

001060
3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

TESIS PROFESIONAL

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS ESPACIAL DE
RIESGOS EN LA RED NACIONAL DE CARRETERAS.

Gestión de Desastres, concepto global para la seguridad del patrimonio
carretero

PRESENTADA POR:

GEÓG. MARÍA GABRIELA GARCÍA ORTEGA

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN GEOGRAFÍA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F., AGOSTO DE 2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A la memoria del
Ing. Alfonso Rico Rodríguez

A Miguel, Sofía y Emiliano,
motores de mi vida

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo no reservado.

NOMBRE: Ma. Gabriela

Reina Ortega

FECHA: 14 Agosto 2003

FIRMA: [Firma manuscrita]

B

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, promotora incansable de la generación de conocimiento, y sede de la libertad de pensamiento y del respeto a la pluralidad del país.

Al Instituto Mexicano del Transporte, centro de trabajo que hizo posible el desarrollo de la presente propuesta.

De manera muy especial al Ing. Tristán Ruíz Lang por su confianza y permanente apoyo.

Al equipo de trabajo de la Unidad de Sistemas de Información Espacial, particularmente al Maestro en Geografía Miguel Ángel Backhoff por su dirección en el trabajo, claridad de ideas, incondicional apoyo y constante estímulo, y al Geógrafo Ángel Becerril Casas, sin cuyo colaboración este esfuerzo no se hubiera concretado.

A mi maestro, el Dr. Luis Chías, por los aportes brindados a través de la dirección del trabajo de tesis y ser un ejemplo de inteligencia y conocimiento dedicados al análisis espacial.

Al apoyo y confianza del Dr. José Luis Palacio, del Dr. Gerardo Bocco, del Dr. Lorenzo Vázquez y del Maestro en Ingeniería Miguel Barousse, referentes constantes en mi quehacer profesional, tanto por su elevada capacidad técnica, como por su muy alta calidad humana.

Gracias, muchas gracias.

Gabriela

C

CONTENIDO

Prólogo	1
CAPÍTULO I	
Marco de Referencia	15
1. Condiciones actuales del Riesgo en el mundo y estrategias de intervención	15
2. Caso México. Panorama general de las condiciones de Riesgo en el país	31
CAPÍTULO II	
Marco Conceptual. Concepción del fenómeno "Desastres"	49
1. Conceptualizaciones	49
2. Los Desastres No son naturales	57
3. Evolución en la concepción del problema	62
4. La Geografía y el estudio de los Riesgos y los Desastres	65
5. Gestión de Desastres	70
6. Reseña histórica de la Gestión de Desastres en México	82
6.1 Sistema Nacional de Protección Civil	85
6.2 Prevención versus atención de Desastres	86
CAPÍTULO III	
Riesgo y Vulnerabilidad de la Infraestructura Carretera	89

D

1. Impacto de los Desastres y análisis geográfico	89
2. Daños a la infraestructura carretera del país	93
2.1 Fondo de Desastres Naturales	99
3. Experiencias internacionales afines. Trabajos que abordan el problema de los riesgos y la infraestructura carretera	103
4. ¿Cómo es abordado el problema de los desastres en materia de infraestructura carretera en México?	124
4.1 Actividades durante la emergencia	127
4.2 Estrategia para la atención de la emergencia	128
5. ¿Cómo concebimos la Gestión de Desastres en materia de infraestructura carretera? Propuesta de un nuevo paradigma	131

CAPÍTULO IV

Vulnerabilidad social y vulnerabilidad de la Infraestructura carretera. Conceptos básicos del paradigma propuesto	139
1. Vulnerabilidad social	139
2. Vulnerabilidad de la infraestructura carretera	151

CAPÍTULO V

Instrumentos de análisis y representación geográfica de utilidad para la Gestión de Desastres	171
1. Los modelos cartográficos	171
1.1 Uso del material cartográfico en la Gestión de Desastres	174
1.2 Las diferentes escalas	178

E

2. Los Sistemas de Información Geográfica	183
2.1 Componentes de un Sistema de Información Geográfica	184
2.1.1 Datos	185
2.1.1.1 Estructuras de las bases de datos	187
2.1.2 Equipo (hardware)	187
2.1.3 Programas de operación (software)	188
2.1.4 Factor humano y estructura organizacional	191
2.2 Subsistemas de operación de los Sistemas de Información Geográfica	192
2.3 Características y funciones de los Sistemas de Información Geográfica	193
2.3.1 Funciones de análisis espacial	194
3. El Sistema de Posicionamiento Global	204
3.1 ¿Cómo nace el GPS?	205
3.2 Componentes	205
3.3 ¿Cómo funciona el Sistema de Posicionamiento Global?	208
3.3.1 Problemas de funcionamiento del GPS	211
3.4 Uso actual del GPS	212

CAPÍTULO VI

“Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras”. Ejemplo de organización y sistematización de la información **217**

1. Marco de referencia del Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras	217
2. Concepción del desarrollo informático	221
3. Descripción del sistema	226
3.1 Funcionamiento	229
3.2 Capacidades de trabajo de la herramienta	239
4. Metodología de trabajo del Subsistema de identificación de riesgos potenciales	251
5. Metodología de trabajo del Subsistema de atención de emergencias	256

CONSIDERACIONES FINALES

273

ANEXO

Amenazas Naturales

281

1. Peligros geológico-geomorfológicos 281

1.1 ¿Cómo se definen esos peligros, cuándo se presentan y qué implicaciones tienen? 282

1.1.1 Sismos 282

1.1.1.1 Distribución territorial de la sismicidad 283

1.1.2 Maremotos 287

1.1.3 Vulcanismo 288

1.1.3.1 Distribución territorial del vulcanismo 289

1.1.3.2 Peligros asociados a las manifestaciones volcánicas 292

Flujos de lava 292

Flujos piroclásticos 293

Flujos de lodo o lahares 294

Lluvia de ceniza 295

1.1.4 Fallas 297

1.2 Riesgos vinculados con la dinámica bioclimática y las actividades humanas 298

1.2.1 Remoción en masa 299

1.2.2 Derrumbes 300

1.2.3 Flujos o corrientes de lodo 301

1.2.4 Hundimientos y colapsos de suelos 303

2. Peligros hidrometeorológicos 304

2.1 ¿Cómo se definen esos peligros, cuándo se presentan y qué implicaciones tienen? 305

2.1.1 Huracanes 305

2.1.2 Lluvias torrenciales 311

2.1.3 Otras formas de precipitación 311

2.1.4 Inundaciones, desbordamientos y deshielos 312

Bibliografía

315

G

***Un "hábitat seguro" es ya una exigencia
de las sociedades desarrolladas,
muy pronto será un reclamo más
de las luchas sociales del mundo en desarrollo.***

García Ortega, M. G.

H

Prólogo

Año con año somos testigos de daños diversos en la infraestructura carretera del país, resultado del impacto de distintos fenómenos naturales y/o accidentes tecnológicos ¹ y aunque los costos derivados son hasta el momento difíciles de precisar, se intuye que alcanzan niveles significativos dentro de la economía nacional. Como referencia, un análisis al respecto realizado por Daniel Bitrán ², establece que la erogación promedio anual por concepto de desastres en el país, asciende conservadoramente a 700 millones de dólares (precios de 1999).

De manera que partiendo de la aceptación empírica de que los daños al patrimonio carretero tienen severas implicaciones en distintas áreas de la vida económica y social de las regiones afectadas, que se resumen en elevados costos económicos y financieros para el país; se consideró conveniente y hasta urgente, a manera de identificación de la idea, abordar el desarrollo de las condiciones de riesgo y de la frecuente presencia de desastres, con la intención primordial de sustentar la trascendencia y necesidad de situar la atención del problema en la fase de *Prevención* más que en la de *Atención de Emergencias*, como ahora ocurre.

Asumiendo que la identificación de las amenazas, el análisis espacial de las condiciones de riesgo y la distribución geográfica del problema en su conjunto, así como la evaluación local, regional o nacional del impacto derivado de los daños que genera su materialización, constituyen elementos de conocimiento necesarios para plantear o reforzar las tareas vinculadas con la *Gestión de Desastres*, se dio inicio en el seno del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en marzo de 2000, al proyecto denominado: "Sistema de Información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras".

Definición del Problema

La infraestructura carretera, entendida como las carreteras, señalizaciones, vados, puentes y el resto de obras que acompañan a las primeras (gasolineras, paraderos, casetas de cobro, etc.) representa uno de los bienes fundamentales de una nación, afirmación que en el caso particular de México se acentúa debido a que se trata de la modalidad de infraestructura para el transporte más importante del país, por ser la de mayor cobertura (de acuerdo con las posibilidades de acceso e integración territorial que brinda a comunidades y espacios

¹ De acuerdo a registros estadísticos, se observa que los desastres exhiben un considerable aumento, como ejemplo, reportes en esta materia del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), señalan que entre 1900 y 1989 la región de América Latina y el Caribe enfrentó un promedio de 10.8 desastres por año, mientras para el periodo 1990-1998 ese promedio ascendió a 35.7 desastres por año. BID - CEPAL. "Desastres naturales: un problema de desarrollo en América Latina y el Caribe". Conferencia presentada en el Seminario: Cómo enfrentar los Desastres Naturales: Una cuestión de Desarrollo. Nueva Orleans, Estados Unidos, 2000.

² Bitrán Bitrán, D. Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980 - 99. Secretaría de Gobernación, CENAPRED y CEPAL. 2000.

regionales), y especialmente porque es la de mayor impacto en cuanto a los volúmenes de carga movilizada y al número de pasajeros transportados.

De ahí que saber, que la infraestructura vial se encuentra sometida a diversas condiciones de riesgo nos impulsa a trabajar en la construcción de medidas que disminuyan la frecuencia e intensidad del problema.

Problema que además de la necesidad de ubicarlo geográficamente y diferenciarlo en términos de su intensidad requiere del establecimiento de un marco conceptual, que determine el enfoque y la comprensión del problema.

¿Cuáles son las principales características de las respuestas institucionales?

1. Ser predominantemente reactivas, se abocan a atender la emergencia.
2. Inmediatez, parece ser la palabra clave, lo importante es la respuesta pronta.
3. El problema de los desastres se circunscribe a la atención de las emergencias y a la reconstrucción.
4. Aunque la atención se concentra en "resolver" la emergencia, no existe un programa integrado ni interinstitucional para llevar a cabo las tareas que impone la situación de desastre.
5. Se crean instrumentos como el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), que además periódicamente es reforzado con inversiones cada vez mayores de recursos económicos.
6. Desviación de recursos presupuestarios ya asignados para atender las ingentes necesidades planteadas por las situaciones de desastre.
7. La idea subyacente en esta lógica parece ser indiscutiblemente "el remiendo".

Esta comprensión del problema y la parcialización ha que da lugar, no sólo no contribuye a resolverlo, sino que lo agudiza y sugiere, de acuerdo con lo observado, que el compromiso de las autoridades responsables se reduce a la atención de la emergencia "política".

Las repercusiones de estas medidas se reflejan en la continua presencia de desastres en el país y en la acentuación de los desequilibrios socioeconómicos regionales; ante tal evidencia, las autoridades involucradas en la atención del problema reconocen la importancia de la *prevención*, pero de inmediato advierten acerca de su improcedencia, dejándola siempre en calidad de buena intención, como razones cabe todo: "es carísima", "es más fácil empezar de cero", "sería muy conveniente pero no hay manera"; mientras tanto, los desastres siguen sucediendo, las carreteras continúan destruyéndose y el país sigue sumando costos.³

³ Autoridades de la Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por ejemplo, reconocen e incluyen dentro de su metodología de trabajo, la relevancia de la Prevención, sin embargo, la realidad y cotidianidad de sus tareas trasciende involuntariamente esa perspectiva y los coloca anualmente sin otra oportunidad en la atención de las arduas tareas vinculadas con alguna situación de emergencia. En foros como el seminario realizado en julio de 2001 en el Colegio de Ingenieros Civiles titulado:

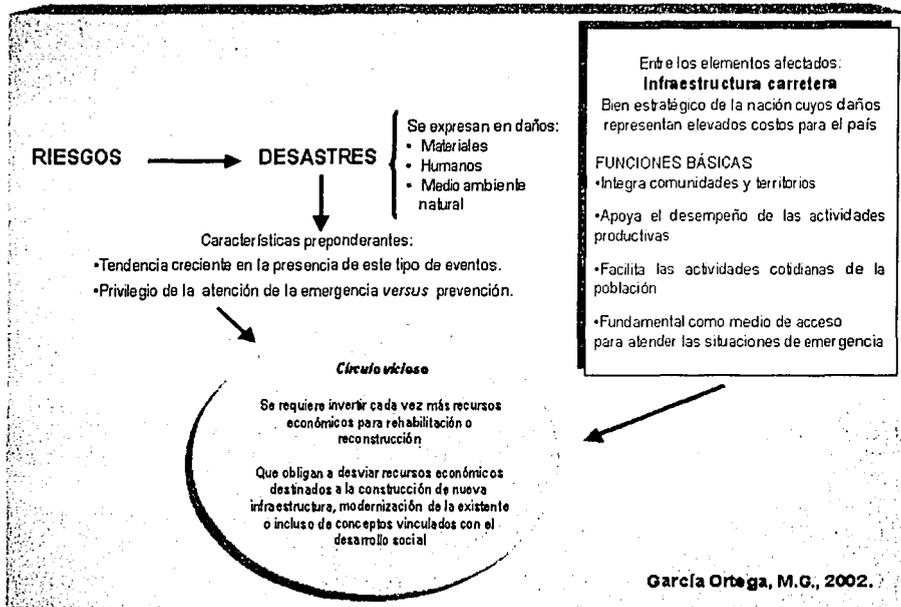


Figura 1. Esquema conceptual del problema de partida.

En contrapropuesta a la comprensión imperante del problema, antes descrita, y tomando como base la concepción planteada por Allan Lavell del "continuo de los desastres" en donde éstos son entendidos no como eventos aislados e impredecibles sino como el resultado de procesos que se van gestando a través del tiempo, el presente proyecto se estructura bajo la óptica de la *Gestión de Desastres*, la cual plantea que no podemos seguir pensando en fases discretas, sino concatenadas e integradas horizontalmente, en donde se acepta entre otras cosas, que lo hecho en una fase puede repercutir, positiva o negativamente, en una siguiente fase.⁴

De manera que ante la constante presencia de desastres que se registran a lo largo y ancho del territorio nacional, con las consiguientes pérdidas humanas, materiales y económicas derivadas de tales siniestros, es claro que la *Gestión de Desastres* debe convertirse en una actividad de observación y actuación permanente, para la cual el análisis espacial como recurso de información, constituye un requisito fundamental.

"Reparación de daños en la infraestructura carretera ocasionados por fenómenos naturales" se reconoció abierta y fehacientemente entre los participantes del CENAPRED, FONDEN, Secretaría de Salud, Gobierno de Veracruz, Municipio de Ahucatlán, Puebla, entre otros, que la Prevención es fundamental sin embargo, la realidad impone las acciones a desempeñar y éstas se concentran en la atención de la emergencia. De hecho entre algunos de los directamente involucrados impera la comprensión anclada en la reacción, representantes de la Secretaría de la Defensa Nacional, por ejemplo, subrayaron que ellos están siempre preparados para enfrentar las situaciones de emergencia y DICONSA en voz de su participante, mencionó que ellos sí tienen planes de prevención, refiriéndose a la garantía de que siempre haya 15 productos básicos en sus almacenes previos a una emergencia.

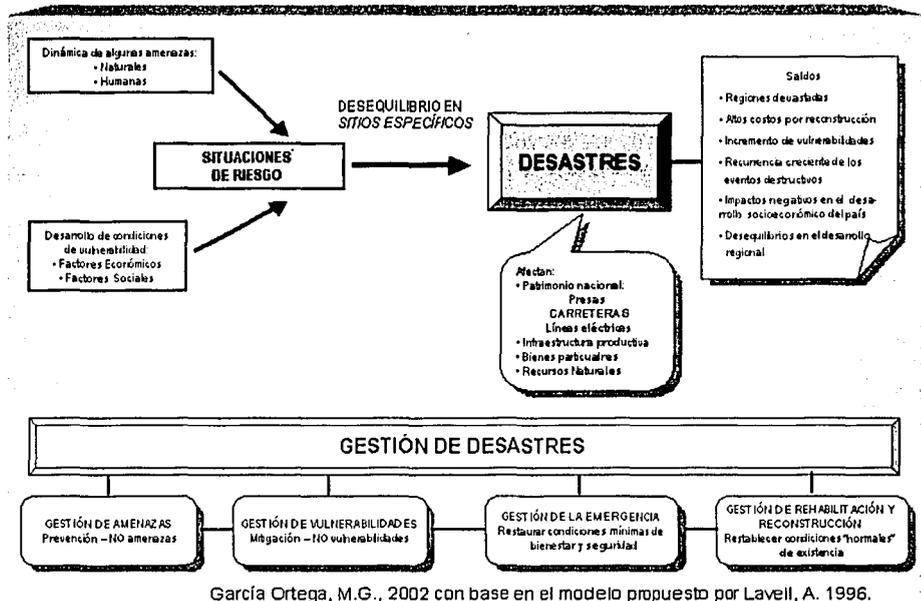


Figura 2. El problema de los desastres exige ser abordado en forma integral.

En ese sentido, como resultado del Foro del Programa Internacional del DIRDN (Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales) de la Organización de las Naciones Unidas realizado en julio de 1999, se estableció dentro del Mandato de Ginebra sobre reducción de desastres que: "...se debe fomentar una cultura de la prevención y se adoptarán y aplicarán medidas destinadas a reducir la vulnerabilidad de nuestras sociedades a los riesgos naturales y tecnológicos, esas medidas tendrán como principales objetivos el establecimiento de comunidades capaces de hacer frente adecuadamente a los riesgos y a la protección de la población contra la amenaza de desastres. Por otra parte, serán necesarias investigaciones científicas, sociales y económicas, y aplicaciones tecnológicas y de planeación en gran variedad de disciplinas encaminadas a potenciar la gestión de los riesgos y la reducción eficaz de nuestras vulnerabilidades".⁵ Afirmación que sintetiza el marco donde se inscribe y justifica el trabajo de investigación, en cuyo mismo sentido Buckle citado por Lavell⁶ subraya que los cambios sustantivos en las políticas y la práctica en materia de *Gestión de Desastres* se lograrán en la medida que las investigaciones académicas aborden el tema y sus

⁴ Lavell, A. "La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría" En *Estado, Sociedad y Gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido*, Allan Lavell y Eduardo Franco, editores. LA RED; FLACSO; ITDG-Perú. Perú, 1996. p. 17.

