso. El crecimiento descontrolado de los centros urbanos degrada el ambiente físico y su capacidad protectora natural. Los sitios de construcciones que son seguros en relación con los peligros naturales, la contaminación y accidentes, son inaccesibles para personas de bajos ingresos que viven en las ciudades, a quienes sólo les queda construir sus albergues en laderas pronunciadas o en áreas inundables (Bender, 1989). La agricultura, en particular el cultivo de bananas para la exportación, frecuentemente se practica sin las medidas necesarias de conservación que corresponden a las características de los suelos, pendientes, y precipitación del área.

Las comunidades, países, o regiones difieren grandemente en vulnerabilidad, y por ende en los efectos que pueden sufrir a causa de huracanes de igual fuerza. El tamaño mismo de un país es un determinante crítico de su vulnerabilidad: las pequeñas naciones isla pueden verse afectadas en toda su extensión, y su principal infraestructura y actividad económica puede ser diezmada por un sólo evento. Los escasos recursos destinados a proyectos de desarrollo tienen que ser ahora dedicados al socorro y a la reconstrucción después de un desastre, retardando el crecimiento económico.

Para evaluar los riesgos futuros, los planificadores deben estudiar las tendencias históricas y correlacionarlas con probables cambios futuros. La principal causa de una creciente vulnerabilidad es el movimiento de la población hacia áreas de alto riesgo. El mayor número de ciudades en las Indias Occidentales se encuentra en zonas costeras bajas amenazadas por las mareas de tormenta (Tomblin, 1979), y estas continúan creciendo.

Los sectores económicos más afectados por los huracanes son la agricultura y el turismo. Ambos, representan una porción principal de la economía de estos países en el Caribe. En particular, la agricultura es la actividad más vulnerable (ECLAC/UNEP, 1979). Los huracanes tienen efectos desastrosos, en particular, sobre las cosechas de bananas. Durante el Huracán Allen, en agosto de 1980, Santa Lucía sufrió US\$36,5 millones en daños, con el 97 por ciento de las plantaciones de bananas destruidas. En San Vicente el 95 por ciento y en Dominica el 75 por ciento de las plantaciones de banana fueron arruinadas (Earthscan No. 34a, 1983). Los daños a la industria del turismo son más difíciles de cuantificar pues incluyen muchos otros sectores económicamente identificables tales como transporte y servicios hoteleros.

Las estadísticas de las cosechas rara vez toman en consideración las pérdidas a largo plazo. La mayor salinidad de los suelos debido a una marea de tormenta puede tener efectos nocivos sobre la producción en los años siguientes. Por ejemplo, el Huracán Fifi disminuyó la producción en Honduras en un 20 por ciento el año que ocurrió, pero el siguiente año la producción bajó al 50 por ciento. Cuánto de esta reducción se debió al aumento de salinidad no está claro, pero se sabe que la sal destruye la vegetación lentamente.

2. Mitigación contra el riesgo de huracanes

Una vez que se entiende el riesgo que representan los huracanes, se pueden tomar medidas específicas de mitigación para reducir el riesgo a las comunidades, la infraestructura, y las actividades económicas. Las pérdidas humanas y económicas pueden ser reducidas grandemente mediante esfuerzos bien organizados para implementar medidas preventivas apropiadas, respecto a la percepción del peligro por el público y la emisión de alertas oportunas. Gracias a estas medidas, los países en la región han experimentado una drástica reducción en el número de muertes causadas por los huracanes.

Las medidas de mitigación son más costo-efectivas cuando son implementadas como parte de un plan original o en la construcción de estructuras vulnerables. Los ejemplos típicos son la aplicación de normas de construcción diseñadas para resistir los vientos con fuerza huracanada, evitar áreas que pueden ser afectadas por mareas de tormentas o inundaciones, y la plantación de rompevientos para proteger las cosechas sensibles a los vientos. El reforzamiento de edificios y otros proyectos para que sean más resistentes a huracanes es más costoso y a veces imposible. Una vez que el proyecto ha sido ubicado en una área inundable puede no ser posible trasladarlo a otro lugar más seguro.

Los resultados generales de la mitigación del riesgo de huracanes en el Caribe y Centro América no son muy alentadores. Abundan los casos de nuevas inversiones en los sectores públicos o productivos que fueron expuestos a un significativo riesgo de peligro debido a un mal diseño o ubicación, y aún existen proyectos que fueron reconstruidos de la misma manera y en el mismo lugar después de haber sido destruidos una primera vez. Se pueden citar otros casos de colegios y hospitales financiados con ayuda bilateral que fueron construidos de acuerdo con las normas de diseño adecuadas para el país donante, pero incapaces de resistir los vientos de fuerza huracanada que predominan en el país receptor.

El sector del turismo en el Caribe es notorio por su aparente indiferencia al riesgo de los huracanes y peligros asociados. Un complejo hotelero construido a insuficiente distancia de la marca de marea alta no sólo se arriesga a ser dañado por acción de las olas y mareas de tormenta, sino que interfiere con el proceso normal de formación de playas y estabilización de dunas, reduciendo así la efectividad de un sistema natural de protección contra la acción de las olas. Después que sufren el primer daño serio, los dueños del hotel probablemente decidirán reconstruir en el mismo lugar e invertir en una pared de contención del mar, en vez de considerar reubicar la estructura en un lugar más distante de la línea de costa.

a. Reducción del riesgo a nivel internacional

En las últimas tres décadas la capacidad tecnológica para monitorear los huracanes ha mejorado significativamente, y con ello el número de víctimas disminuyó. La nueva tecnología permite identificar una depresión tropical y monitorear en tiempo real, a medida que se desarrolla el huracán. El mayor avance se ha dado en los Estados Unidos, pero los países en desarrollo se benefician enormemente

debido a los efectivos mecanismos de alertas. Los modelos de computadora también generan gran cantidad de información útil para los planificadores en los países en desarrollo.

Los modelos de computadora que estiman la trayectoria, el lugar de impacto, y el daño potencial fueron implementados por primera vez en 1968 por el U.S. National Hurricane Center (NHC). En la actualidad hay cinco modelos operacionales para dar luces sobre el trayecto de los huracanes: el Modelo Beta y Advección (MAM), el de Climatología y Persistencia (CLIPER), un modelo Estadístico-dinámico (NHC90), un modelo Cuasi-Lagrangian (OLM) y el VICBAR barotrópico. Varían en su capacidad y metodología y, ocasionalmente, dan como resultado predicciones en conflicto una con otra, aunque ahora menos que en el pasado. El NHC evalúa los datos que se obtienen de todas las tormentas tropicales y huracanes en el Atlántico, el Pacífico oriental y la cuenca de los ciclones tropicales del Pacífico, y emite una predicción oficial sobre la ruta e intensidad que consiste de posiciones centrales y velocidades máximas del viento durante un minuto para 0,12,24,48, y 72 horas.

El NHC también ha desarrollado un modelo de mareas de huracanes llamado Sea, Lake and Overland Surges (SLOSH) para simular los efectos de los huracanes a medida que se acercan a tierra. Su predecesor SPLASH, usado en los años 1960s, fue útil para modelar los efectos de los huracanes a lo largo de líneas de costa uniformes, pero el SLOSH añade a esto la capacidad para estimar la inundación en áreas tierra adentro. Estos resultados se pueden usar para planificar rutas de evacuación.

También se ha desarrollado un modelo computarizado que evalúa la vulnerabilidad de áreas costeras a los ciclones tropicales a largo plazo. Este modelo, el National Hurricane Center Risk Analysis Program (HURISK), utiliza información histórica de 852 huracanes desde 1886. El archivo contiene la posición de las tormentas, los vientos máximos sostenidos, y las presiones centrales (no disponible en los primeros años) a intervalos de cada seis horas. Cuando el usuario proporciona una ubicación y el radio de interés, el modelo determina las ocurrencias, fechas, nombre de las tormentas, vientos máximos y velocidades de avance de los huracanes. Los estudios de vulnerabilidad comienzan cuando se han determinado los datos promedio de la ocurrencia, distribución de dirección, distribución de vientos máximos, probabilidad de que por lo menos un número x de huracanes pase durante n años consecutivos, y la distribución gamma de las velocidades. Los planificadores pueden usar estos cálculos objetivos de período de retorno para evaluar una situación de otro modo subjetiva.

b. Reducción del riesgo a nivel nacional

Uno de los pasos más importantes que puede dar un país para mitigar el impacto de los huracanes es incorporar la evaluación del riesgo y el diseño de medidas de mitigación a la planificación para el desarrollo. El diseño de medidas básicas de mitigación comienza con la compilación de todos los registros históricos de la anterior actividad de los huracanes en el país, determinando la frecuencia y severidad de ocurrencias en el pasado. Se deben recolectar los datos meteorológicos confiables para cada evento, que van desde estudios técnicos hasta noticias periodísticas. y con toda la información, bien ordenada, se debe llevar a cabo un estudio de (1) la distribución de ocurrencia por meses del año, (2) las frecuencias de la fuerza de los vientos y su dirección, (3) las frecuencias de las mareas de tormenta de varias alturas a lo largo de diferentes segmentos costeros, y (4) las frecuencias de inundación de ríos y su distribución espacial. El análisis estadístico deberá proporcionar apoyo cuantitativo para las estrategias de planificación.

El diseño de medidas de mitigación seguirá a continuación del análisis estadístico y considerará los efectos a largo plazo. Las medidas de mitigación tanto estructurales como no estructurales deben ser

consideradas tomando en cuenta las dificultades de su implementación.

Las medidas no estructurales consisten en políticas y prácticas de desarrollo que están diseñadas para evitar el riesgo. Por ejemplo: lineamientos para uso de tierras, predicción y alertas, y conciencia pública y educación. Se debe dar mucho crédito al Proyecto Pan Caribe sobre Preparativos y Prevención de Desastres (PCDPPP) por la reducción del número de víctimas de huracanes en su ámbito, que ha trabajado efectivamente con los gobiernos nacionales motivando a las poblaciones a tomar medidas preventivas, tales como reforzar los amarres de los techos y establecer sistemas para el pronóstico y las alertas.

Las medidas estructurales de mitigación incluyen el desarrollo de códigos de construcción para controlar el diseño de edificios, métodos y materiales. La construcción de rompeolas, canales de diversión y compuertas contra mareas de tormentas, así como el establecimiento de líneas de árboles, son algunos ejemplos de mitigación desde el punto de vista de obras públicas.

c. Reducción del riesgo a nivel local

La efectividad de las oficinas de preparativos nacionales para las emergencias, en los países de la región, frecuentemente está limitada por inadecuado apoyo institucional y falta de recursos técnicos y financieros suficientes. En las islas más pequeñas del Caribe, estas oficinas suelen ser operaciones a cargo de una persona, siendo esa persona también responsable de muchos otros asuntos no relacionados con las emergencias. No sería realista esperar que puedan actuar de manera efectiva a nivel local en el caso de emergencias que cubran toda el área, tales como las causadas por los huracanes. Es por lo tanto esencial mejorar la capacidad de las poblaciones en pequeños pueblos y aldeas, para que estén preparadas a responder a las emergencias por sus propios medios.

Desde 1986 hasta 1989, el Proyecto de Peligros Naturales OEA/DDRMA ha involucrado a varios países del Caribe Oriental para evaluar la vulnerabilidad de los pequeños pueblos y aldeas a los peligros naturales, y entrenar a los administradores locales y a los líderes de la comunidad en organizar las evaluaciones de riesgo y mitigación en sus comunidades. Estas actividades han conducido a la preparación de un manual de entrenamiento con un video adjunto para uso de los líderes locales. Este esfuerzo ha enfocado las redes de líneas de servicios locales -transporte, comunicaciones, agua, electricidad, sanidad- y las instalaciones críticas relacionadas con el bienestar de los habitantes, como hospitales y centros de salud, escuelas, estaciones de policía y contra incendios, instalaciones comunitarias, y albergues de emergencia.

El resto de este capítulo está dedicado a una visión general, resumida, del proceso mediante el cual los líderes de un pequeño pueblo o aldea pueden introducir una efectiva mitigación de los peligros.

D. Enfrentando a los huracanes en pequeños pueblos y aldeas

[1. Inventario de líneas de servicios vitales e instalaciones críticas](#)

[2. Aprendizaje de la operación de líneas de servicios vitales e instalaciones y su potencial de daño por huracanes](#)

[3. Verificación de la vulnerabilidad de líneas de servicios vitales e instalaciones mediante la inspección de campo e investigación](#)

[4. Establecimiento de una relación positiva de trabajo con instituciones y empresas que operan la infraestructura y los servicios de la comunidad](#)

[5. Desarrollo de la comprensión del riesgo en su totalidad por parte de la comunidad](#)

[6. formulación de una estrategia de mitigación](#)

El grado hasta donde pueden enfrentar las comunidades locales los daños y las perturbaciones a raíz de severas tormentas y huracanes, también depende en gran medida de cuan bien resisten los vientos y precipitaciones asociadas, los servicios básicos, la infraestructura y bienes comunes de la comunidad. Si bien las familias individuales asumen la plena responsabilidad de preparar su propio albergue para resistir los efectos de las tormentas, tienen un rol mucho más limitado para asegurar que los servicios comunes estén resguardados. Sin embargo, este rol no puede ser dejado de lado.

Las agencias no gubernamentales involucradas en la construcción y mejora de viviendas de bajos ingresos, han desarrollado medidas prácticas y de poco costo para aumentar la resistencia a los vientos con fuerza huracanada de las casas auto-construidas. Típico de los esfuerzos de esta naturaleza es el trabajo realizado por el Construction Resource and Development Centre (CRDC) en Jamaica, que ha producido material educativo y ha organizado reuniones de trabajo sobre la reconstrucción de casas y techos después del huracán Gilbert.

La responsabilidad principal para crear conciencia y mayor preocupación en la comunidad sobre el riesgo que representan los huracanes al bien común, recae sobre los líderes de la comunidad y el coordinador local -o distrital- de desastres, si es que existe esa función. Involucra un largo proceso de identificación de los diversos aspectos, la movilización de recursos dentro de la comunidad y en el exterior, y el apoyo a acciones comunes.

Tal proceso incluye seis pasos: (1) hacer un inventario de las redes de líneas de servicios vitales y de instalaciones críticas; (2) conocer su operación y el daño potencial que les haría un huracán; (3) verificar la vulnerabilidad de las líneas de servicios vitales e instalaciones críticas, a través de inspección de campo e investigación; (4) establecer una relación positiva de trabajo con las agencias y empresas que manejan la infraestructura y los servicios de la comunidad; (5) propiciar el entendimiento de la comunidad respecto al riesgo total; (6) formular e implementar una estrategia de mitigación.

1. Inventario de líneas de servicios vitales e instalaciones críticas

Las redes de líneas de servicios vitales y de instalaciones críticas son aquellos elementos de la infraestructura económica y social que proporcionan bienes y servicios esenciales a las poblaciones en pueblos y aldeas. Su correcto funcionamiento es una preocupación directa de la comunidad, ya que cualquier perturbación afecta a toda la población.

Los líderes de la comunidad deben recopilar gradualmente un inventario de estos elementos, ubicándolos en primera instancia sobre un mapa de la comunidad a escala grande (1:5.000 o 1:2.500). Los mapas base pueden ser obtenidos de fuentes locales del pueblo, del condado (o distrito) o de las oficinas de planificación física. La red de caminos debe indicar la jerarquía del camino (vía expresa, carretera, acceso principal a un asentamiento, calles locales) y la ubicación de puentes y otras obras civiles tales

como cortes importantes en las carreteras y muros de contención. Un trato similar se debe dar a las redes de electricidad y telefónicas y al sistema de agua potable. Las áreas residenciales y áreas de actividad económica también deben ser identificadas.

Se puede acceder a diferentes fuentes para obtener esta información. Las compañías de agua, de electricidad y telecomunicaciones pueden proporcionar datos de sus redes para los mapas del área en cuestión. El representante local del Ministerio de Obras Públicas o de la oficina de planificación física puede ayudar con la identificación de la red de caminos y la ubicación de instalaciones públicas donde funcionan importantes servicios.

2. Aprendizaje de la operación de líneas de servicios vitales e instalaciones y su potencial de daño por huracanes

Los líderes de la comunidad periódicamente deben de organizar reuniones durante las cuales los ingenieros o administradores responsables de las diferentes líneas vitales e instalaciones críticas, puedan explicar el funcionamiento de sus sistemas a determinados residentes que podrían involucrarse en la preparación y la respuesta a los desastres. Los mapas anteriormente preparados deben ser útiles durante estas sesiones y, al mismo tiempo, se pueden revisar los detalles particulares y actualizarlos. El enfoque de estas sesiones debería ser:

- Identificación de los diferentes elementos que constituyen el sistema, su interacción y su interdependencia.
- Como funcionan los diferentes elementos, que puede no funcionar, y cuáles son los procedimientos normales de reparación y mantenimiento.
- Cómo pueden ser afectados cada uno de los elementos del sistema por las fuerzas de un huracán.
- Cuáles podrían ser las consecuencias de un huracán respecto al funcionamiento del sistema y para los usuarios.

CUALES SON LAS REDES DE LINEAS DE SERVICIOS VITALES:

Red de carreteras, incluyendo caminos, puentes, cortes y muros de contención, pasos a desnivel, obras de drenaje.

Sistemas de agua potable, incluyendo tomas en superficie, pozos, tubería, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento o reservorios, troncales, y red de distribución.

Sistemas de electricidad, incluyendo planta generadora, líneas de transmisión, subestaciones, transformadores, y red de distribución.

Telecomunicaciones, incluyendo estación terrena, intercambios, torres de transmisión de microondas, cables aéreos y subterráneos, y redes abiertas de líneas de distribución.

Sistemas de sanidad, incluyendo red de colectores, planta de tratamiento y de alcantarillados, servicios higiénicos públicos, recolección de residuos sólidos y su tratamiento.

CUALES SON LAS INSTALACIONES CRITICAS:

Hospitales, centros de salud, colegios, iglesias.

Estaciones de bomberos, estaciones de policía, centros comunitarios, albergues, y otros edificios públicos en los cuales se encuentran las funciones vitales que tienen un rol en las emergencias.

3. Verificación de la vulnerabilidad de líneas de servicios vitales e instalaciones mediante la inspección de campo e investigación

La vulnerabilidad de edificios y de elementos de la infraestructura se determinará primero por su ubicación respecto a las áreas propensas al peligro. Las mareas de tormentas y la acción de las olas pueden causar daños severos en áreas sobre el litoral o a terrenos bajos en la costa; las lluvias fuertes que acompañan a los huracanes pueden causar inundaciones súbitas o inundaciones a lo largo de los canales de los ríos y en áreas bajas; la lluvia también puede causar deslizamientos de tierra y flujos de lodo sobre pendientes fuertes y taludes inestables en las carreteras; y las estructuras en áreas expuestas como quebradas y acantilados, son particularmente vulnerables a daños de vientos.

Las áreas expuestas a peligros deben ser sistemáticamente identificadas y ubicadas sobre el mapa de líneas de servicios vitales y de instalaciones críticas, para mostrar donde pueden ser especialmente vulnerables las redes de servicios vitales y las instalaciones críticas.

El siguiente paso consiste en la inspección visual y la observación de todos los elementos importantes de la infraestructura y de las instalaciones críticas. Se deben anotar los detalles de la ubicación y construcción que puedan afectar la vulnerabilidad, y registrar la información en una hoja junto con una breve descripción del daño que podría ocurrir.

4. Establecimiento de una relación positiva de trabajo con instituciones y empresas que operan la infraestructura y los servicios de la comunidad

Una vez que los líderes de la comunidad han recolectado una buena cantidad de información, se debe organizar una serie de consultas con los ingenieros o administradores responsables de cada una de las líneas de servicios vitales e instalaciones críticas de la población, o con sus representantes locales, y se debe realizar una mayor elaboración de la información colectada hasta ese momento.

APRENDIENDO DE DESASTRES ANTERIORES

Se puede obtener información muy valiosa sobre la vulnerabilidad de pequeños pueblos y aldeas estudiando la historia local de los daños causados por los huracanes. Esto se logra mediante entrevistas a los residentes más antiguos en la comunidad, funcionarios públicos jubilados de oficinas de obras públicas familiarizados con el área, y otros informantes, revisando archivos y periódicos y documentos, y por cualquier otro medio apropiado en cada situación.

La información debe ser organizada por evento, y en cada evento por los elementos de la infraestructura afectados. Los daños que resultaron del impacto particular deben ser brevemente descritos. Se debe hacer un esfuerzo para obtener por lo menos los siguientes datos:

a. El EVENTO

- fecha de ocurrencia
- duración
- áreas afectadas
- medidas de fuerza (velocidad del viento, altura de aguas de inundación),
- otras características que distinguen este evento de otros

b. El ELEMENTO específico que fue afectado:

- clase y tipo de elemento
- características físicas
- cualquier información sobre la causa de la vulnerabilidad del elemento en ese momento -por ejemplo, mal estado de reparación o acumulación de derrubio.

c. El DAÑO que fue causado:

- descripción cuantitativa y cualitativa de los daños físicos directos
- descripción de daños indirectos, tales como la pérdida de funciones, interrupción de servicios, pérdidas de empleos

Tales consultas son una oportunidad para que los líderes comunales aprendan sobre el mantenimiento y las políticas de reparación de emergencia que practican en sus respectivos asentamientos las diferentes entidades y compañías de servicios públicos, para conocer a los funcionarios responsables de ejecutar las reparaciones de emergencia, y para aprender como contactarlos bajo circunstancias normales así como durante emergencias.

Los contactos entre representantes de las agencias y los líderes de la comunidad son de gran ayuda para explorar la coincidencia de intereses entre los residentes por un lado, y entre las entidades y empresas de servicios por el otro. La comunidad puede recibir mejores servicios a menor costo de las entidades responsables, mediante la participación organizada de manera efectiva de los residentes en tareas tales como el monitoreo del estado de reparación de la infraestructura o en mantener la limpieza de los sistemas de drenaje. Se debe alentar, donde sea posible, la contratación de trabajadores o de pequeñas firmas del propio asentamiento para ejecutar algunas de estas tareas de las empresas.

5. Desarrollo de la comprensión del riesgo en su totalidad por parte de la comunidad

Para que tenga algún significado, la visión del riesgo que representan los huracanes a un determinado asentamiento, debe incluir la perspectiva de la población y de sus actividades económicas. En una visión así integrada, la vulnerabilidad obviamente es más que la suma de las deficiencias técnicas experimentadas por las estructuras o equipos ante fuerzas naturales excesivas. La tradicional organización sectorial del sistema público es una base pobre para el análisis integrado de la vulnerabilidad, pues tiende a dejar de lado la dependencia e interacción entre los diferentes sistemas de la infraestructura, que frecuentemente son los principales determinantes de la vulnerabilidad de una sociedad.

Tendrá que considerarse las diferentes partes de la información recolectada hasta el momento, para lograr un entendimiento cabal del riesgo total al cual está expuesto el asentamiento humano, y de las variaciones de este riesgo dentro del asentamiento de acuerdo con la ubicación y vulnerabilidad de elementos específicos de la infraestructura. Las siguientes técnicas pueden resultar útiles para este ejercicio.

INVOLUCRAR A LA COMUNIDAD EN LA REDUCCION DE LA VULNERABILIDAD

En St. Kitts y Nevis, el Ministerio de Educación, el Ministerio de Obras Públicas, y la Oficina de Preparativos para el Desastre organizaron a los residentes locales para reparar los colegios con los materiales donados por la USAID. Los escolares se beneficiaron de locales más seguros y más funcionales, mientras que la comunidad en su totalidad se benefició con albergues más seguros contra huracanes, una función que los locales escolares en toda la isla asumen automáticamente durante la temporada de huracanes.

EJEMPLOS PARA LA ACCION COMUNITARIA

Las contribuciones que pueden hacer las comunidades locales para reducir la vulnerabilidad de los servicios básicos son típicamente no estructurales, y están diseñadas alrededor del monitoreo y mantenimiento rutinario. Algunos ejemplos:

- Evitar eliminar la basura en quebradas o ríos, especialmente objetos grandes tales como llantas, ramas de árboles y artefactos. Estas tienden a acumularse cerca de los puentes y de las compuertas, formando obstáculos para el flujo normal del agua.
- No cortar la vegetación natural de los bordes de los ríos y quebradas, ni de los taludes, para evitar la erosión acelerada de los bordes.
- Mantener limpio de limo y de Otros objetos el drenaje al costado de los caminos; dar atención especial a los cruces de las alcantarillas.
- No retirar la arena ni las piedras de las playas.
- Mantener las ramas colgantes alejadas de las líneas de electricidad y telefónicas.

No entrometerse con postes de electricidad/teléfono; reportar cualquier señal visible de deterioro de los postes o sus amarres.

- Informar sobre señas visibles de deterioro de edificios públicos, dando especial atención a los techos y ventanas.

- No interferir con las tomas de agua; informar sobre excesiva sedimentación u obstrucciones.

- Crear una imagen visual

Toda la información anteriormente recomendada es colocada sobre un mapa base del asentamiento a escala grande, directamente sobre el mismo mapa, con transparencias de acetato o en unas cuantas copias diferentes. El número final de mapas depende de la escala del mapa base y de la complejidad de la información.

Los mapas van a resaltar los lugares donde pueden ocurrir los eventos peligrosos, quien está expuesto a los riesgos, que funciones son amenazadas, donde se podrán experimentar daños directos, y cuál es el nivel del riesgo.

- Crear escenarios de impactos

Con la ayuda de los mapas se puede aprender mucho del riesgo al cual está sujeta una comunidad, formulando escenarios realistas del impacto de un huracán al asentamiento y simulando las consecuencias para la población, las líneas de servicios vitales y las instalaciones críticas.

Estos escenarios pueden ser revisados con los diferentes grupos de la comunidad. La discusión de diferentes escenarios crea un trasfondo perfecto contra el cual se puede comenzar a pensar acerca de lo que puede hacer la comunidad para reducir el riesgo, que es después de todo el propósito de ese ejercicio.

6. formulación de una estrategia de mitigación

La culminación de todos los esfuerzos invertidos en el análisis de la vulnerabilidad y evaluación de riesgo, es la formulación de una estrategia para introducir medidas apropiadas de mitigación que respondan a las prioridades de la comunidad.

Es importante que los líderes de la comunidad den preferente atención a la identificación de medidas realistas de mitigación y que propongan una estrategia de implementación simple. Debe evitarse la trampa común de identificar medidas que requieren financiamiento significativo, concentrándose en las medidas no estructurales. Entre las medidas que deben ser enfatizadas están aquellas que pueden ser integradas en el mantenimiento rutinario o en la actualización de la infraestructura; en el evitamiento de la degradación ambiental que puede disminuir la capacidad protectora natural de recursos tales como dunas de arena, manglares y otra cobertura vegetativa natural; y la prevención mediante una adecuada planificación y diseño de nuevas inversiones.

También es importante establecer el rol de los diferentes niveles de gobierno y de las agencias del país en la implementación de una estrategia de mitigación. El rango de acciones bajo el control de una pequeña comunidad, obviamente, es bastante limitado y depende del grado de autonomía del gobierno local, el nivel de los recursos que controla, y los conocimientos expertos que es capaz de movilizar.

Referencias

- American Meteorological Society. Proceedings of the 17th Conference on Hurricane and Tropical Meteorology, April 7-10, 1987 (Miami, Florida: American Meteorological Society, 1988).
- Bacon, P. Assessment of the Economic Impacts of Hurricane Gilbert on Coastal and Marine Resources in Jamaica. UNEP Regional Seas Reports and Studies, no. 110 (Kingston, Jamaica, 1989).
- Bender, S. "Disaster Prevention and Mitigation in Latin America and the Caribbean" in Colloquium on Disasters, Sustainability and Development: A Look to the 1990's. The Environment Department and the Human Resources Development Division of the World Bank (Washington, D.C.: The World Bank, 1989).
- Cambers, G. UNESCO Regional Office for Science and Technology for Latin America and the Caribbean. An Overview of Coastal Zone Management in Six East Caribbean Islands: Grenada, St. Vincent, St. Lucia, Dominica, St. Kitts, Antigua, East Caribbean Erosion Coasts and Beaches in the Caribbean Islands (Montevideo: COMAR-COSALC. 1985).
- Caribbean Disaster News (St. John's, Antigua: UNDRO/PCDPPP). June 1989: "Telecommunications: The Experience of Hurricane Gilbert." September/December 1988, No. 15/16: "Lessons from Recent Events: Hurricane Gilbert," "Gilbert in the Caribbean," "Gilbert Smashes Jamaica," and "Hurricane Joan."
- Collymore, J. Planning Hurricane Mitigation for Caribbean Agriculture (unpublished paper) (Blacksburg, Virginia: Virginia Polytechnic Institute, 1987).
- Commonwealth Science Council. Coastal Zone Management of the Caribbean Region: A Status Report. Environmental Planning Programme Coastal Zone Management of Tropical Islands (1987).
- Davenport, A.G., Georgiou, P.N., and Surry, D. A Hurricane Wind Risk Study in the Eastern Caribbean, Jamaica and Belize with Special Consideration to the Influence of the Topography (London, Ontario, Canada: The University of Western Ontario. 1985).
- Earthscan Press Briefing Document no. 34a (Washington, D.C.: Earthscan Washington Bureau, 1983).
- ECLAC/UNEP. Natural Disasters Overview. Meeting of Government-Nominated Experts to Review the Draft Action Plan for the Wider Caribbean Region, Caracas, Venezuela, 28 January - 1 February, 1979 (Caracas: ECLAC/UNEP, 1979).
- ESCAP/WMO. Guidelines for Disaster Prevention and Preparedness in Tropical Cyclone Areas (Geneva and Bangkok: ESCAP/WHO/LRLS, 1977).
- Frank, N. Testimony before U.S. House of Representatives on August 9, 1984 in Congressional Record (Washington D.C., 1984).
- Goldberg, S., Sim, A., and Kohler, R. "An Updated Fine-Grid Version of the Operational Barotropic Hurricane Track Prediction Model" in Proceedings of the 17th Conference on Hurricane and Tropical Meteorology, April 7-10, 1987 (Miami, Florida: American Meteorological Society, 1988).
- Inter-American Development Bank Newsletter, June, 1989. "Emergency Plan for the Yucatan"

(Washington, D.C.: Inter-American Development Bank, 1989).

Jarrell, J. Topic 9.3 Probability Forecasting in Rapporteur Report of WMO/CAS International Workshop on Tropical Cyclones.

Landsberg, H. "Do Tropical Storms Play a Role in Weather Balance of the Northern Hemisphere?" in *Journal of Geophysical Research*, vol. 65, no. 4 (1960).

Mathur, M. "Development of the NMC'S High Resolution Hurricane Model" in Proceedings of the 17th Conference on Hurricane and Tropical Meteorology, April 7-10, 1987 (Miami, Florida: American Meteorological Society, 1987).

Maul, G. Implication of Sea Level Rise in the Wider Caribbean Region (Washington, D.C.: The World Bank, 1988).

National Oceanographic and Atmospheric Agency. National Hurricane Operations Plan (Washington D.C.: U.S. Department of Commerce, NOAA, 1977).

Storm Surge and Hurricane Safety with North Atlantic Tracking Chart (Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, NOAA).

Neumann, C.J., et al. Tropical Cyclones of the North Atlantic Ocean, 1871-1986 (Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, NOAA, 1987).

Office of Foreign Disaster Assistance, U.S. Agency for International Development. Disaster History: Significant Data on Major Disasters Worldwide, 1900-Present (Washington, D.C.: OFDA/USAID, 1989).

Planning Institute of Jamaica. Economic and Social Assessment of the Impact of Hurricane Gilbert (Kingston: Planning Institute of Jamaica, 1989).

Ralph M. Field Associates. Natural Hazard Mitigation: A Recommended Strategy for Jamaica (February, 1984).

Tomblin, J. "Natural Disasters in the Caribbean: A Review of Hazards and Vulnerability" in Caribbean Disaster Preparedness Seminar, Saint Lucia, June, 1979 (Washington, D.C.: OFDA/USAID, 1979).

- "Earthquakes, Volcanoes and Hurricanes: A Review of Natural Hazards and Vulnerability in the West Indies" in *Ambio*, vol. 10, no. 6 (1981).