⁵ Foro del Programa Internacional del DIRDN. Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, julio de 1999 "Mandato de Ginebra sobre reducción de los desastres".

autores actúen como catalizadores difundiendo sus resultados, con lo cual se puede estimular a los responsables del sector público a llevar a cabo un análisis crítico de su labor, aunque al respecto agregaríamos nosotros, la responsabilidad es un tema medular que debe ser considerado y que no se construye a los funcionarios públicos, sino que involucra a un amplio número de actores cada uno con responsabilidades distintas.

Planteamiento general del proyecto

El nivel de riesgo que enfrenta la infraestructura carretera está latente en muchos sitios del territorio y cuando se materializa, los daños suelen ser considerables, tanto en términos de costos directos (reconstrucción y rehabilitación de la infraestructura) y costos indirectos (interrupción de los servicios del sistema de transporte), como en función del freno que éstos imponen al proceso de desarrollo del país, al demandar para la recuperación del servicio, la desviación de recursos financieros destinados previamente al mantenimiento de la propia infraestructura, a la extensión de su cobertura o bien a su modernización.

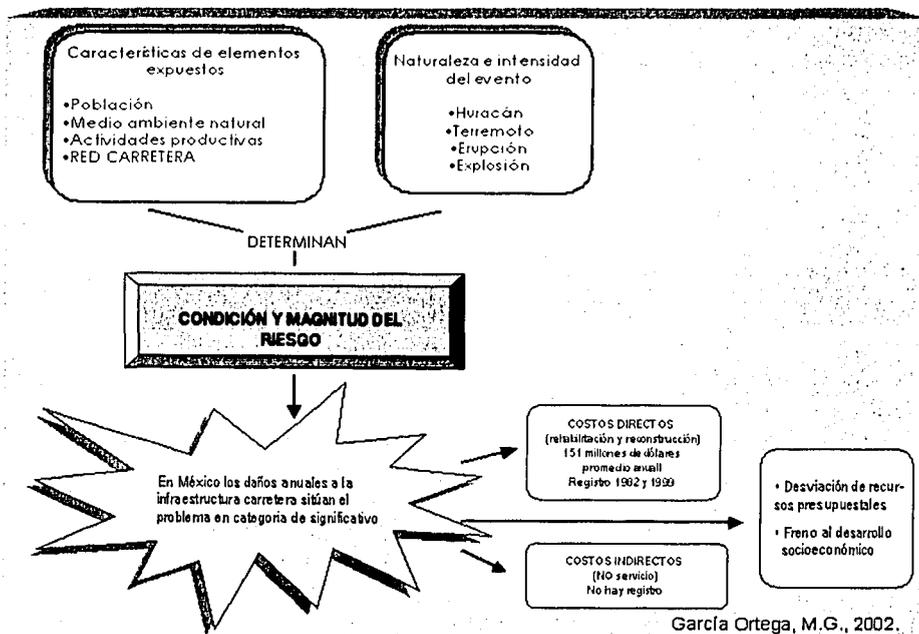


Figura 3. Implicaciones económicas de los daños a la infraestructura carretera. El cálculo de los costos directos se realizó con base en información presentada por Bitrán Bitrán, D. Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980 – 99. Secretaría de Gobernación, CENAPRED y CEPAL. 2000.

⁶ Lavell, A. "La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría" En Estado, Sociedad y Gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido. Op. cit. p. XVII.

De ahí que se considere conveniente y útil empezar por identificar los riesgos que pueden llegar a afectar a la infraestructura carretera, ubicarlos geográficamente y analizar y evaluar su comportamiento espacial a fin de aportar elementos de conocimiento que den forma y fortaleza a las distintas fases de la *Gestión de Desastres*.

La alusión constante a los conceptos de análisis y evaluación espacial obedece a que el enfoque es esencialmente geográfico. Se concentra en la identificación de los sitios en dónde, a partir de amenazas o peligros naturales y condiciones de alta vulnerabilidad social se están gestando condiciones de riesgo; así como en el análisis de la distribución territorial del fenómeno y las implicaciones que de ello se derivan, con fines tanto de diagnóstico para la intervención oportuna, como de antecedente y referencia para los preparativos para la emergencia y la atención de la misma.

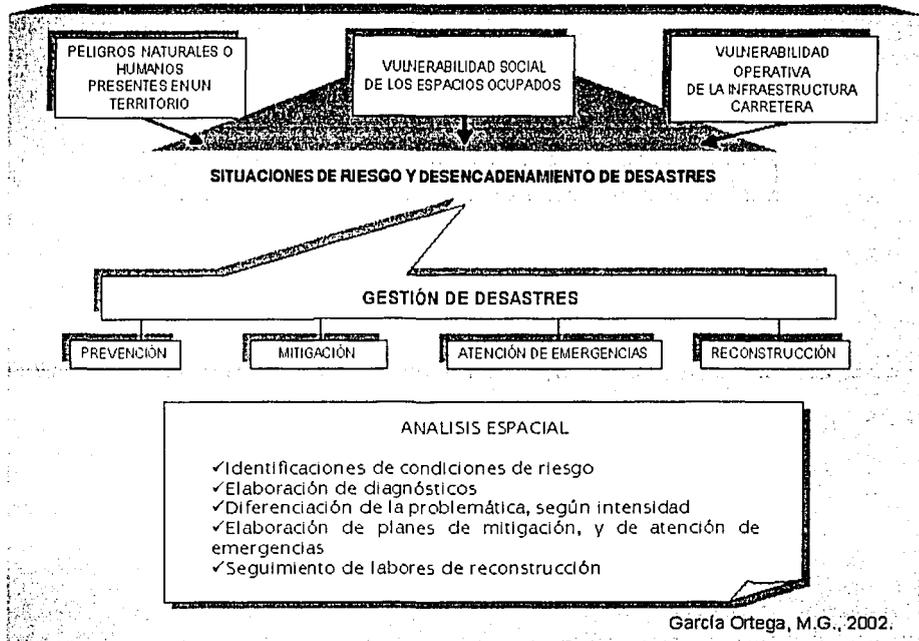


Figura 4. La *Gestión de Desastres* tiene una indiscutible implicación geográfica, de ahí la importancia del análisis territorial, a nivel tanto de la comprensión del problema como de su atención.

Aunque la presencia de riesgos no necesariamente deviene en daños, ni es su sola participación la generadora del desastre, identificarlos y precisar su localización geográfica a lo largo de la infraestructura carretera, constituye un primer insumo para construir las estrategias de prevención y de mitigación de desastres, ejes que deben guiar el compromiso y las tareas para enfrentar la presencia continua de desastres y sus consecuencias.

Analizar desde la perspectiva geográfica las características y condiciones de la presencia de riesgos, evaluar su impacto en términos de daños directos e implicaciones indirectas en la infraestructura; son aspectos medulares que serán tratados a fin de contribuir al fortalecimiento de las acciones de prevención y mitigación de desastres y a hacer más efectivas y ágiles las labores de atención de emergencias.

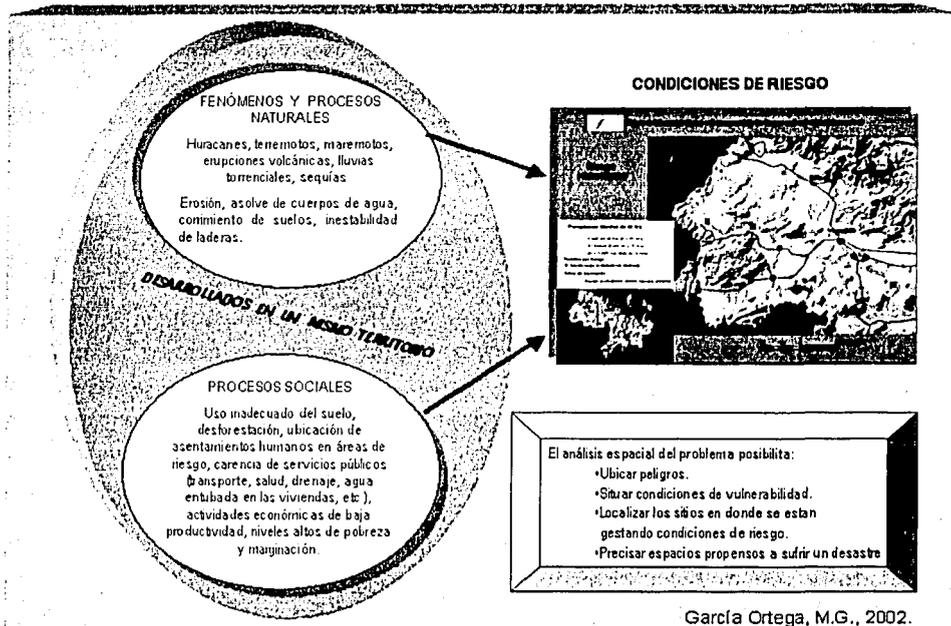


Figura 5. Dado que el origen de los desastres es multicausal, es decir, que éstos no responden a la presencia de un fenómeno en particular, sino a la concatenación de una serie de procesos que en conjunto dan lugar al fenómeno de destrucción, se considera que la ubicación y el establecimiento de la distribución territorial de algunos de los elementos que participan en la generación del desastre (pobreza, deterioro ecológico, mantenimiento deficiente de la infraestructura, entre otros) favorecen el análisis del problema y contribuyen a fundamentar la toma de decisiones, en el marco de la *Gestión de Desastres*.

En cuanto objeto de interés, el problema se centra en la infraestructura carretera concebida como blanco donde se produce el daño y cuyas repercusiones se sitúan, tanto en la afectación del patrimonio vial como efecto directo, como en la desactivación de las funciones del sistema de transporte como efectos indirectos, con lo cual el desastre y sus consecuencias se extienden y magnifican.

Desde este ángulo, la infraestructura representa el elemento a proteger con el propósito de conservar al bien mismo y de mantener en el mejor nivel de servicio sus funciones en caso de desastre. Conviene subrayar al respecto, que el daño a la infraestructura en sí mismo es importante, pero aún más trascendente es la interrupción de los servicios de una vía, ya que

TRABAJAR CON
FALLA DE ORDEN

con ello se provoca la desvinculación de muchos procesos (población incomunicada, regiones aisladas, actividades económicas interrumpidas, cadenas de comercialización rotas, relaciones sociales afectadas) y aunque estos efectos son difíciles de medir en términos de costos, su importancia cualitativa es indudable, en otras palabras porque sus repercusiones imprimen directamente su huella en el proceso de desarrollo del país, bien sea frenándolo o acentuando los desequilibrios socioeconómicos.

Dado que lo que se pretende es ubicar los riesgos que asechan a la infraestructura carretera y establecer la distribución territorial de los mismos con fines de prevención y mitigación de desastres, así como de atención de emergencias, el apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) resultó de gran utilidad, no sólo por las facilidades que ofrece para la "visualización de los fenómenos", en este caso el comportamiento de los riesgos y demás factores que los potencian, sino especialmente por la serie de análisis territoriales que se pueden realizar con la información recabada y debidamente georreferenciada; por la posibilidad de manejo conceptual integral de los fenómenos o procesos en estudio; por sus capacidades de representación gráfica; así como por las ventajas que proporciona en materia de organización, actualización, integración y ampliación de las bases de datos.

Inscrito en el planteamiento general, el presente proyecto circunscribe sus propósitos al desarrollo del sustento teórico y metodológico, sobre el cual se finca la propuesta de un nuevo paradigma para la atención del problema "riesgos" que la infraestructura carretera enfrenta y de cuyos daños se derivan severas consecuencias para el país en su conjunto.

Los marcos conceptual y de referencia, la descripción de la situación que enfrenta el país en materia de daños provocados por la presencia de distintos tipos de riesgos, además de los conceptos de vulnerabilidad social y de vulnerabilidad de las redes carreteras, abordados y desarrollados en el trabajo, constituyen los fundamentos de la propuesta informática orientada precisamente a facilitar las tareas relacionadas con los grandes momentos de la *Gestión de Desastres*, es decir, la prevención y la atención de emergencias, previa justificación de las ventajas que un SIG como herramienta de base ofrece en el campo del quehacer geográfico, dadas, la versatilidad de sus funciones, facilidades de manejo y la oportunidad de sus resultados.

La propuesta informática referida, constituye el resultado técnico-metodológico que deriva del fundamento teórico que representa el presente proyecto de Tesis. Los distintos procesos de análisis territorial facilitados por el SIG especializado en la identificación multifactorial de elementos relacionados con los riesgos presentes a lo largo de las carreteras nacionales, se avocan, por una parte, a apoyar y a facilitar la serie de tareas que dentro del tema *riesgos* se relacionan con la prevención de desastres; al mismo tiempo que la información generada resulta útil para la elaboración de los muy necesarios planes de mitigación de daños con que

deben contar los organismos y dependencias del Sector Transporte a cargo de la operación de las vías carreteras, y por otra parte, las ventajas de utilización de la citada herramienta sirven también para respaldar las acciones vinculadas con la atención de emergencias.

Si bien los grupos de riesgos, de acuerdo con la clasificación del Sistema Nacional de Protección Civil son cinco (geológicos, hidrometeorológicos, químicos, sanitarios y socio-organizativos), para fines de acercamiento al problema y de ejemplificación del manejo geográfico de variables dentro del sistema de cómputo, se abordan sólo los dos primeros grupos, debido por un lado, a que son éstos, quienes incluyen a los principales fenómenos naturales generadores de daños a la infraestructura carretera en el país y por otro lado, concretamente a que son los que ofrecen mayores facilidades en materia de disponibilidad de información.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el sustento teórico, que desde la perspectiva geográfica fortalece la *Gestión de Desastres* como medio de protección de la infraestructura carretera; así como su sistematización expresada en la elaboración de una aplicación informática específica.

ESPECÍFICOS

- Definir el marco teórico-conceptual que servirá de base para la comprensión y análisis del problema riesgos y sus consecuencias.
- Determinar los factores y/o procesos geológicos, geomorfológicos e hidrometeorológicos que pueden causar daños a la infraestructura carretera.
- Identificar los indicadores de vulnerabilidad social que agudizan o detonan las condiciones de riesgo.
- Identificar los indicadores de vulnerabilidad de la red carretera.
- Establecer los procesos de análisis espacial, claves, para la identificación y el diagnóstico de las condiciones de riesgo.
- Fundamentar y retroalimentar el proceso de diseño y construcción del "*Sistema para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras*".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HIPÓTESIS

La batalla contra los desastres sólo podrá obtener saldos positivos, si asume que éstos son resultado de procesos que se van gestando a través del tiempo y que los esfuerzos para contenerlos deberán desplegarse en todas y cada una de las fases que comprende la denominada Gestión de Desastres.

Las medidas de prevención de riesgos y de mitigación de daños, son las que pueden ayudar a frenar la tendencia creciente de la presencia de desastres, revertir la agudización de las condiciones de vulnerabilidad en distintos espacios de la geografía nacional, y modificar en consecuencia, las severas repercusiones socioeconómicas que para el país implican los desastres.

El trabajo académico y el desarrollo tecnológico tienen el compromiso de contribuir al sustento y planteamiento de las acciones, que con base en las necesidades específicas de los espacios locales, deben instrumentar los distintos responsables de la Gestión de Desastres.

En síntesis, el proyecto centra su labor en el desarrollo de un marco de conocimiento que ofrezca una completa y bien estructurada comprensión del problema, de donde poder derivar los procesos metodológicos que permitan obtener panoramas bien constituidos del mismo, así como el planteamiento de estrategias de intervención y de toma de decisiones mejor fundamentadas (Figura 6).

En el caso de las fases previas al desastre (prevención y mitigación), los análisis se proponen a nivel de gran visión, debido entre otras razones, a que el detalle de la información no posibilita estudios casuísticos de mayor detalle, pero sí brinda imágenes amplias del problema (escala regional), hasta el momento inexistentes en el área del sector transporte, y necesarias para identificar o destacar la presencia de los tramos de una red que requieran inspecciones más profundas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

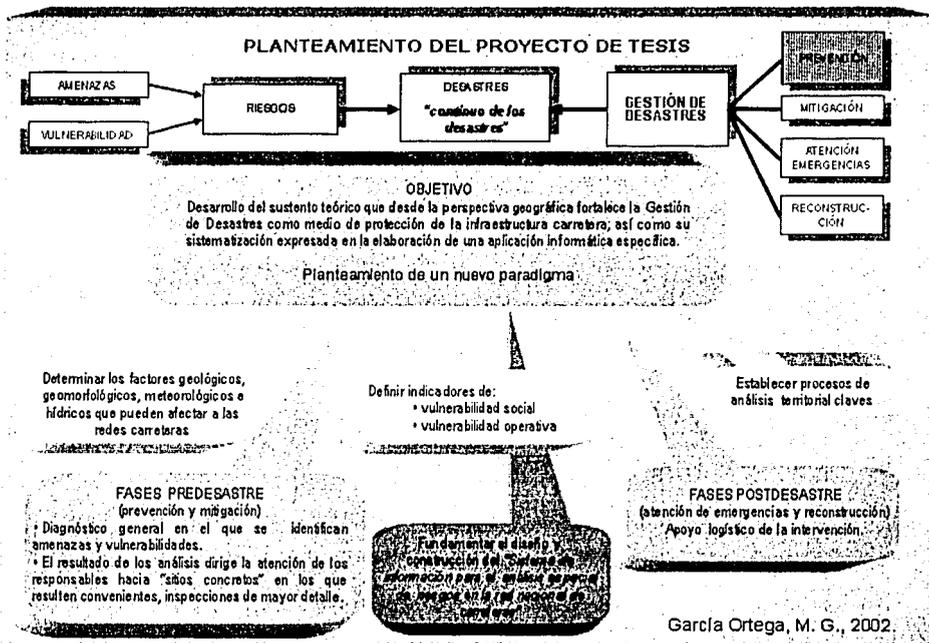


Figura 6. Esquemización del planteamiento del proyecto

En materia de las fases posteriores al desastre (atención de emergencias y reconstrucción), la naturaleza de sus necesidades y el hecho de nutrirse de información recabada directamente en campo, determinan que el proceso de trabajo sea distinto y que los análisis se realicen a nivel de gran detalle (escala local), específicamente de "sitio concreto".