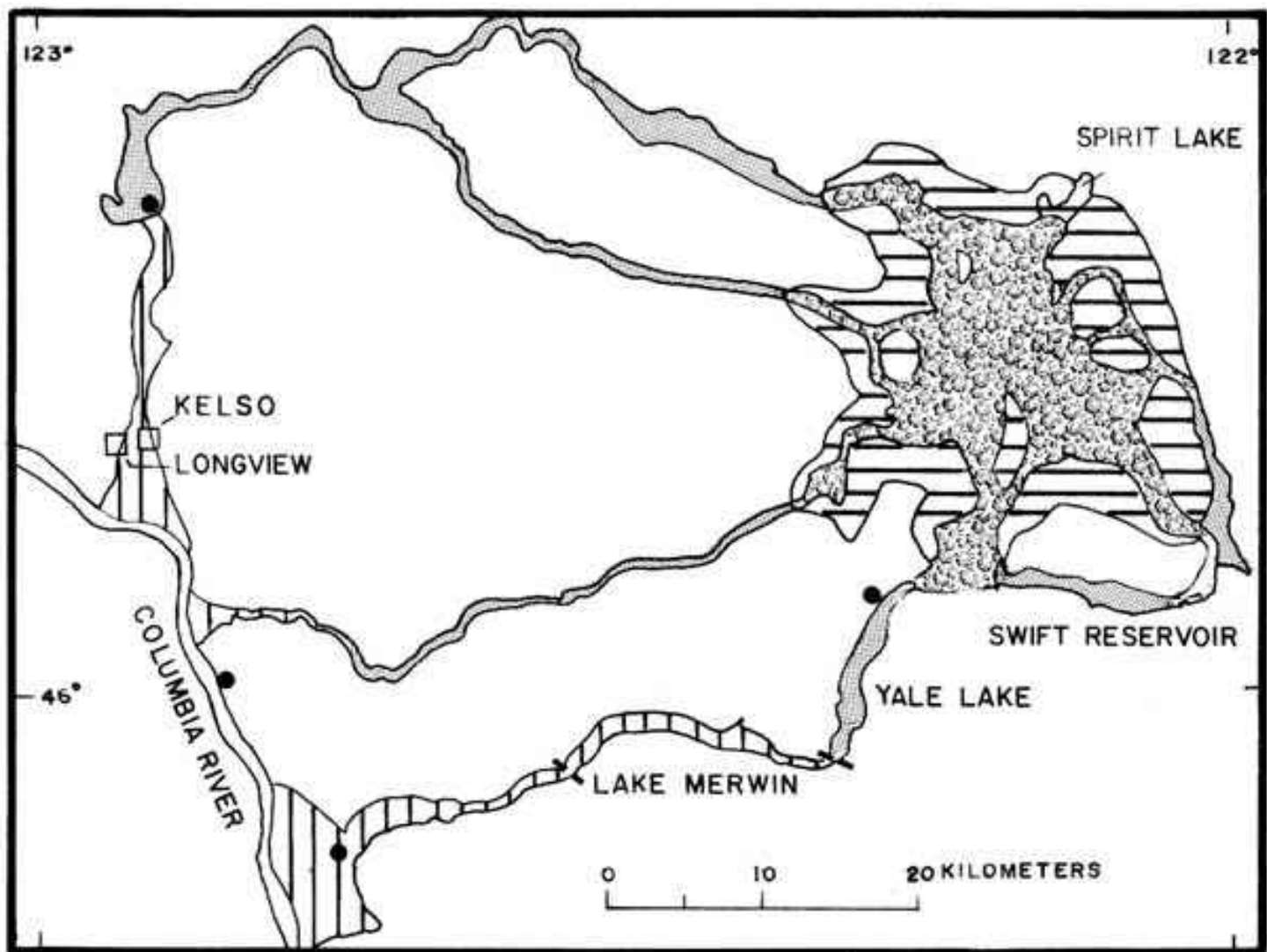
United Nations Disaster Relief Office. Disaster Prevention and Mitigation: A Compendium of Current Knowledge, vol. 4, Meteorological Aspects (New York, United Nations, 1978).

UNDRO News. April, 1989. "Hurricanes Gilbert and Joan: Implications for the Caribbean Housing Sector" (Geneva: UNDRO, 1989).

Wilches-Chaux, G. Desastres, Ecologismo y Formación Profesional (Popayán, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje, 1989).



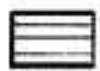
últimos 50 años.



Flujos de lava, flujos piroclásticos, flujos de lodo, inundaciones



Flujos de lodo e inundaciones



Nubes de cenizas asociadas con flujos piroclásticos



Inundaciones

Comunidad ●

Presa --

	Ubicación		Fecha de la última erupción (2)	Efectos				Peligros volcánicos			Volcán		Comentarios
	latitud	longitud		Fatl (3)	Prop (4)	Expl (5)	Pyro (6)	PhEx (7)	Lava (8)	Mdfil (9)	VEI (10)	Ni (11)	
Mexico													
Picos Pinacate	31.75N	113.50 O	Holoceno										
Campo volcánico San Quintín	30.48N	116.03 O	Holoceno										
Isla San Luis	29.97N	114.43 O	Holoceno										
Campo volcánico Jaraquay	29.33N	114.50 O	Holoceno										
Isla Tortuga	27.39N	111.86 O	Holoceno										
VOLCAN DE LAS TRES VIRGENES	27.47N	112.58 O	1857?										
BARCENA (ISLA REVILLAGIGEDO)	19.27N	110.80 O	1952			x	x		x			2	
SOCORRO (ISLA REVILLAGIGEDO)	18.75N	110.95 O	1951					x				2	
VOLCAN CEBORUCO	21.15N	104.50 O	1870			x	x		x			3	
Brenal	24.15N	104.45 O	Holoceno										
SANGANGUEY	21.45N	104.98 O											
COLIMA, y el VOLCANCITO	19.42N	103.72 O	1977	x	x	x	x	x				1-4	
CAMPO VOLCANICO PARICUTIN	19.48N	102.25	1943	x	x	x			x			3	
Jorullo	19.03N	101.67 O	1759	x	x	x			x	x		4	
Campo volcánico Zacapu	19.80N	101.80 O	Incierto										
Valle de Santiago	20.38N	101.22 O	Holoceno			x			x				
Sin nombre	19.10N	099.50 O	Holoceno			x			x			4	
Xitli	19.08N	099.22 O	Holoceno						x			0?	
Sierra del Chichinautzin	19.08N	099.13 O											
Sierra Santa Catarina	19.20N	098.97 O	Holoceno										
Cerro Gordo	19.75N	098.82 O	Holoceno										
Sierra de los Pitos	19.92N	098.73 O	Holoceno										
POPOCATEPETL	19.02N	098.62 O	1943			x						1-3	
PICO DE ORIZABA	19.03N	097.28 O	1987			x			x			3	
VOLCAN DE SAN MARTIN	18.58N	095.17 O	1938			x			x			2-4	
Lago Catemaco	18.42N	095.07 O	Incierto										
Volcán Santa Marta	18.30N	095.00 O	Holoceno										
EL CHICHON	17.33N	093.20 O	1985										
TACANA	15.13N	092.10 O	1878?									1	En la frontera de Guatemala. Amenaza de erupción en 1985 y 1986.
Guatemala													
TAJUMULCO	15.043N	091.898 O	1863?			x						2	
Siete Orejas	14.82N	091.62 O	Holoceno										
SANTA MARITA	14.758N	091.548 O	1990	x	x	x	x		x	x		2-6	VEI muy alto. Incluye el domo Santiaguito (Flanco SO Santa María)

	Ubicación		Fecha de la última erupción (2)	Efectos				Peligros volcánicos			Volcán		Comentarios
	latitud	longitud		Fatl (3)	Prop (4)	Expl (5)	Pyro (6)	PhEx (7)	Lava (8)	Mdfi (9)	VEI (10)	Ni (11)	
Guatemala (continuación)													
CERRO QUEMADO	14.798N	091.52 O	1823?		x	x				x		2	
Cerro de Oro	14.88N	091.52 O	Holoceno										
ATITLAN	14.589N	091.182 O	1858?		x	x				x		2-3	
Tolimán	14.614N	091.117 O	Holoceno										
ACATENANGO	14.503	090.873 O	1972			x		x				1-3	
FUEGO	14.482N	090.882 O	1977	x	x	x	x			x	x	0-4	
Agua	14.47N	090.742 O	Holoceno										
PACAYA	14.38N	090.603 O	1989		x	x				x		0-3	
13 volcanes menores al este de Ciudad de Guatemala	14.83n	090.45 O											
El Salvador													
Campo Geotermal Ahuachapán	13.90N	089.82 O	1990	x	x	x							
3 volcanes menores	13.90- 14.27N	089.47- 089.77 O	Holoceno										
SANTA ANA	13.859n	089.630 O	1920		x	x						2-3	
IZALCO	13.815N	089.636 O	1966	x	x	x	x			x		0-3	
SAN MARCELINO	13.807N	089.577 O	1722		x					x		0	
Caldera Coatepeque	13.87N	089.55 O	Holoceno										
SAN SALVADOR	13.738N	089.288 O	1917	x	x	x				x		0-4	
Guazapa	13.90N	089.12 O	Holoceno										
ILOPANGO	13.672N	089.053 O	1879	x	x	x	x			x		3-6?	VEI muy alto
6 volcanes menores alrededor de San Vicente	13.42- 13.738N	088.32- 088.852 O	Holoceno										
SAN MIGUEL	13.437N	088.272 O	1976		x	x		x		x		1-3	
Conchagua	13.227N	087.853 O	Incierto										
CONCHAGUITA	13.22n	087.765 O	1892			x						2	
Nicaragua													
COSIGUINA	12.98N	087.57 O	1852		x	x	x					2-5	VEI muy alto
SAN CRISTOBAL	12.70N	087.00 O	1977			x			x			1-3	
Casita	12.70N	086.97 O	1550										
TELICA	12.80N	086.85 O	1976			x			x	x		1-3	
Rota	12.55N	086.75 O	Holoceno										
CERRO NEGRO	12.50N	086.70 O	1971		x	x				x	x	1-3	
LAS PILAS	12.50N	086.68 O	1954			x			x			1	
MOMOTOMBO	12.42N	086.68 O	1905		x	x				x		2-3	
Apoyeque	12.242N	086.342 O	Holoceno										
MAGAYA MUNICIPIO SANTIAGO	11.88-	088.45 O	1871										

MASATA, NINDIRI, SANTIAGO
Y SAN PEDRO

11,750

USD, 15 0

1974

X

X

X

0-3

	Ubicación		Fecha de la última erupción (2)	Efectos			Peligros volcánicos			Volcán		Comentarios
	latitud	longitud		Fatl (3)	Prop (4)	Expl (5)	Pyro (6)	PhEx (7)	Lava (8)	Mdfi (9)	VEI (10)	
Nicaragua (continuación)												
Apoyo	11.92N	086.03 O	Holoceno									
MOMBACHO	11.83N	085.98 O	1850?			x					2-3	
Isla Zapatera	11.73N	085.82 O	Holoceno									
CONCEPCION	11.53N	085.62 O	1978			x			x		2	
La Madera	11.45N	085.52 O	Incierto									
3 volcanes menores	12.30-12.53N	085.73-086.138 O	Holoceno									
Costa Rica												
OROSI	10.98N	085.47 O	1849			x					2	
RINCON DE LA VIEJA	10.83N	085.33O	1970		x	x			x		2-3	
Miravalles	10.75N	085.15 O	Holoceno									
Tenorio	10.67N	085.02 O	Incierto									
ARENAL	10.47N	084.73 O	1968	x	x	x	x	x	x	x	3-4	
Cerro Poco Sol	10.320N	084.660 O	Incierto									
Cerro Platanar	10.299N	084.366 O	Holoceno									
POAS	10.20N	084.22 O	1980			x			x		1-3	
BARBA	10.13N	084.08 O	1867			x					2	
IRAZU	09.98N	083.85 O	1974	x	x	x			x	x	1-3	
TURRIALBA	10.03N	083.77 O	1866			x					2-3	
Honduras												
Lago Yojoa	14.98N	087.98 O	Holoceno									
Isla Utila	16.10N	086.90 O	Holoceno									
Panamá												
Barú	08.80N	086.90 O	Holoceno									
Colombia												
RUIZ	04.88N	075.37 O	1985	x	x	x			x	x	2-4	2
Mesa Nevada de Herveo	05.30N	075.47 O	Holoceno									
TOLIMA	04.65N	075.37 O	1943			x					2	1
Machín	04.15N	075.37 O	Holoceno									
Huila	03.00N	075.98 O	Holoceno									
PURACE	02.37N	076.38 O	1977	x	x	x			x	x	2-4	3
Sotara	02.22N	076.62 O	Holoceno									
Petacas	01.57N	076.78 O	Incierto									
DOÑA JUANA	01.52N	076.93 O	1897	x		x	x		x	x	4	4