El planteamiento teórico y conceptual alcanzado se sintetiza y materializa en el desarrollo informático denominado "*Sistema de Información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras*", el cual constituye uno de los objetivos paralelos del proyecto y de hecho, uno de los productos colaterales del mismo.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOMÁTICA Y SIG

Desastres

*Cuando llegue a Curacautín
estaba lloviendo ceniza
por voluntad de los volcanes.*

*Me tuve que mudar a Talca
donde habían crecido tanto
los ríos tranquilos de Maule
que me dormí en una embarcación
y me fui a Valparaíso.*

*En Valparaíso caían
alrededor de mí las casas
y desayune en los escombros
de mi pérdida biblioteca
entre un Baudelaire sobrevivido
y un Cervantes desmantelado.*

*Hice mi cama junto a un río
que llevaba más piedras que agua,
junto a unas encinas serenas,
lejos de todas las ciudades
junto a las piedras que cantaban
y al fin pude dormir en paz
con cierto temor de una estrella
que me miraba y parpadeaba
con cierta insistencia maligna.*

*Pero la mañana gentil
pintó de azul la negra noche
y las estrellas enemigas
fueron tragadas por la luz
mientras yo cantaba tranquilo
sin catástrofe y sin guitarra.*

Pablo Neruda

Pablo Neruda. "Del Corazón Amarillo", 1974.

Capítulo I. Marco de Referencia

1. Condiciones actuales del Riesgo en el mundo y estrategias de intervención

El riesgo ha estado presente desde siempre en la vida de las sociedades, sin embargo, se ha observado que en los últimos 30 años el número y la frecuencia de los desastres se ha incrementado, especialmente en los países menos desarrollados, los cuales sufrieron cerca del 97% de los desastres registrados entre 1960 y 1990, y el 99% de las muertes ocurridas.¹

La Revista DIRDN informa para América Latina y el Caribe en su artículo: "Desastres en la Región", documenta, de acuerdo con Munich Reinsurance, que durante el decenio de los 90's las pérdidas económicas provocadas por los desastres fueron más de nueve veces superiores a las registradas en los años 60's. Según datos de la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y Media Luna Roja, señalan que han ocurrido tres veces más desastres en este decenio que hace 20 años.

En 1998, según datos compilados por Munich Reinsurance, el monto de daños causados por fenómenos climáticos llegó a 92 billones de dólares y 32,000 muertes, lo que representó un aumento del 50% con respecto al registro anterior. Tan sólo el huracán Mitch ocasionó en Centroamérica, alrededor de 13,000 muertes y el monto de los daños causados alcanzó la cifra de 30 billones de dólares. Las estimaciones presentadas en el Informe de Desastres 1999, de la Federación Internacional de la Cruz Roja (FICR) indican que la economía de la región sufrió un retroceso de 30 años; casi el 90% de la economía regional depende del transporte por vía terrestre y la infraestructura respectiva fue severamente dañada.²

De acuerdo con estadísticas a nivel mundial recopiladas por el Comité Alemán para el Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN), en los primeros 60 años del siglo XX se pudieron registrar, de acuerdo al número de víctimas (más de 1,000), alrededor de 40 de los considerados grandes desastres, en tanto en los siguientes 38 años el número de desastres fue de 78, es decir casi se duplicó, destacando significativamente, China, India y Bangladesh seguidos de algunos otros países asiáticos, siendo el fenómeno sequía el de mayores repercusiones (Cuadro 1 y Gráfica 1).

¹ Cutter, Susan L. Respuestas sociales a los riesgos ambientales. <http://www.unesco.org/iss/rics150/cutter159.htm>

² "Desastres en la Región" en *DIRDN Informa*, Revista para América Latina y el Caribe, Núm. 15, 1999. (http://www.disaster.info.desastres.net/ldndr/dirdninf/No15_99/espanol/index_15.htm)

Cuadro 1 Grandes desastres en el mundo entre 1960 y 1998
Según número de víctimas y considerando pérdidas económicas en los casos que el monto fue superior a 1,000 millones de dólares

Año	Fenómeno generador del Desastre	Regiones y/o países	Número de víctimas	Pérdidas económicas	Montos asegurados
1960	Sismo	Marruecos	13,100		
1960	Sismo	Chile	3,000		
1963	Erupción volcánica	Indonesia	3,870		
1963	Sismo	Yugoeslavia	1,070		
1963	Huracán	Haití	5,100		
1965-67	Sequía	India	1,500,000		
1968	Sismo	Irán	12,000		
1970	Sismo	Perú	67,000		
1970	Huracán	Bangladesh	300,000		
1972	Sismo	Irán	5,400		
1972-75	Sequía	Sahel-Etiopia	250,000		
1972	Sismo	Nicaragua	5,000		
1974	Sismo	China	10,000		
1974	Huracán	Honduras	8,000		
1975	Sismo	Turquía	2,400		
1976	Sismo	Guatemala	22,778	1,100	55
1976	Sismo	Italia	978	3,600	
1976	Sismo	China	242,000	242,000	5,600
1976	Sismo	Filipinas	3,564		
1976	Sismo	Turquía	3,626		
1977	Sismo	Rumania	1,387		
1977	Huracán (dos)	India	20,000	1,000	
1978	Sismo	Irán	20,000		
1979	Huracán	Caribe- Estados Unidos	1,400	2,000	250
1980	Sismo	Argelia	2,590	3,000	
1980	Sismo	Italia	3,114	10,000	40
1982	Sismo	Yemen	3,000		
1983	Sismo	Turquía	1,346		
1984	Huracán	Filipinas	1,000		
1985	Huracán	Bangladesh	11,000		
1984-85	Sequía/Guerra	Etiopia-Sudán-Chad	más 500,000	1,000	
1985	Sismo	México	10,000	4,000	275
1985	Erupción volcánica	Colombia	23,000		
1986	Erupción volcánica/gas	Camerún	1,736		
1986	Sismo	El Salvador	1,000	1,500	75
1987	Sismo	Ecuador	1,000		
1987	Onda de calor	Grecia	1,000		
1987	Monzón/Inundación (dos)	Bangladesh	3,496	1,300	
1988	Huracán	Bangladesh	5,708	2,400	
1988	Sismo	U. Soviética/Armenia	25,000	14,000	
1989	Huracán	Tailandia	1,000		

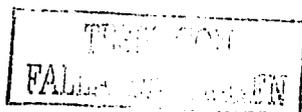
Continúa

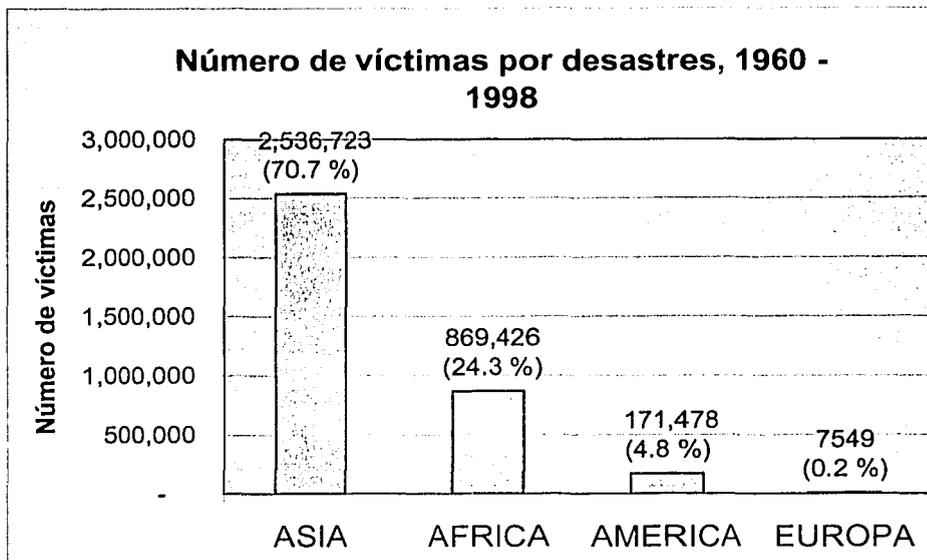
Año	Fenómeno generador del Desastre	Regiones y/o países	Número de víctimas	Pérdidas económicas	Montos asegurados
1990	Sismo	Irán	36,000	7,000	100
1990	Sismo	Filipinas	1,660	2,000	20
1991	Huracán /Marea de tormenta	Bangladesh	140,000	1,400	
1991	Inundación	China	3,407	15,000	410
1991	Sismo	India	1,600		
1991	Tormenta tropical	Filipinas	5,000		
1992	Sequía/Guerra	Somalia	Más 100,000	más 1,000	
1992	Inundación	Pakistán/India	2,500		
1992	Sismo/Tsunami	Indonesia (Flores)	2,000		
1992	Inundación	Afganistán	3,000		
1992-93	Sequía	Brasil	más 10,000		
1993	Inundación	Región del Himalaya	4,300	4,300	
1993	Inundación	China	1,000		
1993	Inundación	India/Nepal	2,560	2,560	
1993	Sismo	India	10,000		
1994	Inundación	China	1,410	7,800	
1994	Huracán	China	1,100	1,800	
1994	Huracán	Haití	1,000		
1995	Sismo	Japón (Kobe)	6,348	100,000	3,000
1995	Inundación	China	1,800		
1995	Sismo	Rusia (Sajalin)	1,400		
1996	Huracán	India	2,000	3,600	
1997	Sismo	Irán	1,560		
1997	Hambruna, inundación, sequía	Corea del Norte	Más 100,000		
1997	Inundación	Burma	más 1,000		
1997	Inundación	Somalia/Kenia/Etiopia	2,000		
1998	Sismo	Afganistán (N. Rostaq)	4,600		
1998	Inundación	China (Yang-tse y Songhua)	3,656		
1998	Onda de calor	India (Rajasthan)	3,028		
1998	Sismo	Afganistán (N. Rostaq)	4,500		
1998	Huracán	India	10,000		
1998	Inundación	Bangladesh/India/Bengala/Nepal	4,750		
1998	Tsunami	Papua Nueva Guinea	2,134		
1998	Huracán (Georges)	Rep. Dominicana/Haití/EUA	4,000	10,000	3,300
1998	Huracán (Mitch)	Costa Rica/El Salvador/Nicaragua EUA/Guatemala/Honduras/ México	9,200	7,000	150

Se consideran grandes desastres, aquellos que tuvieron más de 1,000 víctimas o cuando el monto de pérdidas económicas ascienden a más de \$1,000 millones de dólares.

Los números de víctimas por sequía son estimaciones aproximadas; no están considerados los decesos por epidemias.

Fuente: Comité Alemán del DIRDN presentado por el CENAPRED en su Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, México, 2001. pp. 13 - 15.





Gráfica 1. De acuerdo al número de víctimas por continente, sobresale Asia con tres veces más de pérdidas humanas que África, quince veces más que en América y más de 33 veces que en Europa, cuyo número de víctimas representa el 0.2% del total mundial.

En tanto las mayores pérdidas económicas individuales se reportan principalmente en países desarrollados en donde los daños a su infraestructura elevan en gran medida los costos, casos de Estados Unidos, Japón, Italia, pero montos económicos de consideración se registraron también en países subdesarrollados como China o Irán e incluso en la entonces Unión Soviética en 1988 (Cuadro 2) y agrupándolos por continentes, importantes pérdidas tuvieron lugar en Asia (Gráfica 2).

Cuadro 2. Grandes desastres en el mundo entre 1976 y 1998, según pérdidas económicas. Casos en los que no se registran montos asegurados

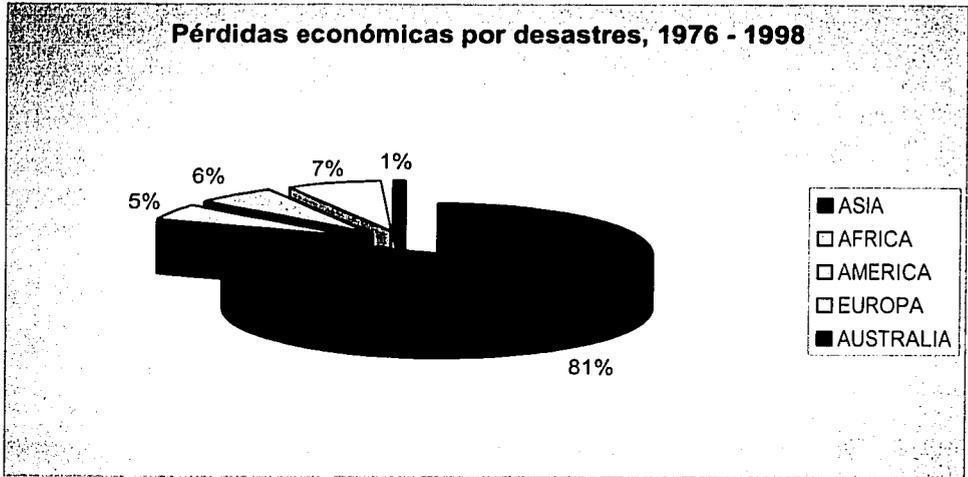
Año	Fenómeno generador del Desastre	Regiones y/o países	Pérdidas económicas
1976	Sismo	China	3,600
1976	Sismo	China	5,600
1977	Huracán (dos)	India	1,000
1979	Sismo	Yugoeslavia	2,700
1980	Sismo	Argelia	3,000
1984-85	Sequía/Guerra	Etiopía-Sudán-Chad	1,000
1986	Inundación	China	1,210

Continúa

Año	Fenómeno generador del Desastre	Regiones y/o países	Pérdidas económicas
1986	Sequía/Onda de calor	Estados Unidos	1,500
1987	Inundación/monzón	Bangladesh	1,300
1988	Inundación	Sudán	1,000
1988	Inundación/monzón	Bangladesh	2,400
1988	Sismo		14,000
1988	Plaga de langosta		más 1,000
1991	Huracán	Bangladesh	1,400
1992	Sequía/Guerra	Somalia	1,000
1992	Inundación	Pakistán	1,000
1993	Inundación	Nepal-India	7,100
1993	Inundación	China	2,450
1993	Inundación	Irán	10,000
1993	Tormenta invernal/tornado	Estados Unidos-Cuba	1,000
1993	Inundación	China	1,000
1994	Inundación	China	7,800
1994	Sequía	China	2,000
1994	Huracán	China	1,800
1994	Incendios forestales	Indonesia	1,500
1994	Sequía	Australia	1,000
1995	Inundación		1,680
1995	Inundación	China	6,700
1995	Inundación	Corea del Norte	15,000
1996	Incendios forestales	Mongolia	1,900
1996	Inundación	Corea del Norte	1,820
1996	Inundación	Yemen	1,200
1996	Huracán	India	3,600
1996	Huracán	China	1,500
1996	Huracán	India	1,800
1997	Inundación	República Checa-Polonia	4,200
1997	Sismo	Italia	1,300
1998	Incendios forestales	Indonesia-Malasia-Brunei	1,300
1998	Inundación	Argentina-Paraguay	1,100
1998	sequías/incendios forestales	Estados Unidos	4,775
1998	Inundación	Turquia	2,000
1998	Inundación	Bangladesh-India-Bengala-Nepal	5,020

Fuente: Comité Alemán del DIRDN presentado por el CENAPRED en su Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, México, 2001. pp. 15 - 17.





Gráfica 2. Las pérdidas económicas por desastres en términos globales concentraron su dureza en Asia, aunque cuando el costo por desastre se promedia, la diferencia entre Asia y Europa ya no resulta tan elevada, 2,470 millones de dólares para Europa y 3,743 millones de dólares en el caso de Asia.

En el análisis de la distribución de daños entre países desarrollados y países subdesarrollados, la firma reaseguradora *Swiss Re.* afirma que de 1980 a la fecha, las víctimas por desastres han sido 20 veces mayores en estos últimos, en cambio las pérdidas económicas totales han sido superiores en los países desarrollados, pero cuando estos datos se expresan en proporción del Producto Interno Bruto (PIB) de cada país, la relación es también de cerca de 20 veces mayor en los países subdesarrollados respecto a los desarrollados.³

En los casos de los desastres en donde además de conocer la magnitud de la pérdidas económicas se conocen los montos asegurados, destaca en primer término el hecho de que predominan en este grupo los países desarrollados y de entre ellos con amplio margen Estados Unidos con las mayores cifras de recursos asegurados (Cuadro 3).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

³ CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la república Mexicana. México, 2001. p. 17.