GALERAS

01.22N

077.30 O

1974

x

x

2-4

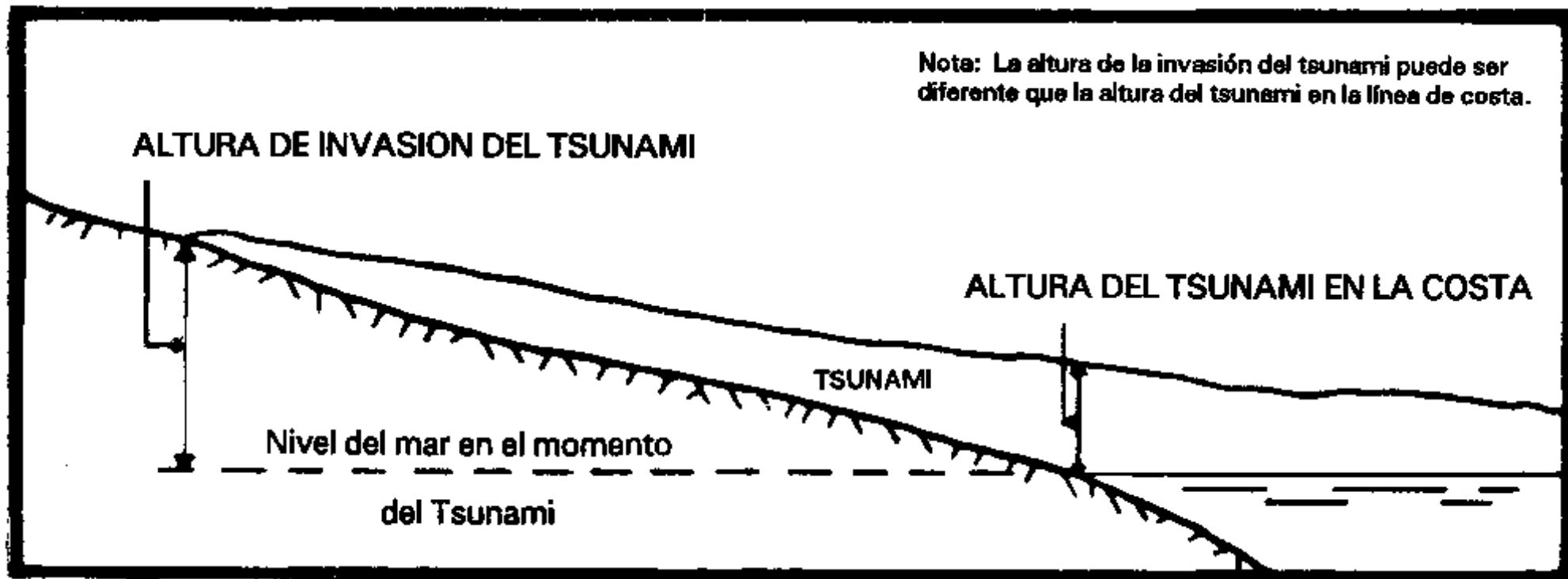
5

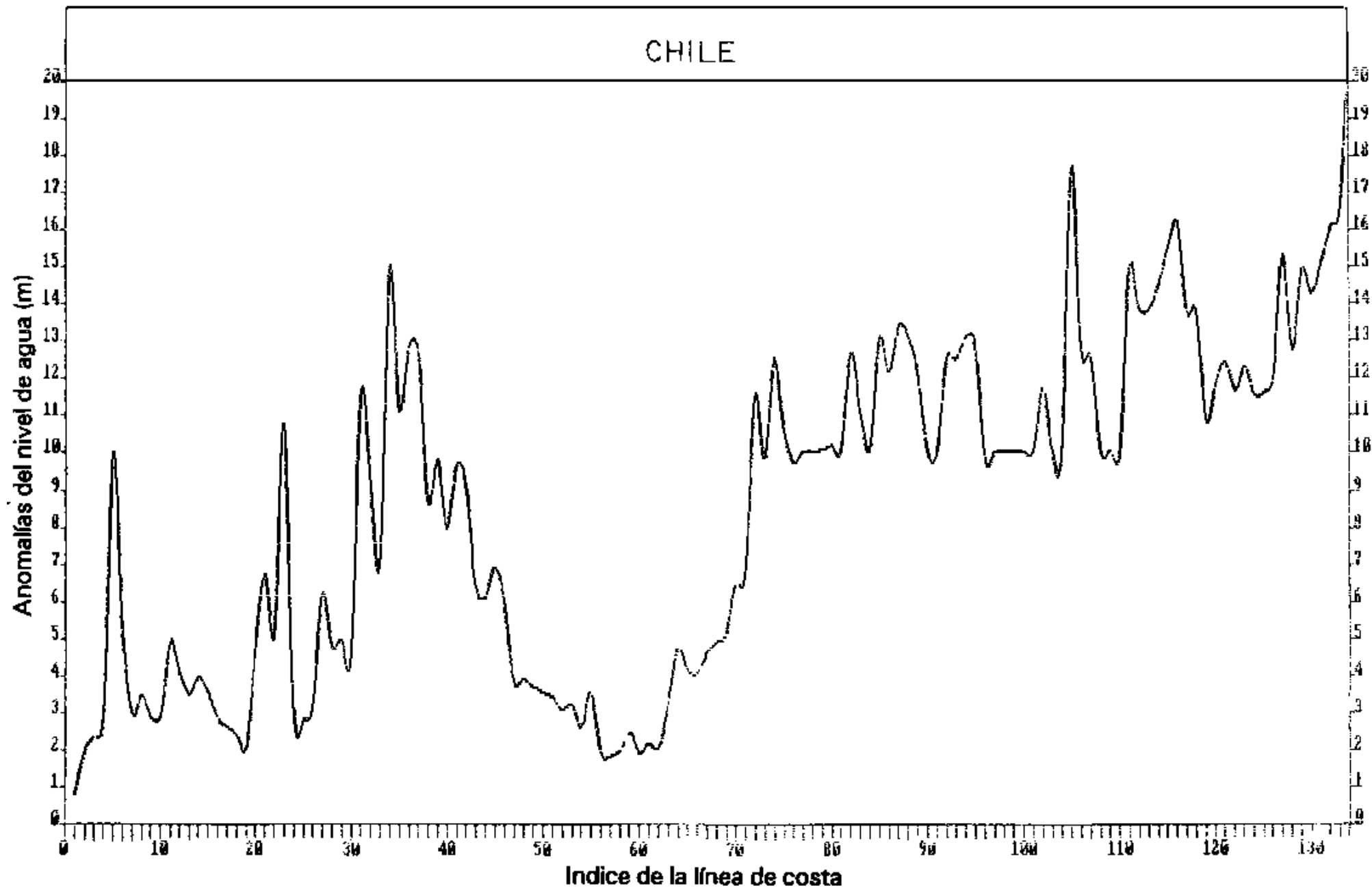
	Ubicación		Fecha de la ultima erupcion (2)	Efectos			Peligros volcánicos			Volcán		Comentarios	
	latitud	longitud		Fall (3)	Prop (4)	Expl (5)	Pyro (6)	PhEx (7)	Lava (8)	Mdfi (9)	VEI (10)		Ni (11)
Ecuador													
REVENTADOR	00.08S	077.67 O	1976			x	x		x	x	2-3	8	
Cuicocha	00.30N	078.37 O	Holoceno										
Pululagua	00.05N	078.48 O	Holoceno			x	x						
GUAGUA PICHINCHA	00.17S	078.60 O	1881			x	x				2-4	9	
ANTISANA	00.48S	078.13 O	1801			x			x		0-2	10	
SUMACO	00.57S	077.65 O	1933?			x					2-3?	11	
COTOPAXI	00.65S	078.43 O	1942	x	x	x	x		x	x	0-4	12	
QUILOTOA	00.85S	078.90 O	1759?			x					2-4?	13	
TUNGURAHUA	1.47S	078.45 O	1944		x	x	x	x	x	x	2-4	14	
SANGAY	02.03S	078.33 O	1876	x	x	x	x		x		2-3+	15	
FERNANDINA (GALAPAGOS)	00.37S	091.55 O	1978			x		x	x		0-4		
6 VOLCANES EN LA ISLA ISABELA	00.58N- 00.88S	089.50- 090.77 O	Holoceno- 1958								0		
Perú													
4 volcanes menores	14.37- 15.80S	071.17- 072.70 O	1990		x	x	x		x				Volcán Sabancaya
EL MISTI	16.302S	071.414 O	1870?		x	x				x	2-3	16	
UBINAS	16.355S	070.903 O	1969		X	X					2-3?	17	
HUAYNAPUTINA	16.584S	070.97 O	1667	X	X	X	X			X	2-4	18	
Ticsani	16.77S	070.60 O	Holoceno										
TUTUPACA	17.025S	070.358 O	1902			x					2-3	19	
Yucamani	17.18S	070.20 O	1787									20	
Norte de Chile y Bolivia													
Nevado Chupiquina	17.67S	069.80 O	Holoceno										
Tacora	17.72S	069.78 O	Holoceno										
6 volcanes menores	17.82- 18.42S	068.53- 069.80 O	Holoceno										Frontera Chile-Bolivia
GUALLATIRI	18.42S	069.10 O	1960			x					2	21	
6 volcanes menores	18.38- 19.15S	068.08- 069.47 O	Holoceno										Frontera Chile-Bolivia
ISLUGA	19.15S	068.83 O	1960		x	x			x		2	22	
11 VOLCANES MENORES	20.73- 21.78S	068.50- 068.47 O	Holoceno- 1865										Frontera Chile-Bolivia; Una erupción en 1965. El volcán No. 23 es uno de estos 11 volcanes

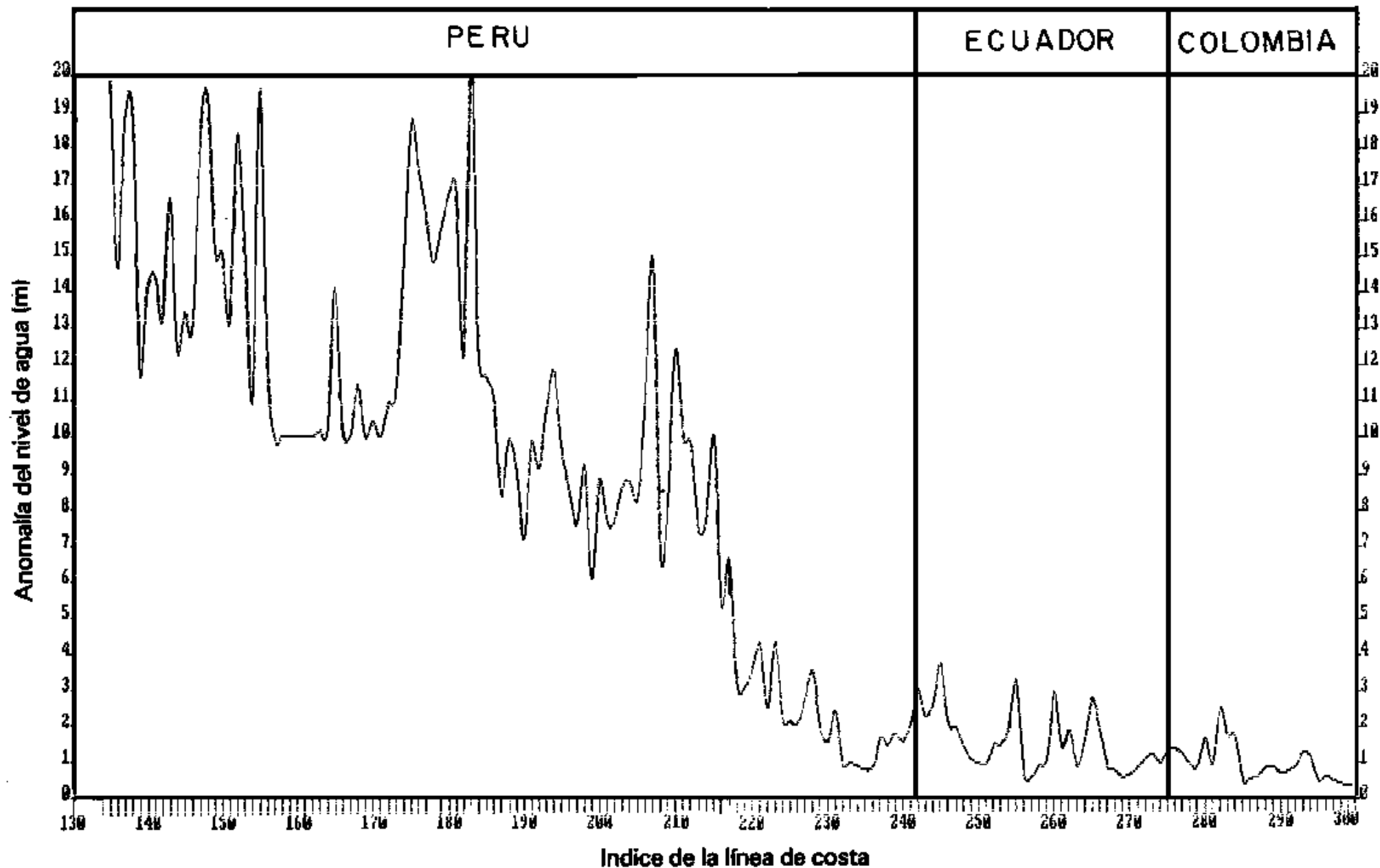
	Ubicación		Fecha de la última erupción (2)	Efectos			Peligros volcánicos			Volcán		Comentarios	
	latitud	longitud		Fatl (3)	Prop (4)	Expl (5)	Pyro (6)	PhEx (7)	Lava (8)	Mdfi (9)	VEI (10)		Ni (11)
<u>Norte de Chile y Bolivia (continuación)</u>													
SAN PEDRO	21.88S	068.40 O	1960?		x	x					2	24	Frontera Chile-Bolivia; Uno erupción en 1972. El volcán No. 25 es uno de estos 11 volcanes.
11 VOLCANES MENORES	21.92-23.13S	067.18-068.23 O	Holoceno-1972										
LASCAR	23.37S	067.73 O	1986							2-3	26	Frontera Chile Argentina	
5 volcanes menores	23.58-24.45S	067.53-068.57 O	Holoceno			x							
LLULAILLACO	24.72S	068.55 O	1877			x			x	0-2	27	Frontera Chile-Argentina. El volcán No. 28 es uno de estos cuatro volcanes.	
4 volcanes menores	25.17-27.32S	067.88-069.13 O	Holoceno										
<u>Centro y Sur de Chile, Argentina</u>													
TUPUNGATITO	33.40S	069.80 O	1980						x	2	29	Frontera Chile-Argentina. Actividad fumarólica posterior.	
SAN JOSE	33.80S	069.92 O	1985							2	30		
MAIPO	34.17S	069.87 O	1912?			x					31	Frontera Chile-Argentina	
TINGUIRIRICA	34.82S	070.35 O	1917								32	Frontera Chile-Argentina	
PETEROA	35.25S	070.57 O	1967			x			x	1-4	33		
DESCABEZADO GRANDE	35.58S	070.75 O	1932			x				2	34	VEI muy alto	
CERRO AZUL	35.67S	070.77 O	1967			x			x	2-5	35		
Laguna del Maule	36.02S	070.58 O	Holoceno										
NEVADOS DE CHILLAN	36.87S	071.38 O	1973			x			x	1-3	36	Frontera Chile-Argentina	
ANTUCO	37.40S	071.37 O	1972			x			x	0-2	37		
CALLAQUI	37.92 S	071.42 O	1850?								38		
Copahues	37.85S	071.17 O	1750?			x						39	
LONQUIMAY	38.37S	071.58 O	1889			x			x	0-2	40	Frontera Chile-Argentina	
LLAIMA	38.70S	071.70 O	1979		x	x			x	2-4?	41		
VILLARRICA	39.42S	071.95 O	1980	x	x	x	x		x	2-3	42	Frontera Chile-Argentina	
Quetrupillán	39.48S	071.70 O	Holoceno										
RINIHUE (o CHOSHUENCO MOCHO)	39.93S	072.03 O	1864			x				2	43, 44	Frontera Chile-Argentina	
NILAHUE	40.35S	072.07 O	1979	x	x	x			x	2-4	45		
Volcán Casablanca	40.75S	072.20 O	Holoceno								46		
PUYEHUE	40.57s	072.10 o	1960			x			x	3-4	47	Frontera Chile-Argentina	
CERRO PUNTIAGUDO	40.95S	072.27 O	1930?										
OSORNO	41.10S	072.50 O	1869			x			x	0-2	48	Frontera Chile-Argentina	
CALBUCO	41.32S	072.60 O	1961		x	x		x	x	1-2	49		
Cayute-La Viguera	41.98S	072.27 O	Holoceno										

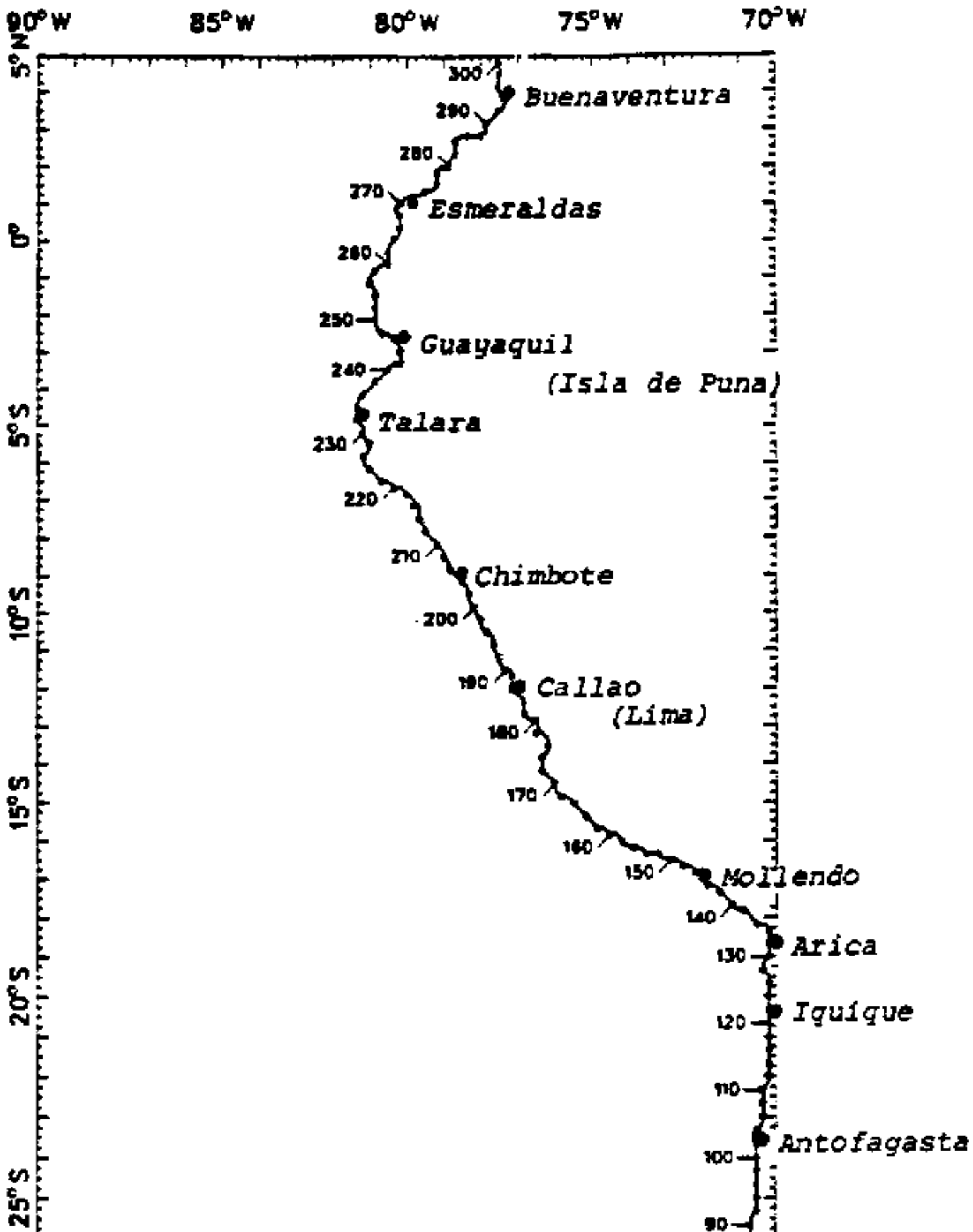
	Ubicación		Fecha de la última erupción (2)	Efectos			Peligros volcánicos				Volcán		Comentarios
	latitud	longitud		Fatl (3)	Prop (4)	Expl (5)	Pyro (6)	PhEx (7)	Lava (8)	Mdfi (9)	VEI (10)	Ni (11)	
HUEQUI	42.37S	072.58 O	1920?			x			x		0-2	50	
MINCHINMAVIDA	42.78S	072.43 O	1835						x		2	51	
CORCOVADO	43.18S	072.80 O	1835			x					2		
Maca	45.10S	073.20 O	Holoceno									52	
MONTE HUDSON	46.17S	072.92 O	1971	x	x	x				x	3	53	
LAUTARO	49.02S	073.55 O	1961			x					1-2	54	
MONTE BURNEY	52.33S	073.40 O	1910			x					2	55	
Campo volcánico Palei-Aike	52.15S	069.95 O	Holoceno			x			x				
<u>Indias Occidentales</u>													
<u>Saba (Caribe)</u>													
La Montaña	17.63N	063.23 O	Holoceno										
<u>St. Eustatius</u>													
The Quill	17.48N	062.95 O	Holoceno										
<u>St. Kitts and Nevis</u>													
MONTE MISERIA (ST. KITTS)	17.37N	062.80 O	1843?			x		x					
Pico Nevis (Nevis)	17.15N	062.58 O	Holoceno										
<u>Montserrat</u>													
Soufriere Hills	16.72N	062.18 O	Holoceno			x							
<u>Guadalupe</u>													
SOUFRIERE DE LA GUADELOUPE	16.05N	061.67 O	1976			x	x	x		x		1-3	
<u>Dominica</u>													
Mome au Diable	15.62N	061.45 O	Holoceno										
Mome Diablotins	15.50N	061.42 O	Holoceno										
MICOTRIN	15.33N	061.33 O	1880					x			3		
Mome Patates	15.22N	061.37 O	Holoceno										
<u>Martinica</u>													
MONTE PELEE	14.82N	061.17 O	1929	x	x	x	x	x	x	x		3-4	
<u>St. Lucia</u>													
Quiliber (Soufriere)	13.83N	061.05 O	1776					x			1		