Cuadro 3. Grandes desastres en el mundo entre 1976 y 1998 según pérdidas económicas. Casos en donde se registran montos asegurados

Año	Fenómeno generador del Desastre	Regiones y/o Países	Pérdidas económicas	Montos asegurados
1976	Tormenta invernal	Europa	1300	500
1976	Sismo	Guatemala	1100	55
1979	Huracán	Caribe/Estados Unidos	2,000	250
1979	Huracán	Estados Unidos	2,300	752
1980	Huracán	Caribe/ Estados Unidos	1,500	58
1980	Sismo	Italia	10,000	40
1982	Tormenta invernal	Estados Unidos	1,000	345
1983	Huracán	Estados Unidos	1,650	1,275
1983	Inundación	España	1,250	433
1983	Tormenta invernal	Estados Unidos	1,800	880
1984	Granizada	Alemania	3,000	1,500
1985	Sismo	Chile	1,200	90
1985	Huracán	Estados Unidos	1,100	543
1985	Sismo	México	4,000	275
1986	Sismo	El Salvador	1,500	75
1987	Tormenta invernal	Gran Bretaña/Francia	3,700	3,100
1988	Huracán	Jamaica/México	2,000	800
1989	Huracán	Caribe/ EUA	9,000	4,500
1989	Sismo	Estados Unidos	6,000	900
1989	Sismo	Australia	3,200	870
1990	Tormenta invernal	Europa	15,000	10,000
1990	Sismo	Irán	7,000	100
1990	Sismo	Filipinas	2,000	20
1991	Inundación	China	15,000	410
1991	Huracán	Estados Unidos	1,000	620
1991	Huracán	Japón	6,000	5,200
1991	Incendio forestal	Estados Unidos	1,500	1,700
1992	Huracán	Estados Unidos	30,000	aprox 20,000
1992	Huracán	Estados Unidos (Hawai)	5,000	1,600
1993	Inundación	Estados Unidos (Misisipi)	12,000	100
1993	Inundación	Alemania/Europa Occidental	2,000	aprox. 800
1994	Sismo	Estados Unidos	40,000	12,500
1994	Granizada	Alemania	1,000	500
1994	Inundación	Italia	9,000	65
1995	Sismo	Japón (Kobe)	100,000	3,000
1995	Inundación	Estados Unidos	2,000	380
1995	Huracán	Estados Unidos	3,000	2,100
1995	Huracán	Caribe	2,500	1,500
1996	Inundación	China	20,000	400
1996	Huracán	Estados Unidos	3,000	1,600
1997	Inundación	Estados Unidos	2,000	280

TESIS CON
FALLA DE LIGERÓN

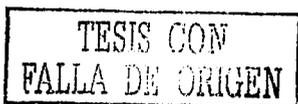
Continúa

Año	Fenómeno generador del Desastre	Regiones y/o Países	Pérdidas económicas	Montos asegurados
1997	Inundación	Estados Unidos	1,000	200
1998	Tormenta invernal	Canadá/EUA	2,500	1,150
1998	Inundación	China	30,000	1,000
1998	Granizada	Estados Unidos	1,800	1,350
1998	Tornados	Estados Unidos	1,000	650
1998	Huracán	India	1,700	400
1998	Inundación	Corea del Sur	1,480	1
1998	Huracán (Bonnie)	Estados Unidos	1,500	360
1998	Huracán (Georges)	Puerto Rico/Haití/EUA	10,000	3,300
1998	Huracán (Vicki)/Inundación	Japón/Filipinas	1,500	700
1998	Inundación	Estados Unidos	1,000	110
1998	Huracán (Mitch)	Costa Rica/El Salvador/EUA/México Guatemala/ Honduras/ Nicaragua	7,000	150

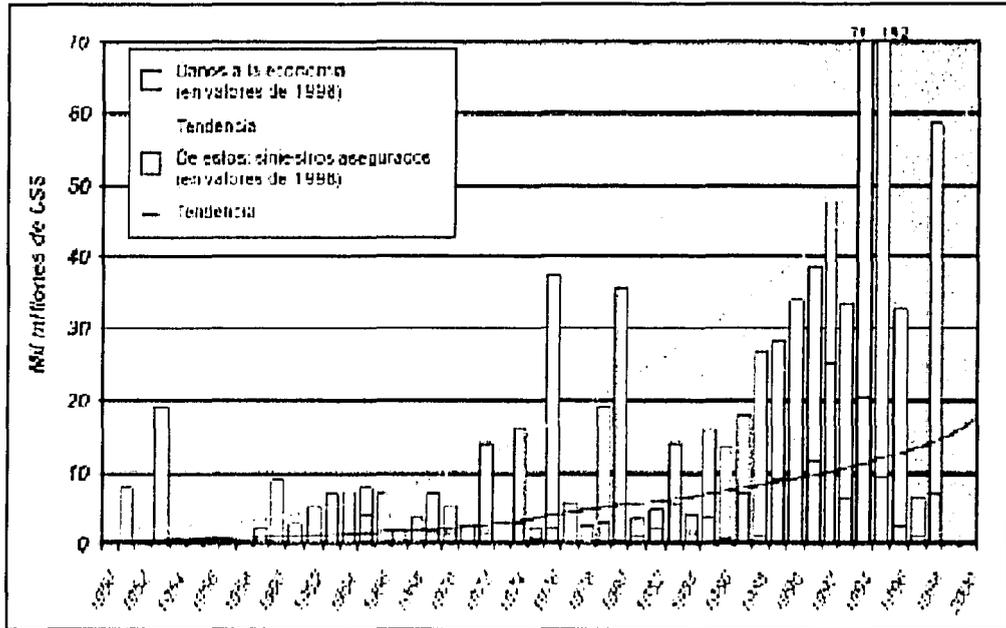
Fuente: Comité Alemán del DIRDN presentado por el CENAPRED en su Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. México, 2001. pp. 15 – 17.

Si bien la variación anual entre los daños económicos causados y los montos asegurados no expresa un comportamiento regular, lo que sí resulta claro es que la tendencia en términos de daños a la economía es creciente y su aumento anual significativo. Los costos han crecido a una tasa tal, que al comparar el período de 1994 – 1998 (a valor constante de 1998) respecto al lapso de 1960 - 1964, las pérdidas resultan 15 veces más altas (Gráfica 3).

En América Latina la frecuencia de estos siniestros está en aumento, según documento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) entre 1900 y 1989, la región enfrentó un promedio de 10.8 desastres por año, mientras en el período 1990-1998 ese promedio ascendió a 35.7 eventos desastrosos por año; señalando en sus conclusiones que entre los factores que exacerban la vulnerabilidad de esta región del mundo destacan: la pobreza; la concentración de la población en zonas de alto riesgo; el acelerado crecimiento demográfico; la degradación ambiental provocada por la explotación irracional de los recursos naturales, la baja calidad de la infraestructura (de las viviendas y de los servicios), así como por el bajo nivel de preparación de sus sociedades ante las emergencias.



Tendencia de los daños a la economía mundial y su relación con los montos económicos de los bienes afectados que se encontraban asegurados



Gráfica 3. La variación anual de las pérdidas económicas provocadas por los desastres es alta, lo mismo que la proporción de los montos que se hallaban asegurados, sin embargo la tendencia de los costos económicos que representan los desastres exhibe un claro y elevado crecimiento.

Fuente: Reporte de Munich Reinsurance, citado por CENAPRED en su Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, México, 2001. p. 19.

Los países en desarrollo serán los que paguen más caro el deterioro planetario, dado que la pobreza y el subdesarrollo de sus economías producen sociedades cada vez más frágiles y vulnerables, de aquí que: "La Reducción de la vulnerabilidad a las amenazas naturales debe ser vista como una inversión clave en América Latina y el Caribe, una región expuesta a catástrofes cada vez más frecuentes causadas por huracanes, terremotos, sequías e inundaciones".

Aseveración que forman parte de las conclusiones del estudio Desastres naturales: un problema de desarrollo en América Latina y el Caribe realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Al respecto Ulrich Beck en su disertación "La irresponsabilidad organizada" ⁴ basada en la afirmación de que somos *la sociedad mundial del riesgo* que vive en la época de la industrialización en la que los hombres han de enfrentarse al desafío que plantea la capacidad de la industria para destruir todo tipo de vida sobre la Tierra y su dependencia de ciertas decisiones; subraya, que nos encontramos en una coyuntura en la que los desastres de origen natural se juntan con desastres comerciales, por ejemplo, las consecuencias del agujero de ozono y el efecto invernadero harán que la temperatura y el nivel del mar se eleven en todo el mundo; el inicio de esta era cálida acabará por anegar zonas costeras enteras, provocará la desertización de zonas agrícolas, introducirá modificaciones de consecuencias incalculables en la distribución climática y acelerará de modo dramático el proceso de extinción de especies enteras. Las zonas más pobres del mundo serán las más afectadas porque son las que poseen menor capacidad de adaptación ante cualquier modificación del entorno. Quienes sientan amenazadas las bases de su existencia emigrarán de las zonas más miserables, se producirán entonces, auténticas migraciones de fugitivos del desastre ecológico en busca de refugio en los países ricos; las crisis que se desaten en el Tercer y Cuarto Mundo podrán derivar fácilmente en guerras. Sin embargo apunta Beck, las cosas podrían ser más sencillas si se consiguiera evitar que los países pobres cometieran los mismos errores que los países altamente industrializados a lo largo de su proceso de industrialización.

No obstante la construcción descontrolada de sociedades industriales sigue siendo considerada como la mejor de las vías posibles para superar entre otros problemas, la pobreza, de modo que la necesidad evidente de combatir la miseria provoca la marginación de la destrucción del medio ambiente natural. Incluso cínicamente algunos anotarían que gracias a su pobreza estos países pueden convertirse "voluntariamente" en depósito baratos de los residuos tóxicos que generan los países industrializados productores de grandes cantidades de basura, y agregaríamos nosotros, los que explotemos, ajenos a nuestro futuro, irracionalmente y hasta el límite nuestras reservas naturales.

Para que años más tarde ante el deterioro planetario, con toda arrogancia los gobiernos de los países ricos acusen, de irresponsabilidad, ignorancia o inconsciencia a los países subdesarrollados; cuando los orígenes de la degradación ambiental son el "desarrollo" y la comercialización de todo cuanto éste genera, además de la pobreza, consecuencia directa de la distribución desigual e injusta de la riqueza creada por el primero.

⁴ Beck, U. Risikogesellschaft Auf den Weg in eine andere Moderne, Frankfurt, 1986. Cita tomada del documento en español traducido por Elisa Renau. "La irresponsabilidad organizada". Alemania, S.G.S. L., Alzira Comisiones Obreras. www.ccoo.es/arcadia/arc_01_bec.html

Pero, ¿cómo se encuentra la proporción de destrucción ambiental entre los países industrializados del Norte y los países subdesarrollados del Sur? Con una población equivalente al 15 % del total mundial, los países del Norte consumen el 80 % de los recursos no renovables, lo que da lugar a la devastación de los recursos naturales y el medio ambiente de los países subdesarrollados, en virtud de las políticas de exportación que acuna el modelo de desarrollo económico internacional, las cuales ejercen fuertes presiones sobre los recursos naturales de los países pobres.

La moral ecológica no es a menudo tan inocente, la protección de la naturaleza acaba en no pocas ocasiones por convertirse en una mera cuestión de mercados y de competencia internacional.

Beck, U. "La irresponsabilidad organizada". Traducción en español por Elisa Renau. Germania, S.G.S. L., Alzira Comisiones Obreras. www.ccoo.es/arcadia/arc_01_bec.html

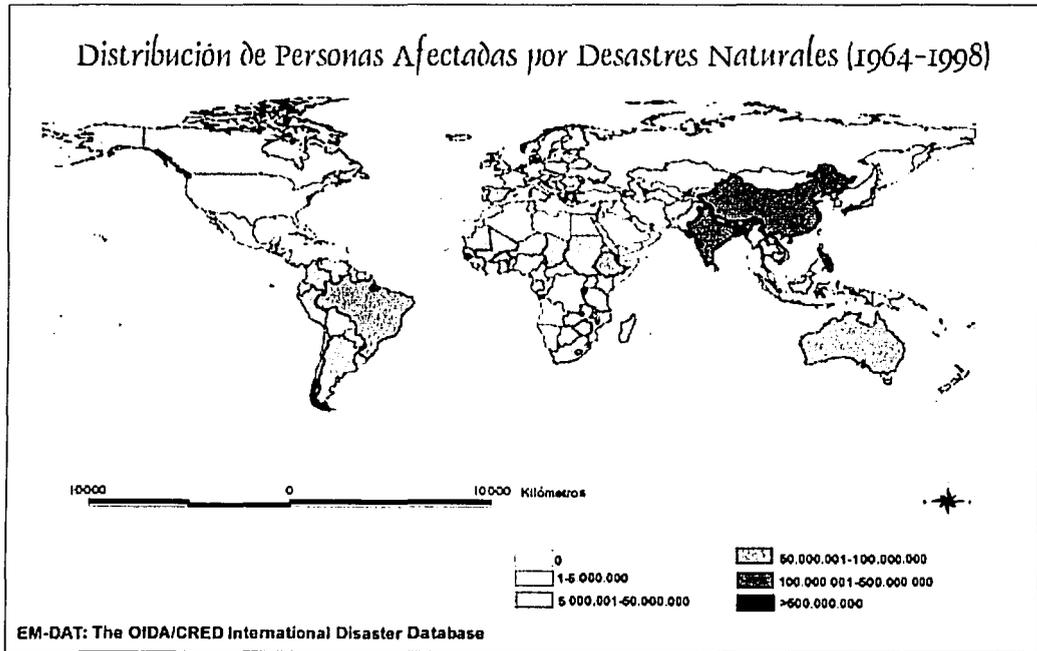


Figura 1. El impacto de los desastre es mayor en los países subdesarrollados y dentro de estos tiende a concentrarse en los sectores sociales con menor capacidad económica.

Los pobres no sólo soportan una cuota desmedida de impacto de los desastres, sino que además se encuentran en desventaja durante las fases de rehabilitación y reconstrucción. El desastre no sólo les destruye sus fuentes de trabajo, sino que es difícil que puedan afrontar gastos adicionales para la reconstrucción. De esta forma, se acelera el ciclo de empobrecimiento y consecuentemente, aumenta la vulnerabilidad frente a los desastres.⁵

Los desastres son un problema de desarrollo de los países.

- Porque en los países en desarrollo, algunos fenómenos naturales suelen tener consecuencias mayores que en los países desarrollados, debido a que diversos factores asociados al bajo nivel de desarrollo de los primeros son la causa de la amplificación de las consecuencias de destrucción.
- Porque el impacto de los fenómenos naturales sobre las posibilidades de desarrollo de largo plazo es sensiblemente mayor en los países menos desarrollados.

"Sin duda el patrón de desarrollo seguido por la mayoría de los países con altos grados de pobreza, exclusión socioeconómica y deterioro del ambiente, es un factor principal. De muchas formas, la pobreza cierra y exacerba el círculo vicioso de los desastres"

BID - CEPAL. "Desastres naturales: un problema de desarrollo en América Latina y el Caribe". Conferencia presentada en el Seminario: Cómo enfrentar los Desastres Naturales: Una cuestión de Desarrollo. Nueva Orleans, Estados Unidos, 2000.

Cada vez más, los países y las sociedades se dividen entre ricos y pobres, poderosos y desheredados, las brechas entre ellos crecen aceleradamente y la capacidad para responder a los riesgos impuestos por la naturaleza se va delimitando por esas divisiones. La pobreza y el deterioro ambiental de la mano, crean a su vez una espiral de pobreza y deterioro, amalgama perfecta que favorece el desencadenamiento de desastres y determina su agresividad.

En 1990, la Oficina del Coordinador de Naciones Unidas para Socorro en caso de Desastre (UNDRO) elaboró su primera evaluación de la vulnerabilidad de los países ante las catástrofes naturales. Dentro del marco de los impactos económicos de los desastres, la UNDRO creó un índice de propensión a las catástrofes para cada país. El índice proporciona un cálculo de los efectos económicos globales a lo largo de un periodo de veinte años como porcentaje del PNB anual. Este índice sólo incluye aquellas catástrofes naturales significativas, definidas como causantes de daños superiores al 1% del PNB del país afectado (PNUMA 1993). Si bien el índice

⁵ "Hacia un mundo más seguro frente a los desastres naturales. La trayectoria de América Latina y el Caribe". Organización Panamericana de la Salud, OMS, DIRDN. 1994.

de propensión a las catástrofes tiene un carácter introductorio, proporciona a nivel global, algunas estadísticas comparativas de la vulnerabilidad de cada país frente a las catástrofes.

PROPENSIÓN A LAS CATÁSTROFES

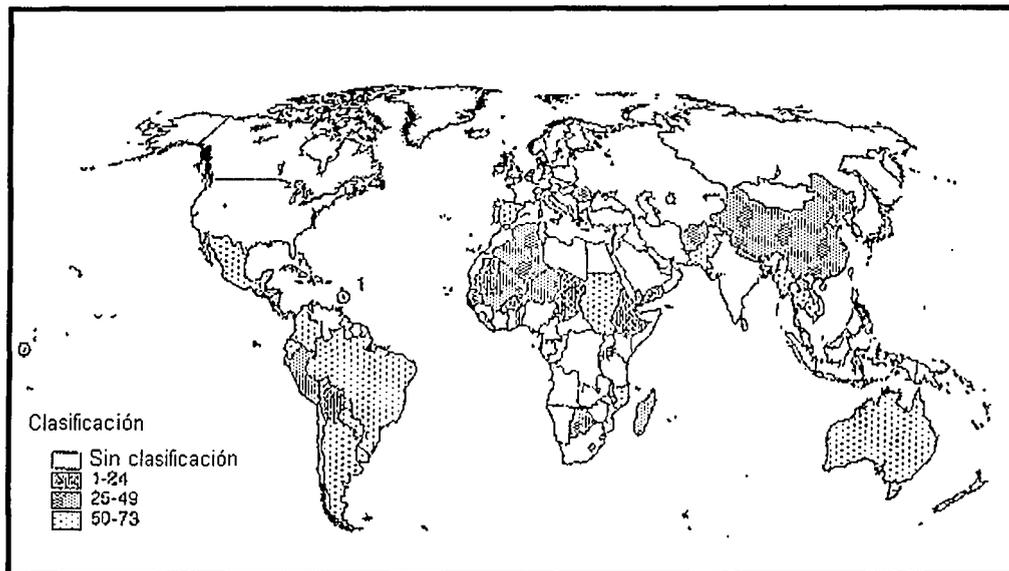


Figura 2. Los datos se basan en desastres significativos ocurridos en el período 1970-1989 y están clasificados según la variable del índice total. Cuanto más alto el lugar ocupado en la clasificación, mayor la propensión al desastre.

Fuente: Programa para el cuidado del Medio Ambiente (PNUMA), 1993. Tomado de Cutter, Susan L. Respuestas sociales a los riesgos ambientales. <http://www.unesco.org/issj/rics150/cutter159.htm>

Ante este panorama, la Asamblea General de las Naciones Unidas decretó en es mismo año, el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN), con el fin de promover la mitigación de daños mediante la incorporación de la prevención de los desastres en el desarrollo económico y social en todas las naciones del mundo. Entre sus metas y objetivos destacaban:

- "Mejorar la capacidad de cada país para mitigar los efectos de los desastres naturales, poniendo especial atención en asistir a los países en vías de desarrollo en la evaluación de daños potenciales debido a los desastres y en el establecimiento de sistemas de alerta temprana..."
- "Desarrollar medidas para la evaluación, predicción, prevención y mitigación de los desastres naturales a través de programas con asistencia técnica y transferencia de tecnología, educación y capacitación así como evaluar la efectividad de estos programas".

Asimismo, la ONU instó a todos los países a tener para el año 2000:

- Una evaluación nacional general de riesgos producto de los peligros naturales, integrados en los planes de desarrollo nacional.
- Planes de mitigación para su aplicación en los ámbitos local y nacional, dirigidos a la prevención de desastres y al conocimiento de la comunidad a largo plazo.
- Acceso a los sistemas de alerta en diferentes ámbitos espaciales.⁶

El decenio terminó y entre los logros se cuenta la inclusión de los temas de la prevención de desastres y la reducción de la vulnerabilidad dentro de las agendas de muchas organizaciones nacionales e internacionales, sin embargo, los desastres siguen aumentando. El deterioro ambiental, el incremento de la población, la rápida urbanización, así como el creciente empobrecimiento de una gran parte de la población mundial, continúan haciendo a las sociedades más vulnerables a los riesgos y más propensas a los desastres; de ahí la importancia de incorporar a la *prevención del riesgo* como parte de las soluciones del desarrollo. Asuntos éstos, que asume la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD) sucesora de lo iniciado durante el DIRDN.⁷

La EIRD se estructura alrededor de cuatro temas fundamentales:

Conciencia pública

Sensibilizar a la población sobre los riesgos que representan los peligros naturales, tecnológicos y ambientales para las sociedades modernas.

Compromiso político de autoridades y comunidades

Obtener el firme compromiso de las autoridades públicas de reducir los riesgos que afectan el sustento y la infraestructura social y económica de la población y los recursos ambientales.

Comunidades resistentes ante los desastres

Lograr la participación del público en todos los ámbitos de ejecución para crear comunidades capaces de resistir a los desastres mediante cooperación horizontal y redes ampliadas para la reducción del riesgo en todos los niveles.