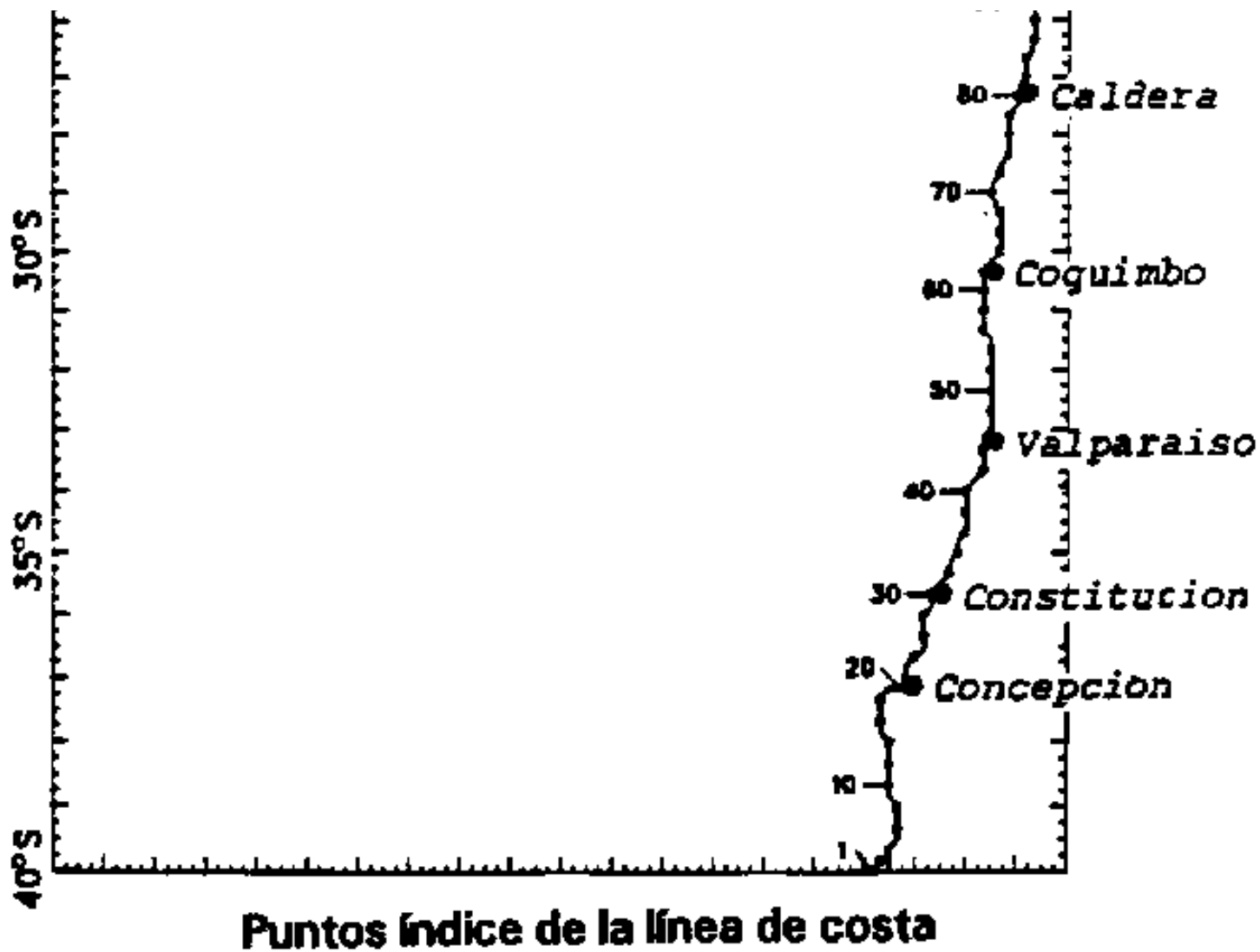
	Ubicación		Fecha de la última erupción (2)	Efectos			Peligros volcánicos			Volcán		Comentarios
	latitud	longitud		Fatl (3)	Prop (4)	Expl (5)	Pyro (6)	PhEx (7)	Lava (8)	Mdfj (9)	VEI (10)	
<u>St. Vincent</u>												
SOUFRIERE	13.33N	061.18 O	1979	x	x	x	x	x	x	x	0-4	
<u>Grenada</u>												
KICK-EM-JENNY (submarino)	12.30N	061.63 O	1977								0	













A. Tipos y nivel de detalle de la información sobre peligros naturales

[1. Mapas de recursos naturales](#)

[2. Mapas relacionados con peligros](#)

[3. Mapas de referencia para la evaluación de vulnerabilidad y riesgo](#)

La mayor parte de la información que se usa en las evaluaciones de los peligros naturales es generada por tres redes principales: centros de investigación y monitoreo de desastres naturales internacionales, nacionales y universidades; entidades para el manejo de desastres; y agencias de planeamiento multisectoriales y sectoriales, ministerios y entidades de servicios públicos. Mientras algo de la información puede aparecer en el lenguaje científico o como datos estadísticos el resto, fácilmente utilizable, se puede encontrar en forma de mapas, informes, artículos de periódicos y revistas, actas de las reuniones o en los talleres relacionados con los peligros, reseñas históricas, etc. Los usuarios de la información sobre peligros incluyen muchas agencias dentro de la comunidad regional, nacional e internacional, muchas de las cuales también son productoras importantes de información. Se muestran ejemplos de usuarios potenciales en la Figura A-1. Las fuentes de información específica sobre cada peligro natural discutido en este estudio - huracanes, inundaciones, sequías, desertificación, terremotos, deslizamientos de tierra, y volcanes - están identificados en los capítulos individuales sobre estos peligros.

El análisis de la ubicación, frecuencia y severidad de un peligro puede requerir más de un tipo de información. Además de la información sobre los peligros mismos, el planificador necesitará información sobre vulnerabilidad (el grado del riesgo que un individuo, una comunidad o una región sufra un súbito y grave desastre por causa de un evento natural extremo) y riesgo (la cuantificación estimada de pérdidas en términos de víctimas y daños materiales debido a un fenómeno natural). En el Capítulo 1 se ofrecen definiciones más precisas de estos términos.

La información sobre peligros naturales puede ser obtenida de mapas y estudios de los peligros mismos y también de mapas y estudios de los recursos naturales, de poblaciones e infraestructura. El análisis de vulnerabilidad y riesgo requiere de múltiples fuentes. Mientras que todos los tipos de mapas y estudios mencionados son importantes, no es necesario recolectarlos todos. La regla principal es que el equipo de planificación debe recolectar sólo aquella información que se necesita para dar respuesta a las preguntas que surgen del desarrollo.

1. Mapas de recursos naturales

a. Mapas climáticos

La información sobre una amplia variedad de factores climáticos (incluyendo cambios, observaciones extremas, y probabilidades) se pueden obtener en la forma de mapas, informes, y estadísticas. Los factores incluyen precipitación, temperatura, evapotranspiración, viento (velocidad y dirección), nubosidad y humedad relativa.

b. Mapas geológicos

Estos mapas muestran la distribución, composición, estructura y edad de las unidades de roca que constituyen la cimentación para todas las actividades humanas en el área de estudio. Son útiles para determinar la ubicación de los depósitos de minerales y de materiales de construcción, la estabilidad y capacidad de soporte (y así la conformidad de un lugar para grandes estructuras de ingeniería), los materiales padre para la información de suelos, la capacidad para almacenar y entregar agua subterránea, y la posibilidad de licuefacción. Las fallas a gran escala y pliegues asociados con los terremotos, y la información sobre la edad y composición de las rocas volcánicas que facilita el análisis de los peligros volcánicos. Los mapas regionales tectónicos a pequeña escala muestran la relativa estabilidad de grandes placas corticales e indican zonas de colisión entre placas, que son foco de intensa actividad volcánica y sísmica.

c. Mapas hidrológicos

Los mapas de hidrología de superficie indican los embalses de agua naturales y los hechos por el hombre y pueden mostrar el flujo de ríos (volumen, variaciones estacionales) y áreas irrigadas. Los mapas de aguas subterráneas muestran la ubicación y probabilidad de acuíferos, pozos de agua, calidad de agua subterránea, etc. Estos mapas pueden ser importantes en la evaluación del potencial para inundaciones y sequías, y también tienen un rol en el análisis de vulnerabilidad. Ayudan al planificador a identificar cambios en las llanuras de inundación y áreas de inundaciones recurrentes.

d. Mapas geomorfológicos o de formas de terreno

Estos mapas describen las formas fisiográficas de una área (p.e., montañas, mesetas, mesas, dorsales, piedemonte, valles), frecuentemente relacionando la forma con su origen geológico (p.e., una dorsal anticlinal, terrenos altos volcánicos, valles aluviales). Así, proporcionan la base para una interpretación integral de los suelos, del potencial de uso de tierras y de la propensión a los deslizamientos de tierras. Los mapas morfológicos son importantes para los planificadores porque describen el molde del terreno indicando, por ejemplo, cómo las fuerzas naturales de la erosión han trabajado para el establecimiento de pendientes que son relativamente estables. También pueden reflejar el impacto de los cambios hechos por el hombre. Cuando el desarrollo causa un desbalance del equilibrio de una pendiente estable, las fuerzas naturales inmediatamente comienzan a restaurar ese equilibrio. El uso más importante de estos mapas para el manejo de los peligros naturales es que los usuarios pueden identificar los suelos potencialmente inestables.

e. Mapas de zonas de vida

Los mapas de zonas de vida, también llamados mapas ecológicos, usan una combinación de

precipitación, temperatura y evapotranspiración para delinear las zonas de vida o zonas ecológicas. La literatura sobre zonas de vida indica la vegetación natural y los cultivos y pastos adecuados para cada zona. Estos mapas son importantes al planificador para el desarrollo y tienen una aplicabilidad limitada para el análisis de peligros.

f. Mapas de suelos

Dos diferentes tipos de mapas de suelos proporcionan a los planificadores valiosa información: los mapas de suelos agrícolas y los mapas de suelos de ingeniería. Los primeros pueden ser clasificados como mapas básicos y mapas interpretativos. Los mapas básicos, referentes a la clasificación de unidades de suelo, muestran las unidades para la cartografía de suelos, generalmente tipos de suelos y fases, y proporcionan información sobre cada unidad que usualmente incluye el material padre, la composición química, la textura, la capacidad para retener humedad, la pendiente, el drenaje, y las limitaciones para fines agrícolas a niveles específicos de manejo. Una amplia variedad de mapas interpretativos puede ser preparada de los mapas de clasificación de suelos, sobre temas que incluyen la clasificación del terreno, su disposición para irrigación, proclividad a la erosión y resistencia al tráfico.

Los mapas de suelos para ingeniería muestran la capacidad de sustentación de los suelos. También muestran la cohesión y resistencia de las unidades de suelos que pueden afectar la gradiente de la pendiente, la estabilidad y la licuefacción. Los mapas de suelos para ingeniería puede reflejar el impacto de cambios sobre la conformación del suelo.

g. Mapas topográficos

Estos mapas proporcionan información sobre elevaciones, relieves, patrones de drenaje y culturas de una área. Son esenciales para los análisis de vulnerabilidad y riesgo que involucran peligros tales como vientos fuertes, inundaciones, erosión, terremotos, deslizamientos de tierra y actividad volcánica. El detalle de la información depende de la escala del mapa. Frecuentemente se han usado mapas topográficos como los mapas base sobre los cuales se pueden elaborar una variedad de mapas temáticos. Las características que se muestran en los mapas topográficos pueden ser agrupadas bajo los siguientes encabezamientos:

- La hidrografía, o sean las características acuáticas (lagunas, ríos, lagos, etc.).
- La hipsografía, o sea el relieve de formas en superficie (colinas, valles, llanuras, etc.; y la elevación sobre el nivel del mar por medio de curvas de nivel).
- Los rasgos culturales construidos por humanos (poblaciones, caminos, canales, líneas de transmisión, etc.).

2. Mapas relacionados con peligros

a. Mapas batimétricos

Estos mapas muestran la profundidad y pendiente del fondo marino cerca de la costa y se usan para evaluar los impactos potenciales de mareas de tormenta y mareas sobre áreas costeras. Por ejemplo, las secciones del fondo marino con pendientes suaves cerca de la línea de costa, pueden facilitar la invasión de mareas de tormenta bajo ciertas condiciones de mareas y tiempo.

b. Mapas de desertificación

Estos mapas identifican áreas que actual o potencialmente están expuestas a desertificación.

c. Mapas de epicentros

Estos mapas muestran la ubicación de los epicentros sísmicos. Usualmente proporcionan la fecha y profundidad de un epicentro y la magnitud del sismo en cuestión.

d. Mapas de fallas

Estos mapas, que muestran la ubicación de los principales sistemas de fallas geológicas y las características geológicas asociadas, son usados para identificar la ubicación de los terremotos y las zonas del movimiento del terreno.

e. Mapas de inundaciones súbitas

Estos mapas contienen información sobre áreas históricamente afectadas por inundaciones súbitas. Demarcan las áreas afectadas tradicionalmente e identifican las llanuras de inundación.

f. Mapas de llanuras de inundación

Estos mapas muestran los ríos, canales, y los suelos que son susceptibles a inundaciones. Pueden incluir información sobre inundaciones históricas y también pueden demarcar las llanuras de inundación y los cambios en el transcurso del tiempo.

g. Mapas de deslizamientos de tierra

Estos mapas muestran las áreas donde han ocurrido deslizamientos. También pueden incluir áreas potenciales de deslizamientos en base a la información geológica/hidrológica o a cambios relacionados con anterior desarrollo. Para estos propósitos pueden ilustrar la estabilidad de la pendiente, la gradiente y los niveles de absorción de humedad, y el impacto de los cambios inducidos por el desarrollo, la cohesión y la socavación de los suelos.

h. Mapas de máximas intensidades observadas

Estos mapas indican zonas donde los daños de los terremotos durante cientos de años pueden ser observados o inferidos.

i. Mapas sismotectónicos

Estos mapas limitan las zonas sísmicas y trazan líneas de las principales dislocaciones y de las fracturas secundarias. Incluyen información sobre el movimiento tectónico observado.

j. Mapas de mareas de tormentas

Estos mapas contienen información sobre la altura de anteriores mareas de tormentas. También pueden proporcionar información sobre los daños por erosión y estructurales causados por las tormentas en las áreas costeras.

k. Mapas de volcanes

Estos mapas identifican la ubicación de los volcanes y las zonas en las que se puede observar los daños

de la actividad volcánica.