Reducción de pérdidas socioeconómicas

Reducir las pérdidas económicas y sociales causadas por los desastres, calculadas sobre la base de un porcentaje acordado internacionalmente del PIB de los países.

⁶ DIRDN. *Guía para la Comunicación Social y la Prevención de Desastres*. "La prevención de desastres comienza con la información". Naciones Unidas, 1998. (<http://www.disaster.info.desastres.net/idndr/public/comunic/cap1.htm>)

⁷ "Editorial: El Decenio termina y comienza un nuevo Milenio! A implementar conjuntamente la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres". En *DIRDN Informa*, Revista para América Latina y el Caribe, núm. 15, 1999. (http://www.disaster.info.desastres.net/idndr/dirdninf/No15_99/espanol/index_15.htm)

En el caso particular de América Latina, aunque sin duda la situación es similar en el resto de los países subdesarrollados, los desastres repercuten cada vez con mayor fuerza en el desarrollo de las economías regionales. La destrucción de infraestructura productiva como: carreteras, instalaciones energéticas, obras para el abastecimiento de agua, etc., tiene un doble impacto, por un lado, se pierden costosas inversiones en regiones en donde la falta de capitales es un problema permanente y en donde además, la infraestructura existente es por lo general deficiente o insuficiente; remplazar la infraestructura destruida significa desviar recursos que hubieran podido utilizarse en nuevas inversiones productivas o en el impulso del desarrollo social, y por otro lado, la pérdida de esa infraestructura paraliza o retrasa la actividad económica y social de la población afectada.

Para poder explicar por qué, la destrucción causada por una determinada amenaza natural se convierte en un grave desastre para la población, es preciso analizar el proceso de transformación de las relaciones sociales de producción a través de factores claves como: la evolución de los sistemas de producción de bienes y servicios, la concentración de los recursos financieros en determinados grupos sociales, el incremento del desempleo y del subempleo, etc. Por ejemplo, un terremoto no sería la causa principal del próximo desastre sísmico a ocurrir en Lima, Perú, sino más bien el proceso de deterioro y densificación urbana que se vive en las zonas tugurizadas de esa ciudad.⁸

Al respecto, Wilches-Chaux⁹ se pregunta: ¿cómo diferenciar entre los damnificados de un desastre y los damnificados de la vida? Si la intención es mitigar los efectos de los desastres, es preciso enfrentar los procesos causales que están escondidos tras la vulnerabilidad visible de la población. Puesto que es muy difícil negar que existe relación entre el aumento de la vulnerabilidad y los modelos de desarrollo y ocupación espacial aplicados en la región, debería ser evidente en consecuencia, que para reducir la vulnerabilidad es preciso cambiar la dirección y los patrones de las relaciones sociales y territoriales de producción.¹⁰

Mientras tanto, los desastres continúan registrándose, su impacto social y económico agudizándose, y las fronteras entre desastres y vida cotidiana haciéndose cada vez más difíciles de establecer.

⁸ Maskrey, A. "Vulnerabilidad y mitigación de desastres". En La Red, Los desastres no son naturales. Maskrey, A. compilador. ITDG. Lima, 1993. Documento consultado en <http://osso.univalle.edu.co/tmp/lared/public/libros>

⁹ Wilches-Chaux, G. "La vulnerabilidad global". En La Red. Los desastres no son naturales. Maskrey, A. Compilador. ITDG. Lima, 1993. Documento consultado en: <http://osso.univalle.edu.co/tmp/lared/public/libros>

¹⁰ Maskrey, A. "Vulnerabilidad y mitigación de desastres". Op. cit.

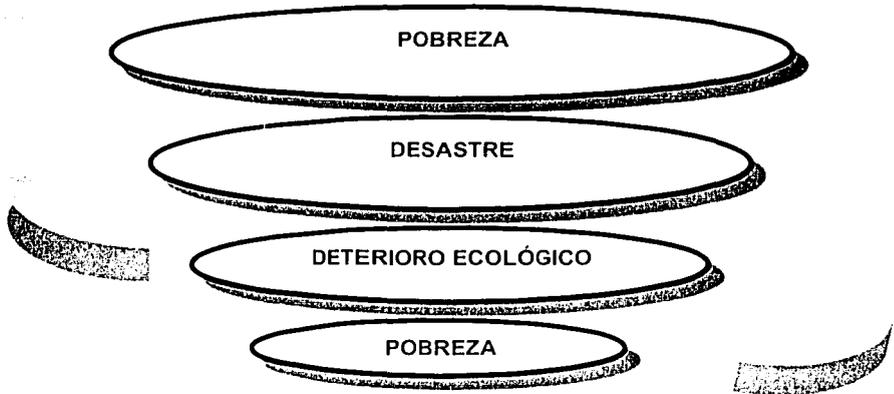


Figura 3. ¡La espiral viciosa se perpetua!

Respecto al manejo de los desastres, en términos generales, en los países industrializados el problema es fundamentalmente un problema logístico, en cambio en los países subdesarrollados, si bien la logística constituye un factor esencial para la atención de las emergencias, el problema es mucho más de fondo, dado que en estos espacios, los desastres evidencian y agudizan las amenazas contra la vida, los bienes y las oportunidades de los miembros de las comunidades afectadas, que de manera activa o potencial están siempre presentes en su medio ambiente. Muchas veces incluso, la atención y solidaridad pública que despierta el desastre, constituyen, una ruptura temporal de esa "rutina de amenaza" que es lo "normal" en la comunidad.¹¹

El énfasis del DIRDN en la planificación multisectorial conlleva un enérgico mensaje de que los sistemas tradicionales de defensa civil, orientados únicamente a las operaciones de respuesta, deben integrarse a una estructura más orientada hacia el desarrollo. La vasta experiencia Latinoamericana en el enfrentamiento de los riesgos naturales ha mostrado que no existen atajos que conduzcan a la reducción de los desastres. El viaje sigue más bien un sendero donde el progreso se alcanza en la medida que los países reconocen que la administración de los desastres es algo más que un ejercicio logístico, es una responsabilidad por el desarrollo y la planificación que reclama la colaboración multidisciplinaria.¹²

¹¹ Wilches-Chaux, G. "La vulnerabilidad global". Op. cit.

¹² Organización Panamericana de la Salud. "Hacia un mundo más seguro frente a los desastres naturales. La trayectoria de América Latina y el Caribe" OMS, DIRDN. 1994.

2. Caso de México. Panorama general de las condiciones de riesgo en el país

México es sin duda un país de alto riesgo, debido a que en él están presentes diversos tipos de fenómenos generadores de desastres y aunque la presencia de éstos es casi una constante, las medidas de prevención y mitigación no han sido consideradas como elementos importantes dentro del diseño de las políticas de desarrollo llevadas a cabo por el Estado, en cuyo lugar, sólo se han establecido líneas generales orientadas a la atención de emergencias; situación directamente relacionada con la concepción que tienen, de los desastres, los responsables de la Seguridad Nacional.

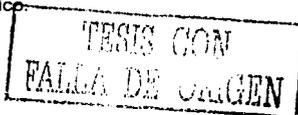
Como ejemplo baste una nota periodística dada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO)¹³, en la cual se señala que 40 ciudades del país se encuentran clasificadas en riesgo debido a la posible presencia de sismos o huracanes (Cuadros 4 y 5) y sin embargo, sus procesos de planeación urbana se encuentran totalmente desvinculados de las políticas Demográficas y de Protección Civil. El secretario General del CONAPO señaló al respecto que, desde la política de Población, se necesitan establecer vínculos más sólidos con otras políticas públicas, particularmente con las de Protección Civil, a fin de reorientar las estrategias de redistribución territorial de la población y contribuir así, a fortalecer los mecanismos orientados a la prevención de desastres.

Cuadro 4. Ciudades con alto nivel de riesgo ante la posible ocurrencia de un sismo

ENTIDAD	CIUDAD	POBLACIÓN
Más de un millón de habts.		
Distrito Federal y Edo. México	ZM Ciudad de México	16,898,316
Jalisco	ZM Guadalajara	3,461,819
Puebla	ZM Puebla	2,015,011
Entre 100 mil y 999,999 habts.		
Colima	ZM Colima	187,081
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	378,079
	Tapachula	163,253
Guerrero	Acapulco	592,528
	Chilpancingo	123,475
Jalisco	Puerto Vallarta	121,844
Estado de México	ZM Toluca	992,081
Michoacán	Morelia	512,169
	Uruapán	215,449
	ZM Zamora	214,938
TOTAL:		25,876,043

Fuente: Reforma. Nota de Ivonne Melgar. "Ubican en 40 ciudades alto riesgo de desastres. Es rico el diagnóstico, pobre la prevención. CONAPO". 14 de julio de 1999. México.

¹³ Reforma. Nota de Ivonne Melgar. "Ubican en 40 ciudades alto riesgo de desastres. Es rico el diagnóstico, pobre la prevención. CONAPO". 14 de julio de 1999. México.



Cuadro 5. Ciudades con alto nivel de riesgo ante la posible presencia de huracanes

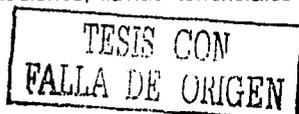
ENTIDAD	CIUDAD	POBLACIÓN
Más de un millón de habts.		
Baja California	ZM Tijuana	1,038,188
Nuevo León	ZM Monterrey	2,988,081
Entre 100 mil y 999,999 habts.		
Baja California	Ensenada	192,550
Baja California Sur	La Paz	154,314
Campeche	Campeche	178,160
	Ciudad del Carmen	114,360
Chiapas	Tapachula	163,253
Guerrero	Acapulco	592,528
Jalisco	Puerto Vallarta	121,844
Nayarit	Tepic	254,551
Quintana Roo	Cancún	297,183
	Chetumal	115,152
Sinaloa	Culiacán	505,518
	Mazatlán	302,808
	Los Mochis	188,349
Sonora	Ciudad Obregón	244,028
	ZM Guaymas	183,232
Tamaulipas	ZM Tampico	705,302
	Matamoros	323,794
Veracruz	ZM Coatzacoalcos	627,052
	ZM Veracruz	560,200
Yucatán	ZM Mérida	772,645
TOTAL		10,623,092

Fuente: Reforma. Nota de Ivonne Melgar. "Ubican en 40 ciudades alto riesgo de desastres. Es rico el diagnóstico, pobre la prevención. CONAPO". 14 de julio de 1999. México.

Por otra parte, a juicio de las autoridades del CONAPO en ese momento, la información sobre los riesgos potenciales a los que se encuentran sujetas localidades o regiones del país es suficiente, de lo que se carece es de respuestas institucionales que hagan uso de ese conocimiento.

En México, los peligros capaces de generar un desastre son diversos y varían de región en región, pero paradójicamente, los que pueden desencadenar los desastres de mayor magnitud, son los que mayor presencia registran a todo lo largo y ancho del territorio nacional. Se trata, de acuerdo con la clasificación de fenómenos generadores de desastres que propone el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) dependiente de la Secretaría de Gobernación, de los llamados por ellos, riesgos de tipo geológico, hidrometeorológico y químico.

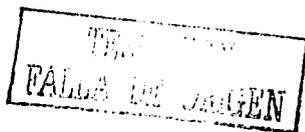
De 63 eventos registrados entre 1960 y 1999 (Cuadro 6) el 57 % fueron hidrometeorológicos (huracanes, inundaciones, lluvias torrenciales o sequías), 16% de origen químico (explosiones,



escapes de sustancias tóxicas e incendios forestales) y 14 % correspondieron a desastres desencadenados por fenómenos geológicos (sismos y erupciones volcánicas).

Cuadro 6. Grandes desastres en la República Mexicana. 1960-1999

Año	Desastre	Región o entidad federativa	Comentarios
1960-ene.	Inundación	Sinaloa-Sonora	Pérdidas estimadas en 18,815 millones de dólares; 24,000 damnificados, 30 pueblos inundados por desbordamiento del río Fuerte.-
1961-nov.	Huracán	Guerrero	Más de 300 muertos y cerca de 8,000 damnificados causó el huracán Tara.
1963-sep.	Inundación	Tabasco	40,000 damnificados, 2 pueblos inundados y 3 campos petroleros.
1960-1964	Sequía	Norte-noreste-Golfo de México centro occidente y centro sur	81 personas muertas (1962) en Nuevo León. Grandes pérdidas económicas en la ganadería y agricultura (maíz, algodón, frijol y bosques entre los más afectados).
1966-oct.	Huracán	Tamaulipas	Más de 20,000 damnificados por el huracán Inés.
1967-sep.	Huracán	Tamaulipas-Nuevo León	Pérdidas estimadas en más de 500 millones de dólares: 100,000 damnificados, por el huracán Beulah.
1967-sep.	Huracán	Guerrero-Nayarit-Sonora	Más de 15 muertos y 30,000 damnificados por el huracán Katrina.
1968-sep.	Huracán	Colima-Jalisco-Sinaloa-Sonora Durango-Coahuila-Chihuahua	Más de 10 muertos y 50,000 damnificados por el huracán Naomi.
1969-mar	Explosión	Coahuila	168 muertos en una mina, bolsas de gas Grisú causaron la tragedia.
1969-sep.	Inundación	Veracruz-Oaxaca	150,000 damnificados en Oaxaca; y 30,000 en Cosamaloapan.
1973-ago.	Sismo	Puebla-Veracruz-Oaxaca	Pérdidas por varios millones de pesos; 530 muertos.
1976-oct.	Huracán	Baja California Sur-Sonora	Pérdidas estimadas en 3 millones de dólares, más de 1000 muertes (en la Cd. de La Paz) y los damnificados fluctuaron entre 10,000 y 12,000, por el huracán "Liza".
1970-1978	Sequía	Norte-noreste, centro occidente y centro sur	100 niños mueren deshidratados en 1972, en Nuevo León; 24 en 1977. En Coahuila. Grandes pérdidas económicas en la agricultura y ganadería.
1979-mar.	Sismo	Distrito Federal-Guerrero	600 edificios dañados; el epicentro en las costas de Guerrero
1979-jun.	Derrame e incendio	Yucatán-Campeche-Tabasco	Pérdidas de 35 millones de pesos por el incendio en el pozo Ixtoc, 10 años para reparar daños ecológicos por el derrame de hidrocarburos.
1980-ene.	Inundación	Baja California	30,000 damnificados en Tijuana y Ensenada.
1980-feb.	Lluvias torrenciales	Baja California	14,000 damnificados en Tijuana, Ensenada y Tecate.
1980-ago.	Huracán	Tamaulipas	Pérdidas por 100 millones causó el huracán Allen en Matamoros; 25,000 personas desalojadas.
1980-oct.	Sismo	Oaxaca-Puebla	50 muertos y 15,000 damnificados, la mayoría en Huajuapán de León, Oaxaca.
1981-ago.	Inundación	Veracruz-Guerrero	Más de 30,000 damnificados.
1981-ago.	Escape tóxico	San Luis Potosí	Fuga de cloro, cerca de la estación de tren Montaña; 28 muertos; 1,000 intoxicados y 5,000 personas evacuadas.
1981-oct.	Inundación	Sinaloa	Desbordamiento del río Fuerte provocado por la tormenta tropical Lidia, cerca de 63,000 damnificados.
1982-sep.	Huracán	Sinaloa	Pérdidas por 4,500 millones de pesos; 257,000 damnificados, por el huracán Paul.
1982 mar./abr.	Vulcanismo	Chiapas	Erupción del Chichón; 20,000 damnificados. Mueren cerca de 2,000 personas por las erupciones del 28 de mar y el 4 de abr.
1983-jul.	Inundación	Estado de México	30,000 damnificados en el Valle de Toluca.
1984-nov.	Explosión	Estado de México	550 muertos y 5,000 damnificados por la explosión de tanques con gas propano en San Juan Ixhuatepec
1984-dic.	Escape tóxico	Tamaulipas	Fuga de amoníaco, cerca de Matamoros; 182 intoxicados y 3,000 personas evacuadas.
1985-sep.	Sismo	Distrito Federal-Michoacán	Pérdidas por más de 4,000 millones de dólares; 4,287 muertos y 37,300 damnificados.



Continúa

Año	Desastre	Región o entidad federativa	Comentarios
1985	Lluvias torrenciales	Nayarit	Pérdidas estimadas en 4,200 millones de pesos; 48,000 damnificados.
1986-jun.	Inundación	Veracruz	8,000 damnificados al desbordarse el río Ostula.
1986-dic.	Escape tóxico	Tabasco	Fuga en una tubería de gas natural cerca de Cárdenas; dos personas intoxicadas y más de 20,000 evacuadas.
1987-abr.	Accidente aéreo	Distrito Federal	166 muertos al caer un jet.
1988-sep.	Huracán	Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Nvo. León, Coahuila y Tamaulipas	Pérdidas estimadas en más de 750 millones de dólares; 250 muertes y 150,000 damnificados."Gilberto".
1989-jun.	Incendio forestal	Quintana Roo	Doce incendios afectaron 119,000 ha., de las cuales 80,000 corresponden a selva media, y 35,000 a selva baja.
1989-dic.	Plagas	Yucatán	Más de 200,000 hectáreas daña la langosta, principalmente hortalizas y pastizales.
1990-ago.	Huracán	Veracruz, Hidalgo	Pérdidas por más de 250 mil millones en Veracruz; 50,000 damnificados y 66 muertos en Hidalgo."Diana"
1990-dic/ene 1991	Inundación	Sonora-Baja California Sur y Sonora-Sinaloa-Chihuahua	Pérdidas estimadas en más de 53,000 millones de dólares; 40,000 damnificados.
1991-jul.	Inundación	Zacatecas	10, 500 damnificados y dos puentes caídos por el desbordamiento de una presa.
1992-ene.	Inundación	Nayarit	Pérdidas estimadas en más de 161,000 dólares; 10,000 damnificados.
1992-abr.	Explosión	Jalisco	206 muertos y 6,500 damnificados por la explosión de hidrocarburos en el alcantarillado de Guadalajara.
1992-may.	Incendio	Nuevo León	Pérdidas por 37,000 millones de pesos en la planta de rayón.
1993-ene.	Inundación	Baja California Veracruz, Hidalgo, Tamaulipas y San Luis Potosí.	Pérdidas estimadas en 600 millones de pesos en el sector industrial; 92 muertos y 10,000 damnificados en Tijuana.
1993-sep.	Huracán	Baja California Sur	40 muertes y más de 72,000 damnificados por el huracán Gert
1993-nov.	Inundación	Baja California Sur	Pérdidas estimadas en más de 63 millones de dólares y 10,000 damnificados en Los Cabos.
1995-sep.	Huracán	Sonora-Sinaloa	Entre 150 y 200 pescadores murieron en Sinaloa y más de 24,000 damnificados por el huracán Ismael.
1995-oct.	Huracán	Veracruz-Tabasco-Yucatán Campeche-Quintana Roo	Más de 40,000 damnificados por el huracán Roxanne. 32 muertes y 250,000 damnificados por el huracán Opal.
1995-sep.	Sismo	Guerrero-Oaxaca	10,000 damnificados.
1995-oct.	Sismo	Colima-Jalisco	Pérdidas por más de 7 millones de dólares; 34 muertos; más de 1,000 damnificados.
1993-1996	Sequía	Norte-noroeste-sur y centro	54 personas mueren por deshidratación (1994) en Chihuahua; grandes pérdidas económicas en la ganadería y agricultura; trigo y maíz los más afectados.
1997-oct.	Huracán	Oaxaca-Guerrero	Pérdidas por más de 80,000 millones de pesos; más de 200 muertos y 50,000 damnificados por el huracán Pauline.
1998-sep.	Huracán	Sonora-Sinaloa	Más de 50 millones de pesos en pérdidas por el huracán Isis.
1998-sep.	Lluvias torrenciales	Chiapas Tabasco-Yucatán-Campeche y Quintana Roo	407 muertos; 28,753 damnificados; 353 poblaciones afectadas.
1998-oct.	Huracán	Quintana Roo	13,000 damnificados por el huracán Mitch.
1998	Incendios forestales	Oaxaca-Chiapas-Durango	849,632 hectáreas dañadas; los estados más afectados fueron Oaxaca con 241,708; Chiapas con 198,808 y Durango con 68,960.
1999-jun.	Sismo	Puebla-Oaxaca	15 muertos. Daños estimados en \$1,434.7 millones de pesos, principalmente en viviendas y edificios históricos. Causó daños de consideración al sur de Puebla y norte de Oaxaca, y en menor medida en los estados de Guerrero, Morelos, México, Tlaxcala y Veracruz.
1999-sep.	Sismo	Oaxaca	35 muertos; más de 10,000 viviendas afectadas. Daños estimados en 1,424 millones de pesos, principalmente por derrumbes en carreteras.

034

TRIS CON
FALLA DE ORIGEN

Continúa

Año	Desastre	Región o entidad federativa	Comentarios
1999-oct.	Lluvias torrenciales	Puebla-Oaxaca-Veracruz-Tabasco-Hidalgo	329 muertos, más de 295,000 damnificados y 178 municipios afectados. Los daños estimados en más de 10,000 millones de pesos. Las ciudades de Villahermosa, Tab. y Tulancingo Hgo. inundadas varios días. Un alud sepulcó casas en Teziutlan, Pue.

Se incluyen sólo los eventos que registraron más de 100 víctimas o pérdidas económicas extraordinarias, en el caso de la estimación de los costos, las cifras corresponden a estimaciones, dado que excepto para los últimos 20 años no se cuenta con valoración de pérdidas económicas, señala la fuente.

Fuente: Prontuario de Contingencias del Siglo XX Mexicano y trabajo de recopilación de fuentes periodísticas realizado por el CENAPRED. Información tomada del CENAPRED en su Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México, Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, México, 2001. pp. 15 - 17.

La clasificación de peligros establecida por el SINAPROC se basa en la naturaleza de los desastres. Constituye a decir de sus postulantes, un esquema de clasificación útil para orientar el estudio de los fenómenos destructivos atendiendo a su origen, el cual puede ser geológico, hidrometeorológico, químico, sanitario o socio-organizativo.

CLASIFICACIÓN DE RIESGOS SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL

Riesgos geológicos

Derivados de la actividad tectónica del planeta y de los procesos asociados a ésta, tales como sismos, maremotos (tsunamis), vulcanismo, deslaves, colapsos de suelos, flujos de lodo, hundimientos regionales, agrietamientos.

Hidrometeorológicos

Provocados por la acción de fenómenos atmosféricos como huracanes; inundaciones fluviales y pluviales; tornados; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; sequías y temperaturas extremas.

Químicos

Están vinculados preponderantemente a las concentraciones urbanas e industriales, incluye incendios (domésticos, industriales y forestales); explosiones, derivadas en su mayoría por el uso, transporte y almacenamiento de productos combustibles de alto potencial explosivo; radiaciones, fugas tóxicas y envenenamientos masivos.

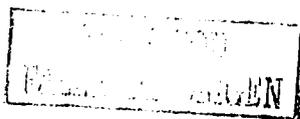
Sanitarios

Sus fuentes se ubican en las grandes concentraciones de población, destacan en este grupo, fenómenos como la contaminación del aire, del suelo y del agua; la desertificación; las epidemias y plagas; y la lluvia ácida.

Socio-organizativos

Sus orígenes se inscriben en las actividades de las concentraciones humanas, se trata de fenómenos tales como desplazamientos tumultuarios de personas; concentraciones masivas de población en lugares inapropiados; accidentes de transporte (carreteros, ferroviarios, aéreos, fluviales y marítimos) que por su tipo o magnitud pueden afectar a una parte de la sociedad y los actos de terrorismo y sabotaje.

Fuente: Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. "Protección Civil, un plan para protegernos". La prevención de desastres en México. Fascículo 1. 3ª reimpresión. México, 1995.



Partiendo de que la generación de los desastres es multicausal, el hecho de compartimentar los orígenes como lo hace esta clasificación, puede en algunos casos sesgar y/o forzar los análisis del complejo fenómeno de los desastres, sin embargo, el trabajo se desarrolla en lo posible con base en el referido esquema.

En relación a los peligros geológicos, México se sitúa entre los países con más alta sismicidad en el mundo, ya que en él se concentra el 6% de la actividad sísmica del planeta, consecuencia directa de su localización en la interacción de diversas placas tectónicas: Pacífico, Norteamérica, Caribe y Cocos; además de importantes fallas continentales como la de San Andrés y otras fallas regionales o locales, entre las que destacan la de Acambay en el centro del país y el sistema de fallas de Ocosingo en Chiapas. La zona afectada por sismos comprende más del 50 % del territorio nacional.

En los últimos 40 años han alcanzado registro por su severidad ocho eventos sísmicos (Cuadro 6), sobresaliendo el terremoto de 1985 que causó fuertes daños a la ciudad de México.

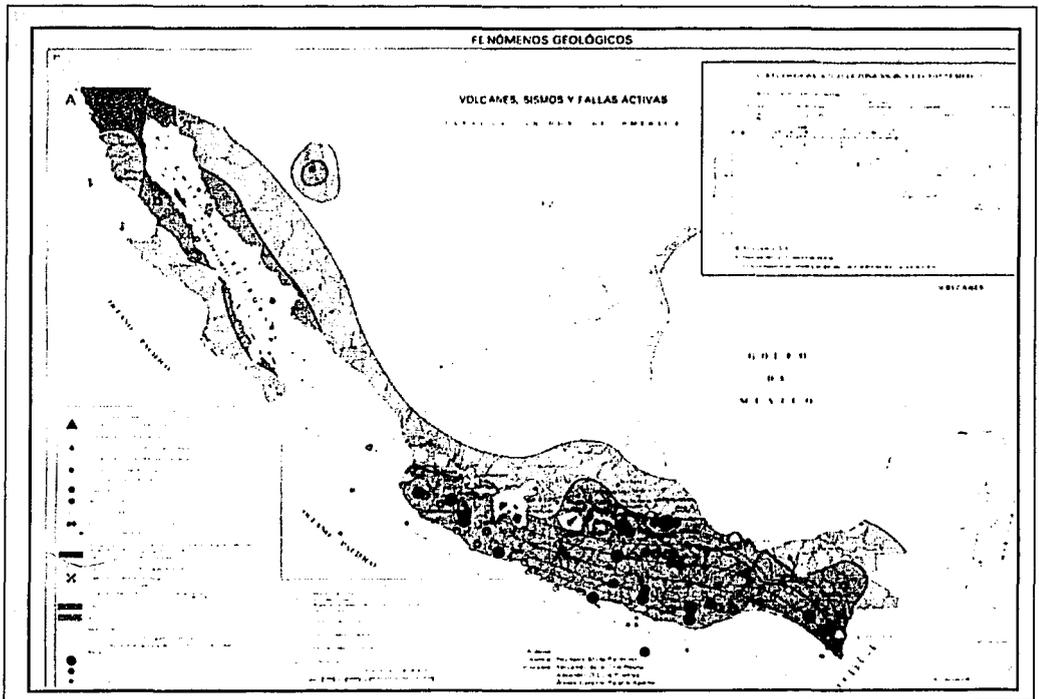


Figura 4. Fenómenos geológicos y distribución de las zonas sísmicas en el país.
Fuente: Instituto de Geografía, UNAM. Atlas Nacional de la República Mexicana.

Respecto al vulcanismo, en México existen 14 volcanes que en tiempos históricos han registrado algún tipo de actividad eruptiva y existen otros más que si bien se consideran activos, no han presentado ningún tipo de actividad. Actualmente, los volcanes de Fuego de Colima, Popocatépetl, Tacaná y Evermann son los que representan los mayores niveles de riesgo dadas sus recientes o presentes manifestaciones de actividad.

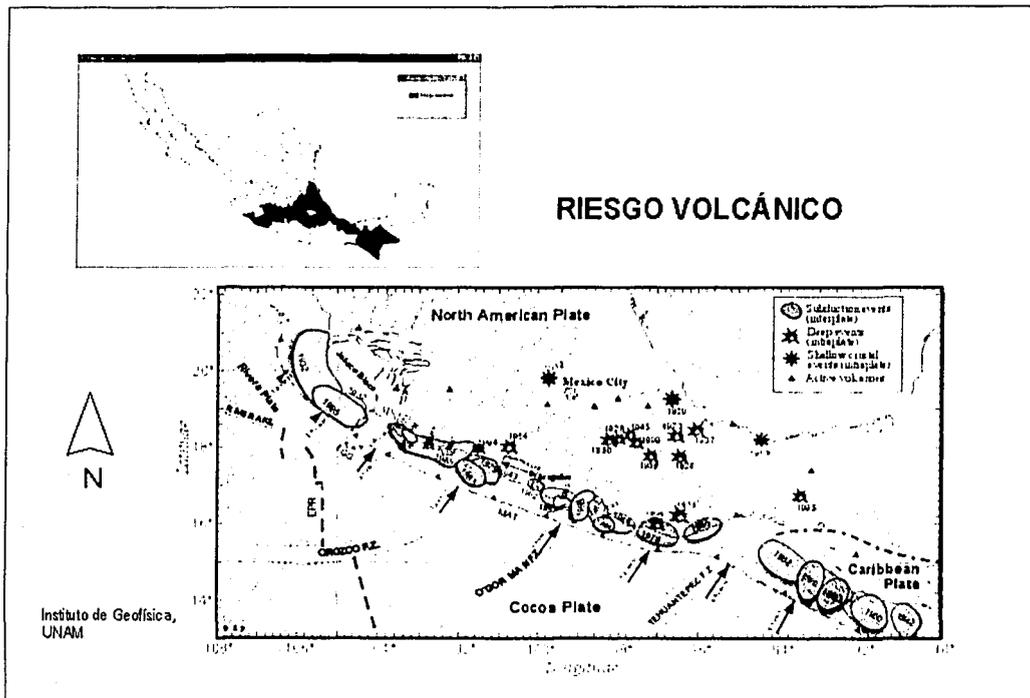


Figura 5. Zona del país en donde se localizan volcanes activos-

Los peligros hidrometeorológicos son los que más daños han provocado a través del tiempo en el país. Con relación a las perturbaciones ciclónicas, las áreas del país regularmente afectadas abarcan más del 60 % del territorio nacional, de hecho, este es el fenómeno de su tipo, que afecta con mayor frecuencia a una parte importante de la población y genera anualmente, cuantiosas pérdidas materiales; en el cuadro 6 se reportan 16 eventos ciclónicos de consideración, de acuerdo con los daños causados. Las inundaciones se sitúan en el segundo lugar dentro de este grupo de fenómenos, de acuerdo al número de damnificados y al grado de pérdidas económicas que provocan en el país.

Asimismo, dentro de este grupo de peligros, las sequías y las temperaturas extremas son otros de los fenómenos que con frecuencia se presentan y causan severos daños en el territorio nacional. Durante el lapso de 1960-1999 comprendido en el cuadro 6 se reportan tres periodos de sequía, uno por década (años 60-64, 70-78 y 93-96) que asolaron buena parte del país.

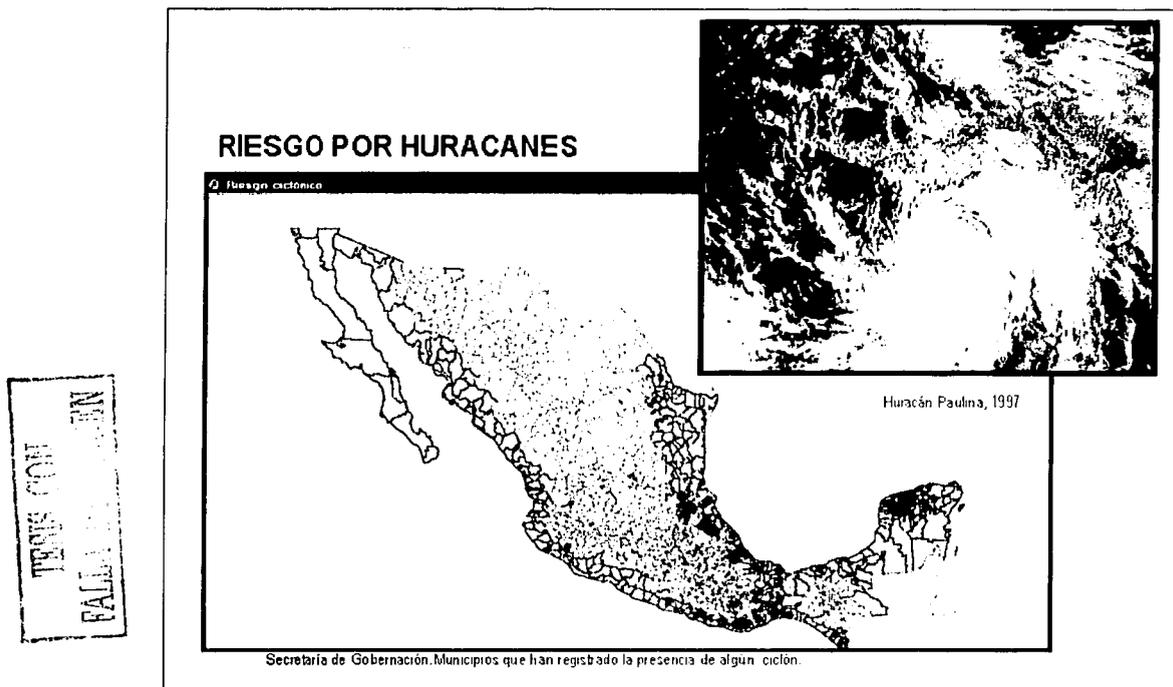


Figura 6. Municipios del país que han enfrentado, de acuerdo con reportes de la secretaría de Gobernación, algún evento ciclónico.

Entre los **peligros químicos** sobresalen los incendios, principalmente forestales, además del alto riesgo que implica el transporte de sustancias y residuos peligrosos, y el hecho de que el país se encuentre atravesado por una extensa red de ductos, propiedad de PEMEX, encargados de transportar diversas sustancias con altos niveles de explosividad y precarias condiciones de mantenimiento. En el período reportado en el cuadro 6 se enumeran 8 eventos relacionados con este tipo de peligros, distinguiéndose por su magnitud, las explosiones de San Juan Ixhuatepec en 1984 y Guadalajara en 1992.

Dentro de los peligros clasificados como **sanitarios**, destacan en nuestro país, la contaminación y la desertificación. En México, la contaminación en todas sus modalidades ha alcanzado niveles preocupantes. La contaminación del agua, principalmente ocasionada por la descarga de aguas

residuales es uno de los problemas que requiere mayor atención; más del 50 % de las cuencas hidrológicas presentan este problema en grado importante, principalmente aquellas en donde se localizan los centros urbanos e industriales más grandes y de mayor desarrollo. Las principales zonas emisoras de contaminantes son el D.F., Veracruz, Jalisco, Estado de México, Sinaloa, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Morelos, los cuales generan en conjunto alrededor del 70 % del volumen total de emisiones contaminantes. Asimismo, la gran cantidad de desechos urbanos e industriales está generando también serios problemas de contaminación del suelo.

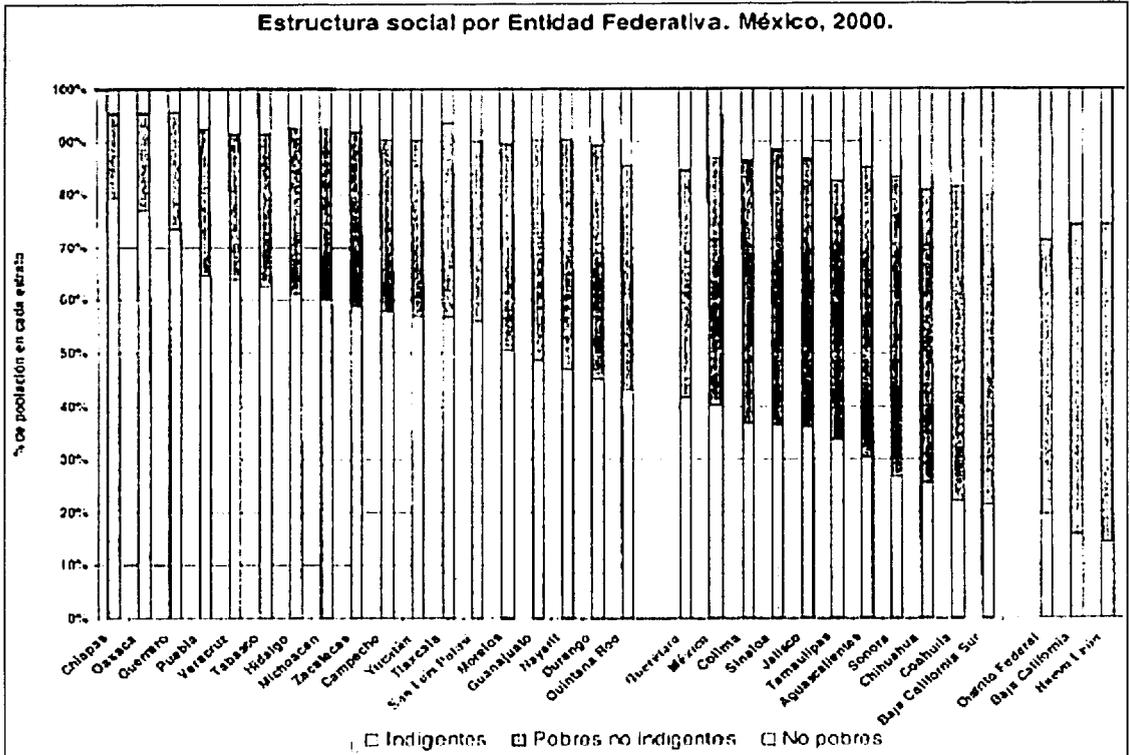
Por otro lado, la contaminación del aire es un grave problema, principalmente en la zona metropolitana de la ciudad de México, donde ha alcanzado la categoría de desastre ambiental; aunque otras conurbaciones presentan ya problemas serios por este tipo de contaminación, destacando Guadalajara y Monterrey.