1. Mapas de tormentas de viento

Estos mapas incluyen información sobre la dirección y velocidad del viento de anteriores huracanes. También pueden proporcionar información sobre daños estructurales y daños a postes o al sector agrícola, causados por anteriores tormentas.

3. Mapas de referencia para la evaluación de vulnerabilidad y riesgo

a. Mapas de estructuras construidas

Estos mapas ilustran la distribución de las construcciones en el área de estudio. Usualmente están basados en datos recolectados de los estudios de ingeniería, directorios locales, mapas de uso de tierras, inventario de propiedades, y de los censos. Pueden estar limitados a los edificios mismos, o pueden ser extendidos a otras características significativas tales como edad, función, forma arquitectónica y significado histórico o cultural. En algunos casos proporcionan información de ingeniería tal como la distribución y grosor de formaciones subyacentes; las pendientes y su estabilidad, patrones de drenaje, permeabilidad, y profundidad de la napa freática; susceptibilidad a heladas; estabilidad durante terremotos; características de la excavación; adecuabilidad para cimientos, explanadas y relleno; y características de compactación.

b. Mapas catastrales

Estos mapas definen el área y los límites de la propiedad. Frecuentemente se encuentran a escalas mayores que las que se necesitan para la planificación general regional para el desarrollo; son excelentes para el manejo de peligros debido a su precisión y detalle, especialmente de los elementos de líneas de servicios vitales y otros rasgos culturales.

c. Mapas demográficos

Se pueden encontrar con frecuencia los mapas con información sobre aspectos sencillos o múltiples demográficos de una área, usualmente basados en datos del censo. Como regla, debido a los problemas de representación, se muestran sólo ciertas categorías de información. La información sobre estadísticas vitales se encuentra más comúnmente en forma tabular.

d. Mapas de drenaje e irrigación

Estos mapas muestran zonas costeras y lacustres y deltas de los ríos donde la inundación, energía hidrológica, y obras de transporte están frecuentemente presentes. Identifican los sistemas naturales de drenaje y las redes que podrían estar amenazadas por inundaciones.

e. Mapas de infraestructura

Estos mapas proporcionan datos esenciales respecto a la ubicación, tipo, y configuración de la infraestructura básica (transporte, comunicaciones, y sistemas de energía) del área. Los mapas de infraestructura de servicios muestran instalaciones de agua potable, sanidad, salud, educación, y

seguridad pública. Los mapas de infraestructura costera muestran las instalaciones portuarias y pueden incluir información sobre mareas históricas y mareas de tormenta. Los mapas de instalaciones críticas muestran estructuras que si fueran dañadas pondrían en peligro la vida humana (p.e., instalaciones químicas, plantas nucleares, presas, y reservorios).

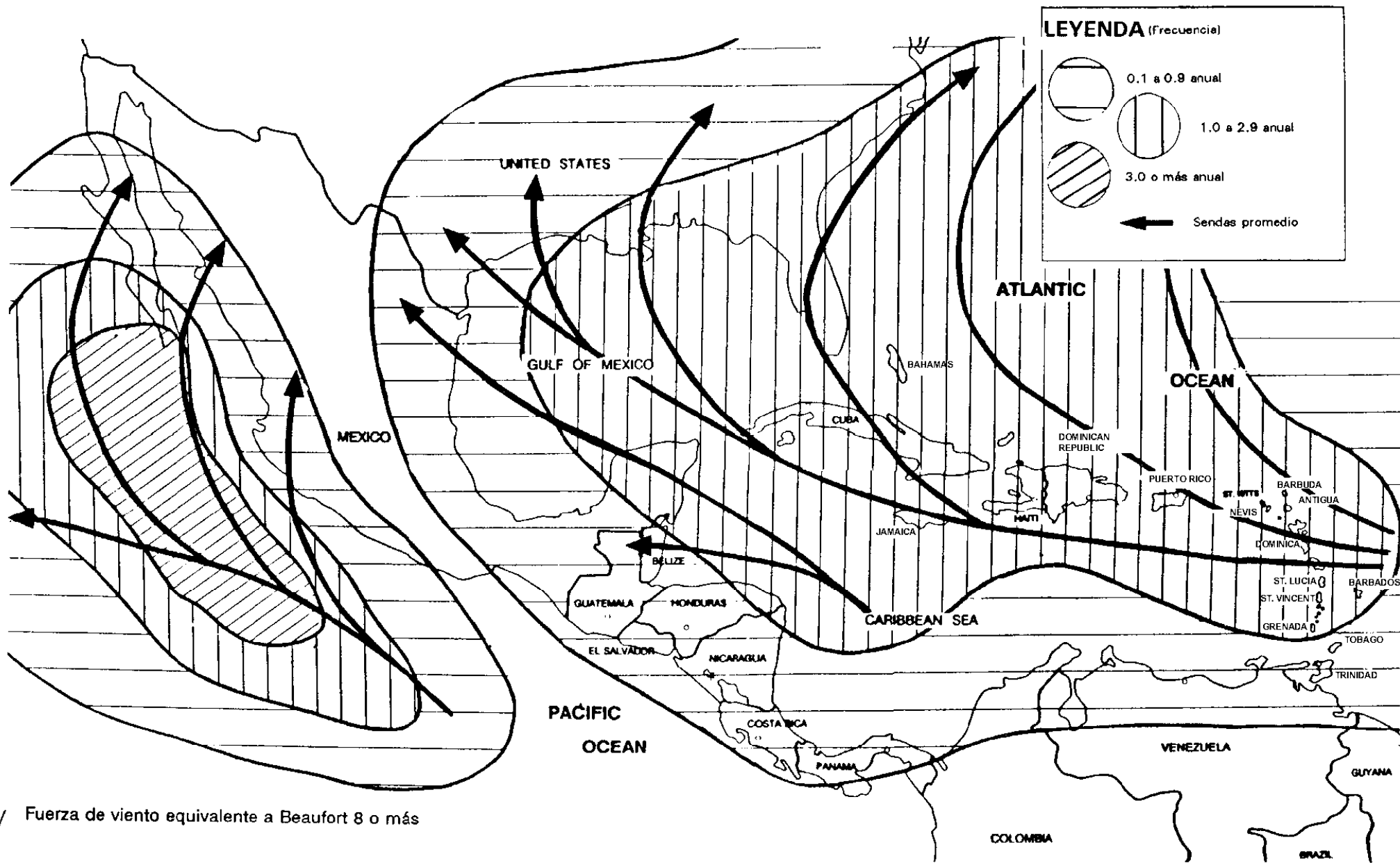
f. Mapas de uso de tierras y vegetación

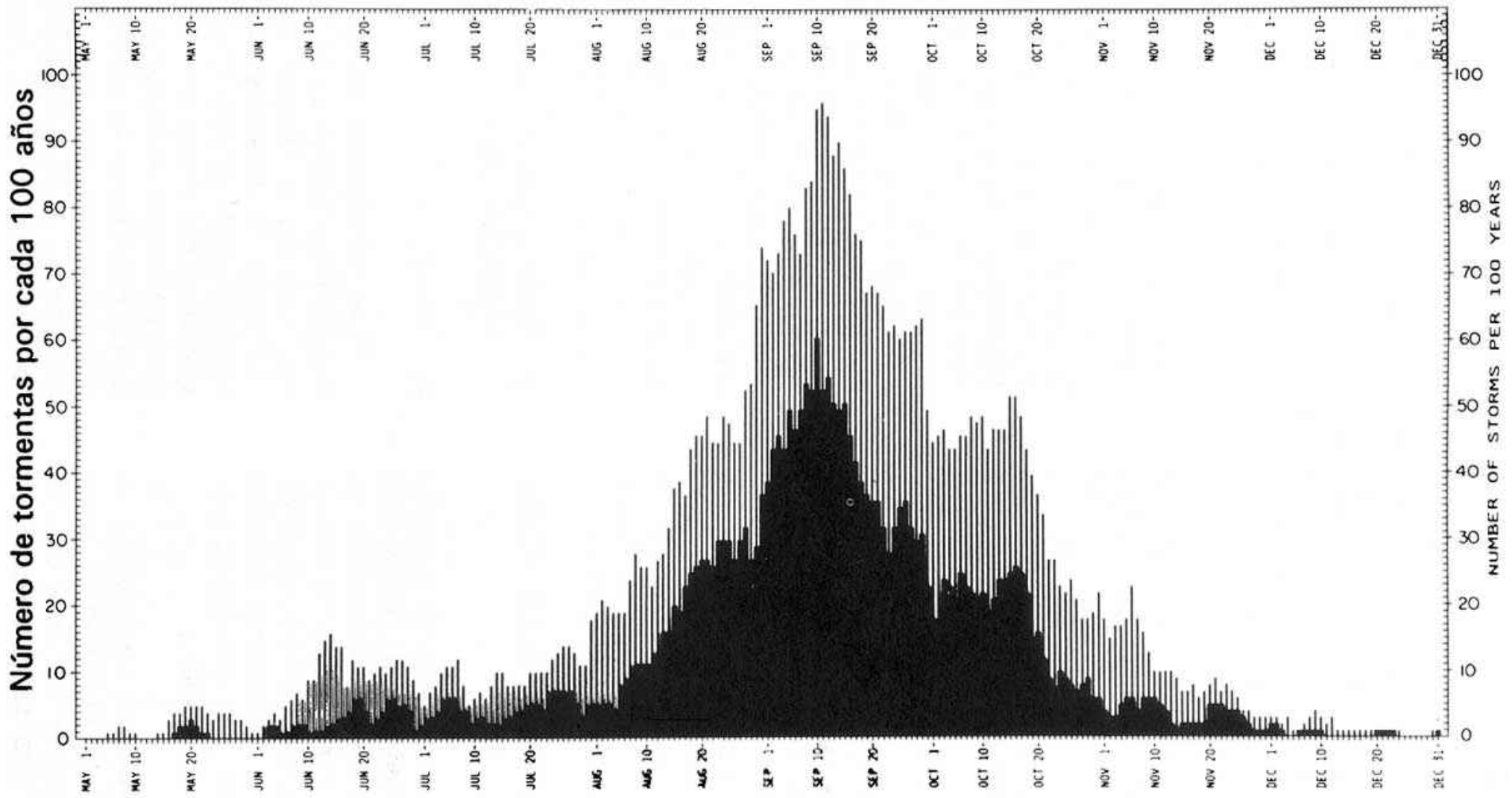
Los mapas de uso de tierras muestran el uso de la tierra por los humanos. Según la escala, pueden indicar varias subdivisiones del uso de los asentamientos, patrones de cosechas, tierras de pastoreo, plantaciones de bosques, etc. Los mapas de vegetación presente (por contraste con mapas teóricos de la vegetación natural potencial) muestran áreas forestales de arbustos y pastizales, y se pueden presentar separadamente o en combinación con mapas de uso de tierras. La descripción de la cobertura del terreno es útil para determinar la evapotranspiración, la tasa de absorción de la precipitación, y el escurrimiento y ayudan al planificador a identificar áreas de estaciones húmedas y secas.

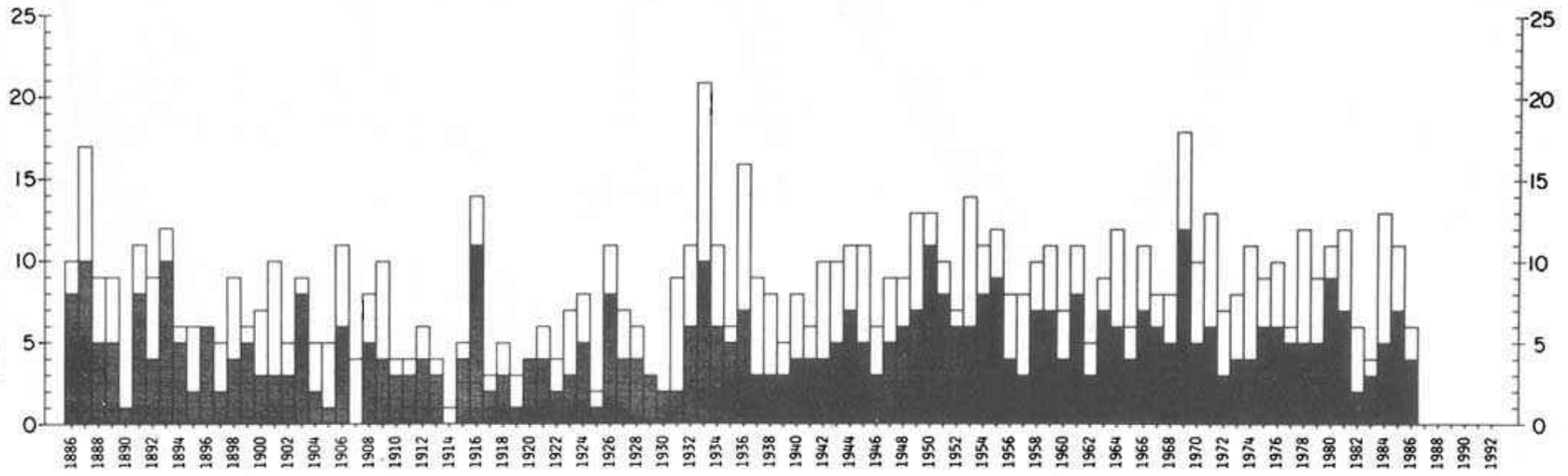
g. Mapas de líneas de servicios vitales e instalaciones críticas

Estos mapas son diseñados para facilitar la respuesta a emergencias, y muestran las instalaciones más importantes necesarias para mantener la salud y la seguridad pública. Además de infraestructura básica, estos mapas muestran sistemas de agua potable y sanidad, estaciones de policía y contra incendios, puestos militares, instalaciones para manejo de emergencias, albergues para emergencias, y servicios médicos.