La desertificación por su parte, avanza con relativa rapidez a lo largo de vastas zonas del territorio nacional, provocando con ella, la desaparición de hábitats completos y pérdidas importantes de recursos naturales renovables y no renovables. Entre las principales causas de este problema pueden citarse: el sobrepastoreo de ganado en suelos agrícolas y forestales; prácticas agrícolas en suelos no aptos; sobreexplotación de los recursos forestales (en selvas, bosques y desiertos); incendios forestales y el crecimiento desordenado de las zonas urbanas.

Por último, dentro del grupo de **peligros socio-organizativos**, los accidentes de transporte (aéreos, terrestres, fluviales y/o marítimos) constituyen un rubro de importancia en el país, ya que en conjunto ocasionan daños y pérdidas de vidas humanas y económicas superiores, en un período determinado de tiempo, a los provocados por algún sismo o huracán de gran magnitud.

Sin embargo, dentro del alarmante panorama anterior, el principal riesgo al que esta sometido el país no se ubica, como se ha mencionado con anterioridad, en el fenómeno generador mismo (sismo, huracán, etc.), sino en el incremento de la vulnerabilidad de las comunidades, resultado inequívoco del proceso de desarrollo seguido en México, cuyos saldos son: rezagos en la cobertura de servicios básicos, carencia de vivienda adecuada para amplios sectores de la población, desarrollo anárquico de las ciudades, en resumen, condiciones deficientes de vida de una buena parte de sus habitantes. Según Boltvinik, la magnitud de la pobreza en México calculada, con base en su Método de Medición Integrada de la Pobreza (MMIP) y la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto en los Hogares (ENIGH) de INEGI, comprendía alrededor del 72% de la población del país en el año 2000; cifras oficiales dadas a conocer por la Secretaría de Desarrollo Social en agosto de 2002 citan que la pobreza, por ellos estimada, alcanza al 54% de los mexicanos.

De acuerdo con Boltvinik, sólo tres entidades en el país, Distrito Federal, Nuevo León y Baja California registran un segmento de población de alrededor de 30% del total en cada caso, de *no pobres*, las 29 entidades restantes reducen éste a menos de 20%, observándose casos como Chiapas, Oaxaca y Guerrero en donde incluso llega a ser de sólo 5% (Gráfica 4).



Gráfica 4. Se distinguen tres estratos en el nivel de vida de la población. Los dos primeros grupos constituyen, conjuntamente, los pobres. La distinción entre ellos consiste en que los pobres no indigentes cumplen con al menos la mitad de las normas (pero no con la totalidad) de ingresos, de necesidades básicas y de tiempo libre. Los indigentes, en cambio, cumplen menos de la mitad de las normas. El promedio nacional para estos tres estratos es: 45.4% son indigentes; 41.3% pobres no indigentes y 13.3% son no pobres.

Fuente: Julio Boltvinik "Geografía de la Pobreza en México". La Jornada 30 de Agosto de 2002.

Conforme a lo expresado en la gráfica anterior, las entidades han sido clasificadas en tres grupos: el primero en donde los *indigentes* son el grupo más numeroso está formado por 18 estados situados predominantemente en el sur y centro del país, comprende desde Chiapas hasta Quintana Roo (Gráfica 4); el segundo grupo incluyen 11 entidades en las cuales el estrato más numeroso corresponde a los *pobres no indigentes* y el segundo a los *indigentes*; y el tercer grupo

integrado por el D.F., Baja California y Nuevo León en donde los *indigentes* son el estrato menos numeroso, aunque el más amplio el de los pobres no indigentes.¹⁴

En nuestro país se han presentado desastres donde lo político adquiere la característica de factor principal, otros donde a lo económico corresponde el papel protagónico y otros más, donde la falta de conocimiento acerca del riesgo potencial aparece como aspecto dominante. Sin embargo, en todos ellos, al menos en las últimas dos décadas, han estado siempre presentes dos variables:

- la irracionalidad en las tendencias de distribución de la población
- y la pobreza.

Mansilla, E. "Desastres y desarrollo en México". Revista Desastres y Sociedad, Núm.1, año 1. La Red. Noviembre, 1993.

Con base en una aproximación muy gruesa es posible ubicar a las entidades que de acuerdo a la presencia de distintos tipos de peligros, el número de habitantes, su distribución según tamaño de las localidades, su condición de marginación o sus niveles de pobreza, enfrentan los niveles más altos de riesgo en el país.

Cuadro 7. DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS POR TIPO DE FENÓMENO Y NIVELES DE VULNERABILIDAD SOCIAL

Entidad Federativa	Tipo de Riesgo				Población Total % 2000	Distribución de pobl. según tamaño de localidad de marginación				Grado de marginación 2000	Nivel de Pobreza (necesidades básicas insatisfechas) 1990
	1	2	3	4		< de 2,500 habits..		> 100,000 habits.			
						%	%	%	%		
Aguascalientes				X	943,506 0.97	186,316	19.75	594056	62.96	MUY BAJA	Urbano (pobreza muy baja) Rural (pobreza alta)
Baja California	X		X	X	2,487,700 2.56	206,632	8.31	1924281	77.35	MUY BAJA	Urbano (pobreza baja) Rural (pobreza alta)
Baja California Sur			X	X	423,516 0.43	79,150	18.69	162795	38.44	BAJA	Urbano (pobreza baja) Rural (pobreza alta)
Campeche			X	X	689,656 0.71	200,223	29.03	316061	45.83	ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)
Coahuila				X	2,295,808 2.36	242,983	10.58	1491168	64.95	MUY BAJA	Urbano (pobreza baja) Rural (pobreza muy alta)
Colima	X	X	X	X	540,679 0.56	77,987	14.42	119186	22.04	BAJA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza alta)
Chiapas	X	X	X	X	3,920,515 4.03	2,134,800	54.45	715688	18.25	MUY ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)

¹⁴ Julio Boltvínik "Geografía de la Pobreza en México". La Jornada 30 de Agosto de 2002.

Continúa

Entidad Federativa	Tipo de Riesgo				Población Total % 2000	Distribución de pobl. según de localidad de tamaño			Grado de marginación 2000	Nivel de Pobreza (necesidades básicas insatisfechas) 1990	
	1	2	3	4		< de 2,500 habits.. %	> 100,000	habits. %			
Chihuahua				X	3,047,867 3.13	531,906	17.45	1834192	60.18	BAJA	Urbano (pobreza baja) Rural (pobreza muy alta)
Distrito Federal	X	X		X	8,591,309 8.82	20,326	0.24	8377793	97.51	BAJA	Urbano (pobreza muy baja)
Durango				X	1,445,922 1.49	523,670	36.22	635984	43.98	MEDIO	Urbano (pobreza baja) Rural (pobreza muy alta)
Estado de México	X	X		X	13,083,359 13.43	1,791,037	13.69	8274822	63.25	BAJA	Urbano (pobreza baja) Rural (pobreza alta)
Guanajuato	X			X	4,656,761 4.78	1,526,686	32.78	1752522	37.63	ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)
Guerrero	X		X	X	3,075,083 3.16	1,372,629	44.64	866443	28.18	MUY ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)
Hidalgo				X	2,231,392 2.29	1,124,884	50.41	231089	10.36	ALTA	Urbano (pobreza baja) Rural (pobreza alta)
Jalisco	X		X	X	6,321,278 6.49	976,118	15.44	3484257	55.12	BAJA	Urbano (pobreza muy baja) Rural (pobreza alta)
Michoacán	X	X	X	X	3,979,177 4.09	1,376,293	34.59	897337	22.55	ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza alta)
Morelos	X	X		X	1,552,878 1.59	226,201	14.57	605544	38.99	BAJA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza alta)
Nayarit	X		X	X	919,739 0.94	329,298	35.8	265681	28.89	MEDIA	Urbano (pobreza baja) Rural (pobreza alta)
Nuevo León			X	X	3,826,240 3.93	252,274	6.59	3123904	81.64	MUY BAJA	Urbano (pobreza muy baja) Rural (pobreza alta)
Oaxaca	X		X	X	3,432,180 3.53	1,898,623	55.32	252586	7.26	MUY ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)
Puebla	X	X		X	5,070,346 5.21	1,600,537	31.57	1475347	29.10	ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)
Querétaro				X	1,402,010 1.44	454,777	32.44	535468	38.19	MEDIA	Urbano (pobreza muy baja) Rural (pobreza muy alta)
Quintana Roo			X		873,804 0.90	153,240	17.54	518182	59.30	MEDIA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)
San Luis Potosí				X	2,296,363 2.36	940,883	40.97	902979	39.32	ALTA	Urbano (pobreza baja) Rural (pobreza muy alta)
Sinaloa	X		X	X	2,534,835 2.60	829,324	32.72	1065268	42.03	MEDIA	Urbano (pobreza muy baja) Rural (pobreza alta)
Sonora	X		X	X	2,213,370 2.27	374,235	16.91	1078188	48.71	BAJA	Urbano (pobreza muy baja) Rural (pobreza alta)
Tabasco	X		X	X	1,889,367 1.94	871,717	46.14	330605	17.50	ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

42

Continúa

Entidad Federativa	Tipo de Riesgo				Población Total % 2000	Distribución de pobl. tamaño < de 2,500 habits.. %		según de localidad > 100,000 habits. %		Grado de marginación 2000	Nivel de Pobreza (necesidades básicas insatisfechas) 1990
	1	2	3	4							
Tamaulipas			X	X	2,747,114 2.82	400,380	14.57	1811566	65.94	MEDIA	Urbano (pobreza baja) Rural (pobreza muy alta)
Tlaxcala	X			X	961,912 0.99	183,335	19.06	-	-	MEDIA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza alta)
Veracruz	X	X	X	X	6,901,111 7.09	2,825,263	40.94	1646218	23.85	MUY ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)
Yucatán			X	X	1,655,707 1.70	309,331	18.68	660848	39.91	ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)
Zacatecas				X	1,351,207 1.39	630,367	46.65	113780	8.42	ALTA	Urbano (pobreza media) Rural (pobreza muy alta)
Total nacional	16	9	17	30	97,361,810	24,651,425	25.32	46063838	47.31		

- 1.- Riesgo sísmico (del 50 al 100 %)
- 2.- Riesgo volcánico
- 3.- Riesgo por penetración ciclónica
- 4.- Generación de productos petroquímicos y/o transporte de los mismos a través de la red de ductos de PEMEX

Fuentes: Mansilla, E. "Desastres y desarrollo en México". Revista Desastres y Sociedad Núm.1, año 1. La Red. Noviembre,1993. (<http://osso.univalle.edu.co/tmp/lared/public/revistas/r1/art1.htm>)
 CONAPO. "La marginación en México: trayectorias y perspectivas", pp. 247 - 264. La situación demográfica de México, 2000. México 2000.
 INEGI. Estados Unidos Mexicanos. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Resultados preliminares.
 *Boltvinik, J. y Hernández Laos, E. Pobreza y distribución del ingreso en México. Editorial Siglo XXI, 3era edición, 2001 pp.316 - 317.

De acuerdo con el cuadro anterior, varias de las entidades que concentran el mayor número de habitantes, se localizan en las zonas de mayor presencia de amenazas; caso del D.F., ejemplo de una situación extrema, se trata de la entidad más densamente poblada del país la cual a su vez esta considerada como una zona con un riesgo sísmico del 100 %, riesgo volcánico y una alta probabilidad de ocurrencia de accidentes de tipo tecnológico como fugas de combustible o explosiones.

Otro caso relevante lo constituyen las entidades del sur-sureste, destacando entre ellas Chiapas, Guerrero y Oaxaca como entidades con un amplio abanico de fenómenos capaces de generar desastres en combinación perfecta para el efecto, con la alta vulnerabilidad de la población expresada en los agudos niveles de pobreza que se registran en esas entidades (Figura 7 y Cuadro 7).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

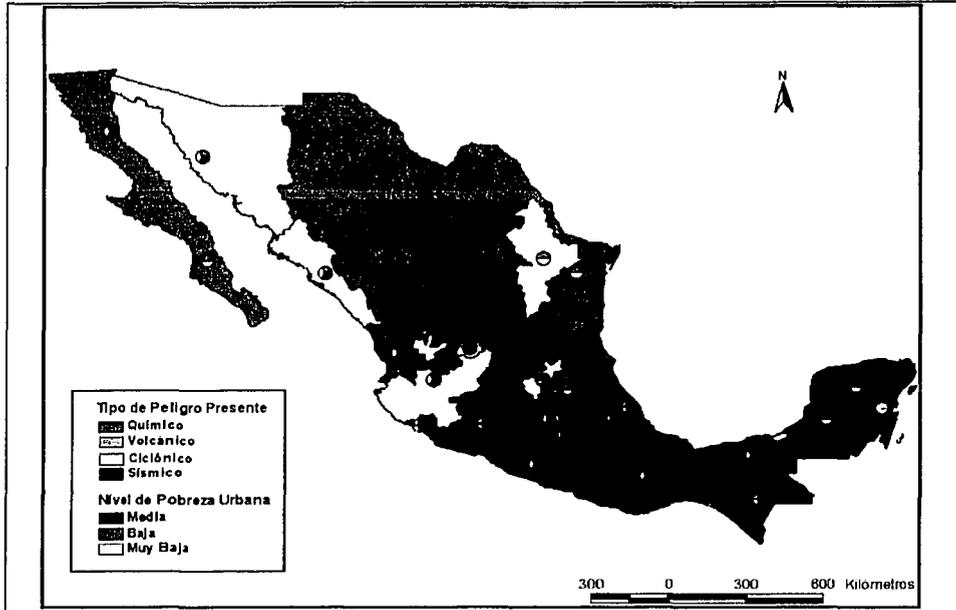


Figura 7 A

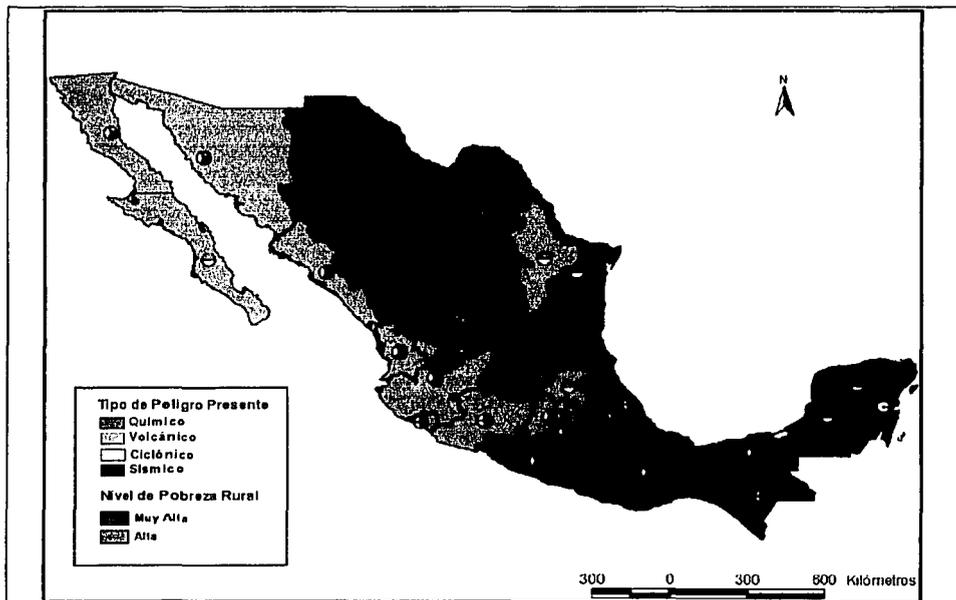


Figura 7 B

El riesgo se construye a partir de la combinación de peligros naturales y condiciones de pobreza y marginación, de manera que donde éstos se entrecruzan, las posibilidades de riesgo se incrementan.
Fuente: Cuadro 7.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Trasladado el problema de los desastres a términos de costos, en México el asunto es de consideración; ante el embate periódico de distintos fenómenos naturales, año con año se registran severos daños al patrimonio nacional (escuelas, carreteras, instalaciones de los servicios de salud, entre otros), a la infraestructura productiva, así como a los bienes particulares de la población, por lo que se estima a manera de supuesto impreciso, que el costo-país en consecuencia, es muy elevado.

De hecho, el cálculo de los costos generados a consecuencia de un desastre es al día de hoy, un "detalle" no resuelto en México. Cuando se llega a disponer de alguna estimación del costo de los daños, éste se restringe a la suma de algunos costos directos, dado que se trata por lo regular de información que se encuentra dispersa, cada área de la administración pública se ciñe a su materia de interés; difícilmente se dispone de registros históricos y en caso de existir es complicado compatibilizar las fuentes. Recientemente el CENAPRED en colaboración con la CEPAL publicó un trabajo titulado "Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980 - 99", el cual constituye uno de los pocos esfuerzos disponibles orientados a evaluar las repercusiones sociales y económicas de los desastres en las regiones afectadas y su impacto en la economía nacional.

El mencionado trabajo tiene como base la metodología que desde hace más de 25 años, la ONU a través de la CEPAL ha aplicado para la medición de los efectos socioeconómicos que representan los desastres en América Latina y el Caribe. Mediante dicha metodología ha sido posible realizar diagnósticos de los daños directos e indirectos en cada uno de los sectores económicos y sociales afectados, así como de los efectos macroeconómicos más sobresalientes.

Para efectos de medición de los daños, la metodología citada agrupa en tres categorías los efectos causados por los fenómenos generadores de desastres (daños directos, daños indirectos y efectos macroeconómicos).