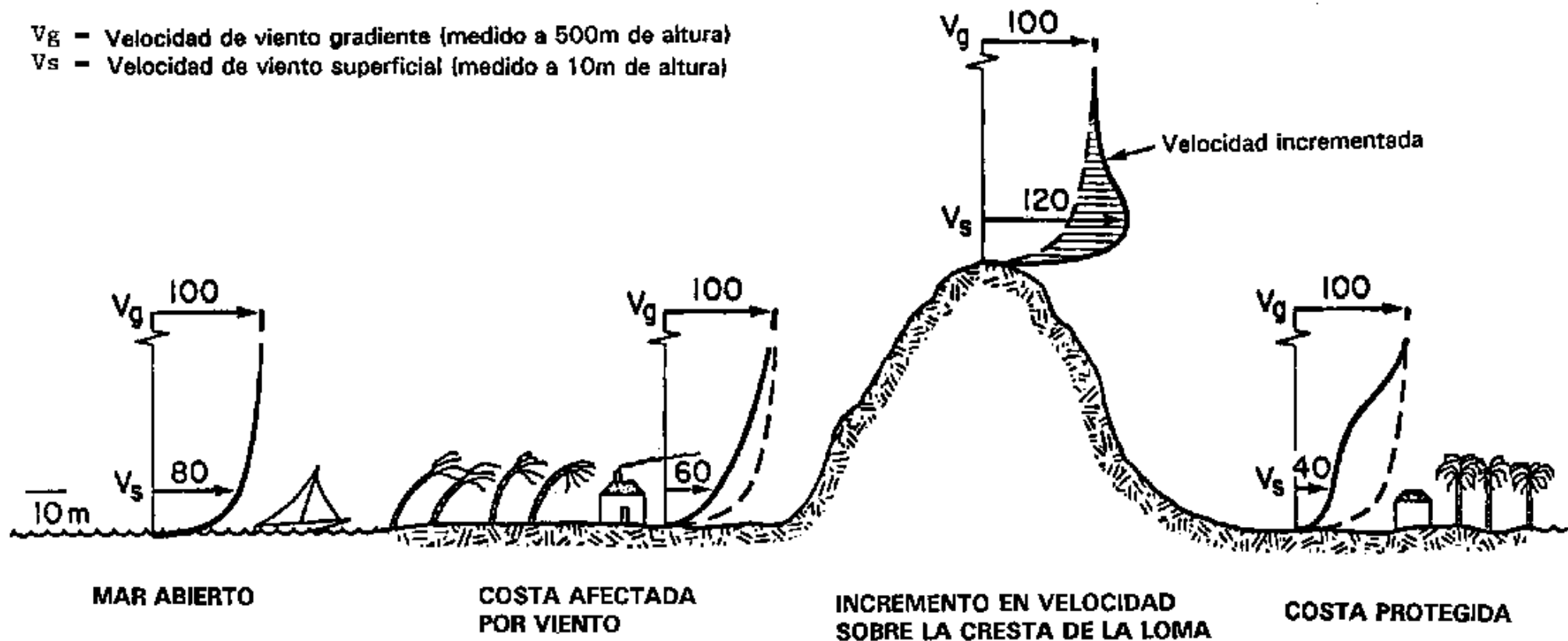






V_g = Velocidad de viento gradiente (medido a 500m de altura)

V_s = Velocidad de viento superficial (medido a 10m de altura)





B. El uso de la información sobre peligros en el proceso de planificación para el desarrollo

- [1. Misión preliminar \(Diseño del Estudio\)](#)
 - [2. Fase I \(diagnóstico del desarrollo\)](#)
 - [3. Fase II \(Formulación del proyecto y preparación del plan sectorial\)](#)
 - [4. Implementación de las recomendaciones del estudio](#)
-

El tipo, nivel de detalle, y escalas de la información sobre peligros que se necesita en cada etapa del proceso de planificación son determinados por los objetivos de esa etapa particular y por la disponibilidad de recursos de información. Mientras que los diferentes contextos de la planificación dictan la necesidad de tipos específicos de información, se pueden ofrecer algunos lineamientos generales.

A medida que emergen las actividades de planificación desde una evaluación general de la base de recursos naturales del área de estudio, hasta la preparación de estrategias de desarrollo y la formulación de proyectos de inversión, la información requerida es cada vez más detallada. La Figura A-2 resume la relación entre evaluaciones de peligros naturales y cada fase del proceso de planificación para el desarrollo.

1. Misión preliminar (Diseño del Estudio)

En la misión preliminar, primera etapa del proceso de planificación del desarrollo, el objetivo primario es identificar los peligros naturales existentes y los eventos naturales potenciales que pueden producir desastres futuros. Una vez que se ha reconocido la existencia de condiciones potencialmente peligrosas o de eventos, se pueden identificar las limitaciones y oportunidades para el futuro desarrollo.

Para este propósito, se debe obtener la información general respecto a la ocurrencia o el potencial para desastres naturales y los fenómenos naturales. La información existente tal como mapas, imágenes de percepción remota, e informes, pueden ser usados para ilustrar las condiciones históricas y actuales. El planificador puede identificar condiciones potencialmente peligrosas y proceder a evaluaciones cualitativas y cuantitativas del probable impacto de los peligros a la base de recursos naturales y al potencial de desarrollo económico, en el área objetivo del desarrollo. La recolección de toda la información existente relacionada con los peligros durante la misión preliminar, proporciona un inventario de lo que está disponible y permite al planificador determinar que más se necesitará para las fases siguientes.

Una lista de los estudios de mapas útiles para una evaluación de peligros en la misión preliminar se presenta en la Figura A-3, junto con el nivel deseable de detalle y escala para cada mapa, que será diferente de acuerdo con el tipo del peligro y el tamaño de la región bajo estudio. En general, los mapas a pequeña escala del orden de 1:1.000.000 son apropiados para el examen de áreas más grandes que 25.000 kilómetros cuadrados; mientras

que los mapas a escala grande, desde 1:10.000 A 1:50.000, son útiles para identificar la presencia de peligros naturales en áreas relativamente pequeñas hasta de 2.500 kilómetros cuadrados.

2. Fase I (diagnóstico del desarrollo)

En las etapas posteriores del proceso de planificación para el desarrollo, el objetivo de recolectar información sobre peligros naturales cambia de una evaluación cualitativa a una cuantitativa: la ubicación, frecuencia, y severidad de ocurrencia de peligros naturales específicos, y la vulnerabilidad de la población y del medio ambiente natural y construido. La información recolectada y generada durante la Misión Preliminar puede ser usada como base para las actividades de la Fase I, los objetivos de la cual son preparar un diagnóstico del desarrollo, formular una estrategia de desarrollo, identificar los proyectos de inversión para el área de estudio, y evaluar las áreas y la vulnerabilidad del proyecto propuesto a los peligros naturales.

El diagnóstico del desarrollo involucra el análisis de la base de recursos, para determinar el potencial del desarrollo y las restricciones - incluyendo los peligros naturales - en el área de estudio. Si existe la información necesaria, debe ser sintetizada en forma adecuada para el estudio de planificación. Donde los datos son limitados estos tendrán que ser complementados con estudios de campo. Este análisis, a su vez, conduce a la identificación de proyectos que van a resolver los problemas o capturar las oportunidades. La información sobre peligros naturales se usa en este momento al seleccionar la ubicación de los proyectos y para su formulación preliminar. Algunos proyectos, tales como la preparación de mapas detallados de zonas de peligros o la modificación de códigos de construcción, pueden estar directamente relacionadas a los peligros naturales.

En áreas ya desarrolladas, la evaluación de peligros se usa para determinar la vulnerabilidad de estructuras vitales humanas tales como redes de líneas de servicios vitales, asentamientos, instalaciones para la producción, infraestructura y otros tipos de actividades. Los mapas de vulnerabilidad, creados integrando la información meteorológica o geológica con información sobre uso humano y ocupación, pueden ser sobrepuestos a mapas sobre líneas de servicios vitales para mostrar las instalaciones críticas, áreas de producción y centros poblados, y para identificar lugares vulnerables. Después que se han evaluado los niveles de vulnerabilidad de redes de líneas de servicios vitales y áreas de actividad humana, se puede elaborar una estrategia de desarrollo orientada a maximizar el potencial de desarrollo y al mismo tiempo reducir la vulnerabilidad a los peligros naturales. Tal estrategia incluye (1) determinar bajo qué circunstancias pueden y deben las actividades de desarrollo alterar los fenómenos naturales, y (2) decidir qué tipos de medidas estructurales y no estructurales de mitigación deben ser ejecutadas como parte del proyecto de desarrollo.

Los tipos específicos de información sobre peligros naturales que se necesitan para la Fase I están enumerados en la Figura A-4. La información sobre vulnerabilidad y riesgo, que tiende a ser similar para las Fases I y II, se muestran en la Figura A-6.

3. Fase II (Formulación del proyecto y preparación del plan sectorial)

La principal actividad de la Fase II es la preparación de un plan de acción y la formulación detallada de los proyectos de inversión que fueron identificados en la Fase I y seleccionados por el gobierno para mayor estudio. Los criterios de riesgo en base al análisis de vulnerabilidad, a las evaluaciones de diferentes peligros, y la vida económica esperada del proyecto de inversión, se pueden usar para distinguir los niveles de riesgo para diferentes actividades de desarrollo y para definir las restricciones asociadas con los proyectos.

Después de que se han determinado niveles aceptables de riesgo, se deben identificar las medidas específicas de mitigación aplicables al peligro específico (ver Capítulos 8, 9, 10, 11, y 12) y se debe formular un plan de preparativos para el desastre, consistente en actividades para minimizar las pérdidas de vidas y de propiedades y para identificar los componentes de la red de líneas de servicios vitales que deben de ser reforzados.

La Figura A-5 presenta un resumen de los requerimientos de información sobre peligros naturales para la Fase II del proceso de planificación y la Figura A-6 muestra la información necesaria para llevar a cabo evaluaciones de vulnerabilidad y de riesgo.

4. Implementación de las recomendaciones del estudio

En la etapa final del proceso de planificación, cuando se implementan los proyectos de desarrollo aprobados, se ejecutan las medidas sobre preparativos y mitigación de desastres identificadas en la Fase II. Las actividades específicas de preparativos deben ser diseñadas para actividades de desarrollo que no están sujetas a reducciones importantes en los niveles de vulnerabilidad. Además de estas medidas, los peligros identificados deben de ser monitoreados para dar una alerta temprana, y se deben llevar a cabo seminarios e intercambios de información sobre preparativos.

Figura A-1

EJEMPLOS DE USUARIOS POTENCIALES DE INFORMACION SOBRE PELIGROS

Usuarios del desarrollo e inversiones

- Donantes de capital
- Inversionistas de capital
- Agencias de asistencia del
- Aseguradores y reaseguradores
- Equipos de misión preliminar
- Firmas privadas de consultoría
- Reaseguradores

Usuarios de la comunidad

- Departamentos de construcción, ingeniería, planificación y seguridad
- Agencias de preparativos de desastres
- Distritos de control de inundaciones
- Cuerpos gobernantes
- Oficinas de servicios de emergencia
- Departamento de policía e incendios
- Consejos provinciales y distritales
- Departamento de obras públicas y caminos
- Distritos escolares

Usuarios de gobiernos regionales

- Agencias de construcción, viviendas y desarrollo comunal
- Agencias de protección costera
- Corporaciones de desarrollo departamental
- Agencias de servicios de emergencia
- Legislaturas y comités legislativos

Agencias de planeamiento e investigación
Agencias del transporte, recursos de agua, minería y
Agencias regulatorias de servicios públicos

Usuarios de gobiernos nacionales

Centros de investigación agraria, promoción y desarrollo
Parlamentos y personal parlamentario
Corporaciones de desarrollo
Ministerio de asuntos de políticas económicas
Agencias de manejo de emergencia
Agencias de protección ambiental
Ministerio de Asuntos Extranjeros
Industrias extractivas, da manufactura y de procesamiento
Ministerios o departamentos forestales
Administraciones de servicios generales
Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano
Ministerio de Asentamientos Humanos
Ministerio de Industria y Comercio
Administraciones de seguros
Ministerios de manejo y reclamación de tierras
Cuerpo de ingenieros militares
Institutos nacionales de expansión, colonización y desarrollo
Instituciones de recursos naturales y consejos
Administraciones de océanos y atmósfera
Directorios o agencias de planificación
Comisiones de energía
Institutos de investigación y promoción
Ministerios rurales de agricultura y de ganadería
Institutos de ciencia y tecnología
Ministerios de asuntos de pequeños granjeros
Ministerios de transporte, comunicaciones y obras públicas
Consejos de recursos de agua e institutos

Otros usuarios nacionales

Consejos de tecnología aplicada
Asociaciones de ingeniería geológica
Asociaciones de funcionarios de caminos y transporte
Asociaciones de geólogos estatales
Institutos de investigación de ingeniería sísmica
Conferencias internacionales de funcionarios de la construcción
Asociaciones nacionales de ciudades, condados y estados
Asociaciones nacionales de comisionados de seguros
Institutos nacionales de ciencias de la construcción
Centros de investigación y aplicación sobre peligros naturales
Sociedades profesionales y científicas
Asociaciones de obras públicas
Cruz Roja
Instituciones de investigación

Usuarios internacionales

Centro Interamericano de entrenamiento para la formulación y evaluación de proyectos
 Centro Interamericano para el desarrollo integrado de recursos de tierra y agua
 Centro Interamericano para desarrollo regional
 Banco Interamericano de Desarrollo
 Banco Internacional para la Reconstrucción y el Desarrollo
 Agencias internacionales de asistencia para el desarrollo
 Organización de Estados Americanos
 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
 Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina
 Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
 Agencia para el Desarrollo Internacional y Oficina para
 Asistencia en caso de Desastres en el Extranjero, de los Estados Unidos.

Usuarios públicos y quasi-públicos

Grupos cívicos y voluntarios
 Industria de la comunicación y transporte
 Ciudadanos involucrados
 Empresas de construcción
 Consultores de planificación, geólogos, arquitectos, e ingenieros
 Instituciones de financiamiento de seguros
 Propietarios de tierra y personas dedicadas al desarrollo o varta de bienes raíces
 Asociaciones de ingenieros estructurales
 Departamentos universitarios (incluyendo geografía, geología, ingeniería civil, desarrollo económico, arquitectura, planificación urbana y regional, recursos nacionales, selvicultura y estudios ambientales)
 Empresas de servicios

Figura A-2

RELACIONES ENTRE EVALUACIONES DE PELIGROS NATURALES Y EL PROCESO DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO

FASE	ROL DE LA EVALUACION DEL PELIGRO	
Misión Preliminar	Objetivo relacionado con el peligro:	Recolectar información para establecer la presencia de eventos naturales en el área de estudio y las limitaciones impuestas por los peligros.
	Efectos sobre las actividades de planificación para el desarrollo:	La presencia de peligros indica la necesidad de una mayor evaluación cualitativa y cuantitativa de este efecto potencial sobre el desarrollo.

<p>Fase I: Diagnóstico del desarrollo Formulación de estrategias Identificación del proyecto</p>	<p>Objetivo relacionado con el peligro:</p>	<p>Evaluar aquellos peligros presentes en el área de estudio e identificar los segmentos o elementos críticos existentes de las instalaciones de producción, infraestructura y asentamientos (cartografía de las redes de servicios vitales).</p>
	<p>Para incluir la vulnerabilidad en la determinación de la estrategia potencial del desarrollo (por ejemplo, identificación de llanuras de inundación; áreas de deslizamientos, desertificación incipiente).</p>	
	<p>Para identificar alternativas de medidas de mitigación no estructurales y estructurales en la identificación inicial del proyecto.</p>	
	<p>Efectos sobre las actividades de planificación para el desarrollo:</p>	<p>La presencia de peligros afectará la estrategia en su conjunto. La mitigación de peligros deberá influenciar la identificación de los proyectos sectoriales, particularmente la agricultura y la infraestructura.</p>
<p>La presencia de peligros afectará la identificación, tipo y ubicación de los proyectos de inversión que pueden requerir modificación de la red de líneas de servicios vitales.</p>		
<p>Fase II: Preparación del Plan de Acción y formulación de Proyectos</p>	<p>Objetivo relacionado con peligros:</p>	<p>Para determinar las medidas específicas de mitigación para proyectos de inversión seleccionados e identificar la red de líneas de servicios vitales y actividades sobre preparativos de desastres.</p>
	<p>Efectos sobre las actividades de planificación para el desarrollo:</p>	<p>La presencia de peligros afectará el plan de acción para la implementación de proyectos, la selección específica del sitio para los proyectos de inversión a nivel local, el diseño de ingeniería del proyecto, y la factibilidad económica.</p>
<p>Implementación</p>	<p>Objetivo relacionados con el peligro:</p>	<p>Continuar la implementación de medidas de mitigación y preparativos para el desastre.</p>

	Efectos sobre las actividades de planificación para el desarrollo:	El monitoreo de fenómenos naturales para una alerta temprana contra posibles daños, y la formulación de actividades de evaluaciones de riesgos futuros y de preparativos para el desastre.
--	--	--

Figura A-3**INFORMACION SOBRE PELIGROS NATURALES PARA LA MISION PRELIMINAR^a**

^a Durante la Misión Preliminar, sólo se recolecta y analiza la información existente. No se genera nueva información.

TEMA	TIPO DE INFORMACION	DESCRIPCION DEL MAPA	ESCALA PREFERIDA	RANGO DE ESCALAS
Huracanes	Mapas	Eventos históricos (rutas)	1:1.000.000	1:5.000.000 o más
		Riesgo	1:1.000.000 1:50.000	1:5.000.000 o más
	Estudios	Historia de eventos		(Dado por el estudio)
Inundaciones	Mapas	Drenaje	1:500.000-1:50.000	1:1.000.000 o más
		Llanuras de inundación	1:500.000-1:50.000	1:1.000.000 o más
		Eventos históricos	1:500.000-1:50.000	1:1.000.000 o más
		Inundación relacionada con eventos	1:500.000-1:50.000	1:1.000.000 o más
	Estudios	Eventos históricos		(Dado por el estudio)
Sequía y Desertificación	Mapas	Eventos históricos	1:1.000.000-1:250.000	1:10.000.000 o más
	Estudios	Evaluación de sequías		(Dado por el estudio)
		Evaluación de desertificación		(Dado por el estudio)
		Historia de eventos		(Dado por el estudio)
Información sobre recursos naturales relacionada con los peligros hidrológicos y atmosféricos ^b	Mapas	Zonas de vida (ecología)	1.000.000-1:50.000	1:3.000.000 o más
		Uso de tierras	1.000.000-1:50.000	1:3.000.000 o más
		Capacidad de tierras	1.000.000-1:50.000	1:3.000.000 o más
		Precipitación	1.000.000-1:50.000	1:3.000.000 o más
		Hidrología regional	1.000.000-1:50.000	1:3.000.000 o más
		Clasificación de suelos	1:1.000.000-1:50.000	1:3.000.000 o más
		Topografía	1:1.000.000-1:50.000	1:1.000.000 o más
		Vegetación	1:1.000.000-1:50.000	1:3.000.000 o más
Terremotos y Tsunamis	Mapas	Episcentros	1:2.000.000-1:250.000	1:10.000.000 o más
		Tectónica de placas/fallas	1:1.000.000-1:50.000	1:10.000.000 o más

		Geología regional	1:1.000.000-1:50.000	1:10.000.000 o más
		Riesgo sísmico/Microzonación	1:100.000	1:10.000.000-1:100.000
		Sismicidad		1:10.000.000-1:5.000.000
	Estudios	Catálogos sísmicos		(Dado por el estudio)
		Historia de eventos		(Dado por el estudio)
		Historia de eventos tsunámicos		(Dado por el estudio)
Deslizamientos de Tierra	Mapas	Inventarios de deslizamientos	1:250.000-1:50.000	1:2.000.000 o más
		Zonificación de peligros	1:250.000-1:50.000	1:2.000.000 o más
	Estudios	Historia de eventos		(Dado por el estudio)
Volcanes	Mapas	Caída de cenizas		1:3.000.000 o más
		tectónica de placas/fallas	1:1.000.000	1:10.000.000 o más
		Geología regional	1:1.000.000	1:10.000.000 o más
		Peligro volcánico		1:10.000.000 o más
	Estudios	Catálogo de volcanes activos		(Dado por el estudio)
Historia de eventos			(Dado por el estudio)	
Información de recursos naturales relacionada con peligros geológicos ^b	Mapas	Geología	1:1.000.000-1:50.000	1:3.000.000 ornas
		Topografía	1:1.000.000-1:50.000	1:3.000.000 o más

^b La información típicamente obtenida durante la Misión Preliminar en cualquier caso.

Figura A-4

INFORMACION SOBRE PELIGROS NATURALES PARA LAS ACTIVIDADES DE LA FASE I

TEMA	TIPO DE INFORMACION	DESCRIPCION	ESCALA PREFERIDA DEL MAPA ^a	RANGO DE ESCALAS
Huracanas	Mapas	Batimétrico		1:250.000-1:10.000
		Drenaje e irrigación		1:250.000-1:10.000
		Inundaciones		1:250.000-1:10.000
		Llanuras de inundación para un		1:250.000-1:10.000

B. El uso de la información sobre peligros en el proceso de planificación para el desarrollo

		evento de diseño		
		Eventos históricos (área afectada)		1:500.000-1:50.000
		Mareas de tormentas para un evento de diseño		1:50.000-1:10.000
	Estudios y otra información	Fotografías aéreas		(Dado por el estudio)
		Infraestructura costera		(Dado por el estudio)
		Datos episódicos		(Dado por el estudio)
		Daños del evento		(Dado por el estudio)
		Historia de inundaciones		(Dado por el estudio)
		Informas hidrológicos		(Dado por el estudio)
		Registros meteorológicos		(Dado por el estudio)
		Imágenes de satélites	1:100.000-1:40.000	1:1.000.000-1:40.000
		Tablas de mareas		(Dado por el estudio)
Inundaciones	Mapas	Drenaje e irrigación		1:250.000-1:50.000
		Inundaciones		1:250.000-1:50.000
		Llanuras de inundación para un evento de diseño		1:250.000-1:50.000
	Estudios y otra información	(ver "huracanes" más arriba) Datos de flujo de corrientes		(Dado por el estudio)
Sequía y Desartificación	Mapas	Acuíferos y recarga de áreas de acuíferos		1:250.000-1:50.000
		Inventario de pozos de agua profundos		1:250.000-1:50.000
		Cambio en el uso de tierras		1:250.000-1:50.000
	Estudios y otra información	Fotografías aéreas		1:250.000-1:40.000
		Recarga de acuíferos e informes sobre uso de aguas subterráneas		(Dado por el estudio)
		Datos episódicos		(Dado por el estudio)
		Evaluaciones de daños del evento		(Dado por el estudio)
		Densidad da población humana y animal		(Dado por el estudio)
		Registros meteorológicos		(Dado por el estudio)
		Imágenes de satélites	1:500.000-1:40.000	1:1.000.000-1:40.000

		Velocidad y dirección del viento		(Dado por el estudio)
Información de Recursos naturales relacionada con peligros hidrológicos y atmosféricos	Mapas y estudios conexos	Zonas de vida		1:500.000-1:60.000
		Geología		1:500.000-1:50.000
		Uso de tierras		1:500.000-1:50.000
		Capacidad para uso de tierras		1:500.000-1:50.000
		Precipitación		1:500.000-1:50.000
		Clasificación de suelos		1:500.000-1:20.000
		Topografía		1:500.000-1:20.000
		Vegetación		1:500.000-1:50.000
Terremotos y Tsunamis	Mapas	Epicentros		1:500.000 o más
		Fallas		1:500.000 o más
		Eventos históricos (incluyendo las áreas afectadas por los tsunamis)		1:500.000 o más
		Isosísmicos		1:500.000 o más
		Máxima intensidad observada		1:500.000 o más
		Riesgo sísmico/macrozonificación		1:500.000 o más
		Sismotectónica		1:500.000 o más
	Estudios y otra Información	Informes de diseño de ingeniería sobre proyectos importantes de infraestructura		(Dado por el estudio)
		Evaluación de daños de eventos		(Dado por el estudio)
		Informes deducidos de suelos para identificar formaciones susceptibles a licuefacción y falla de pendientes		(Dado por el estudio)
		Imágenes de satélites	1:500.000-1:40.000	1:1.000.000-1:40.000
		Investigaciones de movimientos fuertes del terreno		(Dado por el estudio)
Volcanes	Mapas	Caídas de cenizas		1:500.000 o más
		Fallas		1:500.000 o más
		Sismotectónica		1:500.000 o más

		Inventario de volcanes		1:500.000 o más
	Estudios y otra Información	Evaluación de daños del evento		(Dado por el estudio)
		Distribución de depósitos de lava y cenizas recientes e históricas		(Dado por el estudio)
		Imágenes de satélites	1:250.000-1:40.000	1:1.000.000-1:40.000
		Investigaciones del monitoreo de actividad volcánica		(Dado por el estudio)
Deslizamientos de tierra	Mapas	Mapa simple de zonificación de peligros	1:50 000 1	:250 000-1:25 000
		Inventario de deslizamientos	1:50000	1:250000-1:25000
	Estudios y otra Información	Historia de eventos e informes de daños		Dado por el estudio)
Información de recursos naturales relacionados con los peligros geológicos ^b	Mapas y estudios conexos	Aspecto		1:250 000-1:25 000
		Geología		1:250000-1:25000
		Geomorfología		1:500 000-1:50000
		Uso de tierras		1:500 000-1:50 000
		Capacidad de tierras		1:500 000-1:50 000
		Pendiente		1:250 000-1:25 000
		Clasificación de suelos		1:500 000-1:50 000
		Topografía		1:500 000-1:50 000
		Vegetación		1:500000-1:50000

^a Información a ser preparada y analizada lo más completamente posible dependiendo de la presencia previamente establecida, del peligro.

^b Información a ser preparada, si no existe ya, como sea requerida por el estudio específico.

^c A no ser que fuera indicado lo contrario, de acuerdo al tamaño del área de estudio.

Figura A-5

INFORMACION SOBRE PELIGROS NATURALES PARA LAS ACTIVIDADES DE LA FASE II^a

^a Información a ser preparada, si no está disponible, lo más completamente posible y analizada. Esto dependerá de las áreas como de mayor potencial para el desarrollo previamente definidas, ubicación de proyectos seleccionados de desarrollo, y la presencia de peligros.

TEMA	TIPO DE INFORMACION	DESCRIPCION ESCALA PREFERIDA DEL MAPA ^a	RANGO DE ESCALAS
Huracanes	Mapas	Batimétrico	1:50 000-1:10 000

		Drenaje de irrigación Inundaciones relacionadas a eventos	1:100 000-1:10 000
		Llanuras de inundación para eventos de diseño	1:100 000-1:10 000
		Eventos históricos (área afectada)	1:100 000-1:2 500
		Evaluaciones de daños estructurales	150000-1:2 500
		Mareas de tormentas para evento de diseño	1:50 000-1:2 500
	Estudios y otra información	(ver "Huracanes" en la Figura A-4)	
Inundaciones	Mapas	Drenaje e irrigación	1:100 000-1:2 500
		Eventos relacionados a inundaciones	1:100 000-1:2 500
		Llanuras de inundación para eventos de diseño	1:100 000-1:2 500
	Estudios y otra información	(ver "huracanes" en la Figura A-4)	
Sequía y Desertificación	Mapas	Acuíferos y áreas de recarga de acuíferos	1:100 000-1:10 000
		Inventario de pozos profundos de agua	1:100 000-1:10 000
		Cambios en el uso de la tierra	1:100 000-1:10 000
Información de Recursos naturales relacionada con los peligros hidrológicos y atmosféricos ^b	Mapas	(ver la información de "Recursos Naturales relacionados con peligros hidrológicos y atmosféricos" en la Figura A-4)	
Terremotos y Tsunamis	Mapas	Epicentros	1:100.000-1:10.000
		Fallas	1:100.000-1:10.000
		Eventos históricos (incluyendo las áreas afectadas por los tsunamis)	1:100.000-1:10.000
		Licuefacción y falla de pendiente	1:100.000-1:10.000
		Riesgo sísmico/microzonificación	1:50.000-1:10.000
		Evaluación de daños estructurales	1:50.000-1:10.000
	Estudios y otra Información	(ver "Terremotos y tsunamis" en la Figura A-4)	
Deslizamientos	Mapas	Mapa de zonificación de peligros intermedio o detallado	1:25.000-1:2.000
		Inventario de deslizamientos	1:25.000-1:2.000

	Estudios y otra información	Historias de eventos e informe de daños	(Dado por el estudio)
Volcanes	Mapas	Caídas de cenizas	1:100.000-1:10.000
		Fallas	1:100.000-1:10.000
		Flujo de lavas	1: 50.000-1:10.000
		Inventario de volcanes	1:100.000-1:10.000
	Estudios y otra Información	(ver "Volcanes" en la Figura A-4)	
Información de recursos naturales relacionada con los peligros geológicos ^b	Mapas	(ver "Información de recursos naturales relacionada con peligros geológicos" en la Figura A-4)	

^b Información a ser preparada, si es que no está disponible, como sea requerida por el estudio específico.

^c A no ser que fuera indicado lo contrario, de acuerdo al tamaño del área de estudio.

Figura A-6
INFORMACION SOBRE PELIGROS NATURALES PARA LAS EVALUACIONES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

TIPO DE INFORMACION	DESCRIPCION	ETAPA DEL PROCESO DE PLANEAMIENTO	RECORD DE ESCALAS
Mapas y estudios conexos	Información básica	Misión Preliminar	1:3.000.000 o más
		Fases I y II	1:500.000 - 1:25.000
	Asentamientos urbanos y rurales	Fases I y II	1:500.000- 1:10.000
	Infraestructura de la cuenca	Fases I y II	
	Infraestructura de servicios Red de líneas de servicios vitales	Fases I y II	
	Uso de tierras	Misión preliminar	1:3.000.000 o más
		Fases I y II	1:500.000-1:10.000
	Patrones de cosechas de agricultura	Fases I y II	1:250.000-1:50.000
	Almacenamiento de agua, drenaje e irrigación	Fases I y II	1:250.000-1:10.000
	Evaluación de daños estructurales	Fases I y II	1:50.000-1:10.000

Estudios y otra Información	Capacidad para sostenimiento de animales y densidad actual	Fases I y II	(Dado por el estudio)
	Densidad de la población humana	Fases I y II	(Dado por el estudio)
	Identificación de proyectos de desarrollo	Fase I	1:500.000-1:50.000
	Descripción específica de proyectos de desarrollo	Fase II	1:100.000-1:10.000
	Códigos de construcción y especificaciones	Fase II	(Dado por el estudio)
	Evaluaciones de vulnerabilidad	Fase II	(Dado por el estudio)
	Evaluaciones de riesgo	Fase II	(Dado por el estudio)

LA ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS

La Organización de los Estados Americanos (OEA) es el organismo regional más antiguo del mundo, pues su origen se remonta a la Primera Conferencia Internacional Americana, celebrada en Washington, D.C.. En esta reunión se aprobó, el 14 de abril de 1890, la creación de la Unión Internacional de las Repúblicas Americanas. La Carta de la OEA fue suscrita en Bogotá en 1948 y entró en vigor el 13 de diciembre de 1951. Posteriormente, la Carta fue reformada por el Protocolo de Buenos Aires suscrito en 1967, el cual entró en vigor el 27 de febrero de 1970 y por el Protocolo de Cartagena de Indias suscrito en 1985, que entró en vigor el 16 de noviembre de 1988. La OEA cuenta hoy con 35 Estados Miembros. Además, la Organización ha concedido el status de Observador Permanente a 25 Estados de Europa, Africa y Asia, así como a la Santa Sede y a la Comunidad Económica Europea.

Los propósitos esenciales de la OEA son los siguientes: afianzar la paz y la seguridad del Continente; promover y consolidar la democracia representativa dentro del respeto al principio de no intervención; prevenir las posibles causas de dificultades y asegurar la solución pacífica de las controversias que surjan entre los Estados Miembros; organizar la acción solidaria de éstos en caso de agresión; procurar la solución de los problemas políticos, jurídicos y económicos que se susciten entre ellos; promover, por medio de la acción cooperativa, su desarrollo económico, social y cultural, y alcanzar una efectiva limitación de armamentos convencionales que permita dedicar el mayor número de recursos al desarrollo económico y social de los Estados Miembros.

La OEA realiza sus fines por medio de los siguientes órganos: la Asamblea General; la Reunión de Consulta de Ministros de Relaciones Exteriores; los Consejos (el Consejo Permanente, el Consejo Interamericano Económico y Social y el Consejo Interamericano para la Educación, la Ciencia y la Cultura); el Comité Jurídico Interamericano; la Comisión Interamericana de Derechos Humanos; la Secretaría General; las Conferencias Especializadas; los Organismos Especializados, y otras entidades establecidas por la Asamblea General.

La Asamblea General celebra períodos ordinarios de sesiones una vez por año. En circunstancias especiales se

reúne en períodos extraordinarios de sesiones. La Reunión de Consulta se convoca con el fin de considerar asuntos de carácter urgente y de interés común, y para servir de Organismo de Consulta en la aplicación del Tratado Interamericano de Asistencia Recíproca (TIAR), que es el principal instrumento para la acción solidaria en caso de agresión. El Consejo Permanente conoce de los asuntos que te encomienda la Asamblea General o la Reunión de Consulta y ejecuta las decisiones de ambas cuando su cumplimiento no haya sido encomendado a otra entidad; vela por el mantenimiento de las relaciones de amistad entre los Estados Miembros así como por la observancia de las normas que regulan el funcionamiento de la Secretaría General, y además, actúa provisionalmente como Organismo de Consulta para la aplicación del TIAR. Los otros dos Consejos tienen como finalidad promover la cooperación entre los Estados Miembros en sus respectivas áreas de competencia. Estos Consejos celebran una reunión anual; se reúnen asimismo en períodos extraordinarios de sesiones cuando fueren convocados de acuerdo con los procedimientos previstos en la Carta. La Secretaría General es el órgano central y permanente de la OEA. La Sede tanto del Consejo Permanente como de la Secretaría General está ubicada en Washington, D.C.

ESTADOS MIEMBROS: Antigua y Barbuda, Argentina, Bahamas (*Commonwealth de las*), Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, Cuba, Chile, Dominica (*Commonwealth de*), Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Grenada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, St. Kitts y Nevis, Suriname, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