EFFECTOS CUANTIFICABLES	
DAÑOS DIRECTOS Se manifiestan en el momento del desastre	Pérdidas en: * Acervos de capital * Patrimonio de personas, empresas, instituciones * Existencias de bienes terminados, en proceso y materias primas * Cosechas agrícolas a punto de ser levantadas

TEMAS CON
FALLA DE ORIGEN

EFFECTOS CUANTIFICABLES	
DAÑOS INDIRECTOS (Los efectos se prolongan de 2 a 5 años)	<p>Perjuicios por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Flujos de bienes y servicios que se dejan de producir durante el período de reconstrucción de la infraestructura * Gasto social en servicios de comunicaciones, salud, educación, etc., mientras se restituye la capacidad operativa de los acervos destruidos * Atención de la emergencia
EFFECTOS MACROECONÓMICOS	<p>Impacto sobre agregados macroeconómicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Crecimiento económico * Desequilibrios en balanza de pagos * Incremento del gasto público * Inflación * Disminución de reservas internacionales * Deterioro del ingreso de las familias * Aislamiento de regiones agrícolas * Otros

Nota: De acuerdo con lo expresado en el documento, deducimos que los costos que representan las pérdidas de vidas y la atención a heridos, no son considerados.

Fuente: Bitrán Bitrán, D. Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980 – 99. Secretaría de Gobernación, CENAPRED y CEPAL. 2000. p. 6.

Sin embargo la instrumentación de la metodología señalada ha encontrado en México dificultades para su aplicación, según lo revela el mismo documento en donde se insiste reiteradamente en el carácter tentativo de las cifras obtenidas, debido entre otras irregularidades: al hecho de que no se dispone de un registro sistemático de los daños causados por estos eventos; de que por tal razón, sólo fue posible considerar los desastres catalogados como de mediana y gran magnitud, y de que en el caso de los datos disponibles, éstos se circunscriben a la pérdida del patrimonio físico, es decir, no contemplan las pérdidas relativas a las actividades económicas que se ven interrumpidas por dichos siniestros.

Así, el trabajo consigna que de acuerdo con estadísticas del CENAPRED se han presentado alrededor de 75 desastres de magnitud significativa en el país en los últimos 20 años y se reconoce que los daños a la infraestructura productiva y social han sido cuantiosos, causando también, cierto impacto en los agregados macroeconómicos de las regiones afectadas. No obstante cuando se busca fundamentar con datos específicos tales afirmaciones, el sustento se debilita, el trabajo por ejemplo documenta: "...el número de víctimas fatales a causa de desastres originados por fenómenos hidrometeorológicos, geológicos y antropogénicos, durante los últimos 20 años asciende a algo más de 10,000 personas, 500 en promedio anual y los daños directos calculados alcanzan 9.6 mil millones de dólares, con un monto promedio anual de cerca de 500

millones de dólares (a precios de 1999)" ¹⁵. Ahora bien, cuando se tratan de incluir los efectos indirectos de los desastres, es decir, contabilizar no sólo la destrucción de infraestructuras sino también la interrupción de los flujos de producción de bienes y servicios atribuibles al desastre, los datos no pueden precisarse y la estimación concluye que, "...habría que agregar, según evaluaciones llevadas a cabo en otros países de América Latina y el Caribe, un monto que fluctúa entre 25% y 50% más de dichos valores, es decir daños totales que ascenderían a unos 700 millones de dólares anuales como mínimo". ¹⁶

Cuadro 8. Síntesis de los costos por desastres en México, entre 1980 y 1999

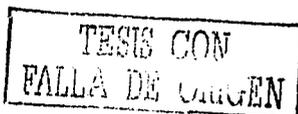
TIPO DE EVENTO	DAÑOS DIRECTOS	DAÑOS INDIRECTOS	TOTAL
HIDROMETEOROLÓGICOS	4,402.3	144.9	4,560.1
GEOLÓGICOS	4,043.7	516.4	4,560.1
ANTROPOGÉNICOS	1,149.7	133.6	1,283.3
TOTAL	9,595.7	794.9	10,390.6

Nota: Los cifras corresponden a millones de dólares a precios de 1999.

Fuente: Bitrán Bitrán, D. Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980 – 99. Secretaría de Gobernación, CENAPRED y CEPAL. 2000.

Las cifras totales se consideran también conservadoras, dado que en evaluaciones similares realizadas en otros países, los daños indirectos ascienden a sumas prácticamente iguales a las de los daños directos, caso de los resultados obtenidos por la CEPAL en relación con los efectos del Huracán Mitch en los países centroamericanos afectados; de manera que de tomarse en cuenta estas cifras, los montos totales estimados en México se verían sustancialmente modificados, de ahí que se subraye el carácter aproximativo de las cifras y se sugiera que sólo se acepten como órdenes de magnitud.

Pero independientemente de las reservas del caso, lo elevado de las magnitudes sí permite presuponer que los recursos asignados anualmente por el Fondo Nacional de Desastres (FONDEN) para la atención de los siniestros, sólo cubre una parte de las necesidades de la población, razón que reconfirma la pertinencia de redirigir los esfuerzos a las fases de prevención y mitigación dentro de la *Gestión de Desastres*.



¹⁵ Bitrán Bitrán, D. Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980 – 99. Secretaría de Gobernación, CENAPRED y CEPAL. 2000. p. 3.

¹⁶ Idem, p. 3.

Capítulo II. Marco Conceptual. Concepción del fenómeno "Desastres"

Internacionalmente se acepta que durante las próximas décadas, debido a las inercias biogeoquímicas y de los sistemas socioeconómicos, algunas tendencias ambientales no van a cambiar. Tales son los casos del incremento del calentamiento global producido por el efecto invernadero; la contaminación endémica del agua; el aumento relativo de la producción agrícola y del consumo de energía provocados por el aumento de la población; el acelerado proceso de deterioro del medio ambiente en los países en desarrollo y el incremento en la ocurrencia de desastres de origen natural y antrópico.¹

De ahí la importancia del estudio de los riesgos y los desastres derivados, el cual debe empezar por precisar en forma particular su marco conceptual, debido por un lado, al sinnúmero de definiciones que acerca de los aspectos claves del tema existen dentro de la literatura, incluso la especializada, y por otro lado, en virtud de que de la definición del referido marco dependen la comprensión del problema, la organización del conocimiento, el desarrollo de la investigación, los compromisos y postura adquiridos, y los alcances esperados; de ahí que no se trate de un requisito menor del trabajo de investigación y en consecuencia se aborde con amplitud.

De hecho, los responsables de diseñar las estrategias de intervención y de coordinar los esfuerzos para la atención de los desastres deberán en principio desarrollar una mejor comprensión de lo que son éstos; a la vez que considerar aspectos como el incremento en los niveles de riesgo y la evaluación crítica y constante acerca del proceso de gestión en su conjunto y en particular de las operaciones realizadas para enfrentarlos.

1. Conceptualizaciones

Con objeto de contar con una muestra de la diversidad de concepciones, se exponen a continuación una serie de definiciones relacionadas con los principales conceptos en torno a los cuales se estructura y desarrolla el tema: riesgos y desastres.

En primer lugar se citan las definiciones adoptadas por organismos internacionales vinculados con el tema *dentro de la Organización de Naciones Unidas*.²

La **Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastre (UNDRO** ahora Departamento de Asuntos Humanitarios) en conjunto con la **Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)** promovieron en 1979, una reunión de expertos con el fin de lograr cierta unificación de criterios para la

¹ Cardona A., Omar D. "Manejo Ambiental y Prevención de Desastres: Dos temas asociados". En La Red. Los desastres no son naturales, Maskrey, A. compilador. ITDG. Lima, 1993.
(<http://osso.univalle.edu.co/tmp/iared/public/libros>)

² UNDRO. "Natural Disasters and Vulnerability Analysis" Report of Experts Group Meeting. Genebe, 1979.

definición de los conceptos fundamentales que sobre el tema riesgos y desastres se manejan. Entre otros conceptos, el reporte "Desastres Naturales y Análisis de Vulnerabilidad" resultado del referido congreso, incluye las siguientes definiciones:

Desastre.- Evento identificable en el tiempo y el espacio, en el cual una comunidad ve afectado su funcionamiento normal, con pérdidas de vidas y daños de magnitud en sus propiedades y servicios, que impiden el cumplimiento de las actividades esenciales y normales de la sociedad.

Amenaza o peligro.- Probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.

Vulnerabilidad.- Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total.

Riesgo específico.- Grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la Amenaza y la Vulnerabilidad.

Riesgo total.- Número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de algún evento desastroso, es decir, el producto del riesgo específico y los elementos bajo riesgo (población, edificaciones y obras civiles, actividades económicas, servicios públicos y la infraestructura expuesta).

En México, el marco conceptual que guía el trabajo del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) establece que:

Un DESASTRE es un evento concentrado en tiempo y espacio, resultado del impacto de algún agente perturbador o calamidad que actúa sobre un agente o sistema afectable, cuyos efectos pueden ser prevenidos, mitigados o evitados por un agente regulador.

Los **agentes perturbadores** son los fenómenos naturales o humanos que pueden alterar el funcionamiento normal de los asentamientos humanos o sistemas afectables y producir en ellos un estado de desastre.

Los **agentes afectables**, por su parte, constituyen el sistema compuesto por el hombre y su entorno físico el cual incluye: población, servicios, elementos básicos de subsistencia, bienes materiales y naturaleza; es decir, el ámbito en donde pueden materializarse los desastres al presentarse un agente perturbador.

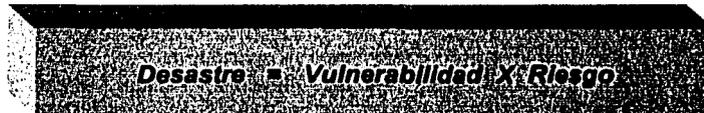
El impacto es cualquier acción de un agente, elemento o suceso sobre el sistema afectable que produce efectos indeseables de diversos tipos: humanos, materiales, productivos, ecológicos y sociales. Si bien el impacto de muchos desastres supera las medidas que la sociedad adopta para enfrentarlos, es cierto que gran parte de los daños son resultado de la vulnerabilidad de los asentamientos humanos.

La **VULNERABILIDAD** significa la susceptibilidad de un agente o sistema afectable a ser alterado ante el impacto de un agente o fenómeno perturbador. La vulnerabilidad es la causa principal de los desastres.

Los **agentes reguladores**, están conformados por la organización de instituciones, además de las acciones, normas, programas y obras destinadas a proteger a los agentes afectables, y a prevenir y controlar los efectos destructivos de los fenómenos o agentes perturbadores.³

Concepciones independientes como la de **Wilches-Chaux, analista del tema, establecen:**
"Cuando por múltiples razones, la comunidad es incapaz de transformar sus estructuras, adecuar sus ritmos y redefinir la dirección de sus procesos como respuesta ágil, flexible y oportuna a los cambios del medio ambiente; cuando los diseños sociales (los qué y los cómo de una comunidad) no responden adecuadamente a la realidad del momento que les exige una respuesta, surge el DESASTRE".⁴

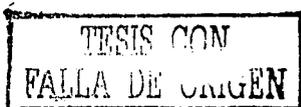
La convergencia en un momento y lugar determinados, de dos factores: Riesgo y Vulnerabilidad, dan lugar al DESASTRE.



Por **RIESGO** se entiende cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno.

En tanto por **VULNERABILIDAD** se asume la incapacidad de una comunidad para absorber mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo.

³ Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. "Un plan común para protegernos". La prevención de desastres en México, Fascículo 1. México, 1995.



AMENAZA está relacionada con el peligro que significa la posible ocurrencia de un fenómeno físico, de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre, que puede manifestarse en un sitio y durante un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente. Técnicamente se expresa como la probabilidad de que la ocurrencia de un evento exceda el nivel de severidad en un sitio específico y durante un período de tiempo.

La VULNERABILIDAD se entiende como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas, y por lo tanto su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso. La diferencia de la vulnerabilidad de los elementos determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de un evento externo sobre los mismos.

Para el Grupo de Prevención de Desastres (PREDES) de Perú ⁷

Los DESASTRES ocurren cuando un número considerable de personas sufre daño serio y/o la perturbación de sus sistema de subsistencia, al grado que la recuperación (psicológica y física de las víctimas, el reemplazo de recursos físicos y las relaciones sociales necesarias para utilizarlos), resulta improbable sin ayuda externa.

Los desastres surgen de la interacción y coincidencia en un tiempo y espacio dados, de un fenómeno natural potencialmente destructivo (peligro) y condiciones de vulnerabilidad dentro de las comunidades y entornos en los cuales impacta el fenómeno. No son sólo los eventos naturales, la causa de los desastres, lo son también, las estructuras sociales que influyen en la forma como las amenazas afectan a la población; por eso dentro de la Gestión de Desastres, debe ponerse énfasis tanto en las amenazas naturales como en el ambiente social y sus procesos.

Los PELIGROS NATURALES O AMENAZAS comprenden a los fenómenos atmosféricos, geológicos e hidrológicos que de acuerdo al lugar en que ocurren, su severidad y frecuencia, pueden afectar a la sociedad, a sus estructuras o actividades. La intervención humana puede aumentar la frecuencia y severidad de los peligros naturales, así como también generar peligros naturales donde antes no existían al reducir el efecto de mitigación de los ecosistemas naturales.

La VULNERABILIDAD es la susceptibilidad al daño que tienen los elementos expuestos (personas, edificaciones, servicios públicos, infraestructura productiva, producción, todas las actividades económicas y todo el funcionamiento social). Es la propensión ha ser impactados por un determinado peligro.

⁷ PREDES. Aspectos conceptuales. Perú. (<http://www.anc.org.pe/desadoc3.htm>).

La vulnerabilidad es generada por procesos socioeconómicos y políticos que influyen en la forma e intensidad como las amenazas afectan a la gente; son los mismos procesos políticos, económicos y sociales que causan la pobreza, segregación, exclusión de las poblaciones, los que explican los grados de vulnerabilidad a los desastres de dichas poblaciones.

Los RIESGOS son una combinación compleja de vulnerabilidad y amenaza o peligro.

Como ejemplo de un caso práctico, El Plan para la Mitigación de Riesgos en Cali, Colombia⁸ se estructura a partir de las definiciones siguientes:

Un DESASTRE es un evento o conjunto de eventos, causados por la naturaleza (terremotos, sequías, inundaciones, etc.) o por actividades humanas (incendios, accidentes de transporte, etc.) durante el cual hay pérdidas humanas y materiales tales como muertos, heridos, destrucción de bienes, interrupción de procesos socioeconómicos, etc.

El RIESGO es la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos sobre el medio natural y humano en su área de influencia. ... es una conjugación de las amenazas y de las vulnerabilidades. Estrictamente es el cálculo anticipado de pérdidas esperadas (en vidas y en bienes), para un fenómeno de origen natural o tecnológico, que actúa sobre el conjunto social y sobre su infraestructura.

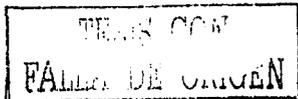
AMENAZA se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente peligroso.

La VULNERABILIDAD puede definirse como el grado de propensión a sufrir daños por las manifestaciones físicas de un fenómeno de origen natural o causado por el hombre. La vulnerabilidad de una comunidad o de un bien material depende de varios factores, entre los que destacan: el grado de exposición a un tipo de amenaza; el grado de incorporación del conocimiento de las amenazas en la cultura y la educación de las comunidades; la capacidad de las instituciones responsables de la atención de emergencias; la calidad de la infraestructura y las condiciones de la urbanización, entre otras.

Cuadro 1. Comparación entre los principales conceptos asociados al fenómeno Desastres

Instituciones o autores	Desastre	Peligro o Amenaza	Riesgo	Vulnerabilidad
<p>UNDRP-UNESCO 1979</p>	<p>Evento que afecta el funcionamiento de una comunidad</p> <p>Con pérdidas de vidas y daños de magnitud en sus propiedades y servicios</p>	<p>Probabilidad de ocurrir de un evento desastroso</p>	<p>Grado pérdidas esperadas como función de las amenazas y la vulnerabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo específico - Riesgo total 	<p>Grado de pérdidas de elementos</p> <p>bajo riesgo</p> <p>Escala</p> <p>0 = sin daño</p> <p>1 = pérdida total</p>
<p>CENAPRED- México 1990</p>	<p>Evento resultado de agente perturbador sobre un sistema afectable.</p> <p>Sus efectos pueden ser prevenidos, mitigados o evitados por agente regulador</p>			<p>Susceptibilidad del sistema afectable a ser alterado</p> <p>Causa principal de desastres</p>
<p>Wilches-Chaux 1993</p>	<p>Se presentan cuando convergen en lugar y tiempo vulnerabilidad y riesgo</p>	<p>Probabilidad de ocurrir de un riesgo</p> <p>Respecto del cual una comunidad es vulnerable</p>	<p>Fenómeno origen natural o humano</p> <p>Capaz de generar cambios en medio ambiente de comunidades vulnerables a ese fenómeno</p>	<p>Incapacidad de comunidad de enfrentar efectos de cambio en su medio ambiente</p> <p>Determina la intensidad de los daños para cada comunidad</p>
<p>Cardona A. 1993</p>	<p>Evento inesperado</p> <p>Causa severos daños a comunidades y al medio ambiente</p> <p>Desorganiza patrones "normales" de vida</p> <p>Requiere de asistencia externa</p>	<p>Probabilidad de que un evento exceda el nivel de severidad en sitio y tiempo específico</p>	<p>Pérdida esperada</p> <p>Resultado de la relación de la amenaza y la vulnerabilidad</p>	<p>Predisposición de elementos a sufrir daños por acciones externas</p> <p>Su evaluación contribuye al conocimiento de los riesgos</p> <p>El nivel de vulnerabilidad determina la severidad de los efectos</p>
<p>PREDES</p>	<p>Ocurre cuando un núm. considerable de personas es afectada</p> <p>Se requiere de ayuda externa</p> <p>Surgen de interacción y coincidencia de peligros naturales y condiciones de vulnerabilidad de la comunidad</p>	<p>Comprende a los fenómenos naturales capaces de causar daño</p>	<p>Combinación compleja de vulnerabilidad y peligro</p>	<p>Susceptibilidad al daño de los elementos expuestos</p> <p>Es generada por procesos socioeconómicos y políticos</p>
<p>"Plan para la mitigación de riesgos" Alcaldía de Santiago de Cali, Colombia</p>	<p>Evento causado por la naturaleza o actividades humanas</p> <p>Durante los cuales hay pérdidas humanas y materiales</p>	<p>Probabilidad de ocurrencia de fenómeno potencialmente peligroso</p>	<p>Conjugación de amenazas y vulnerabilidades</p> <p>Cálculo anticipado de pérdidas esperadas (vidas y bienes) a causa de un determinado fenómeno</p>	<p>Grado de propensión a sufrir daño</p> <p>Depende de varios factores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - grado de exposición amenaza - educación de comunidades - capacidad para atención de emergencia - calidad de infraestructura - condiciones de urbanización

⁸ Alcaldía de Santiago de Cali. "Definiciones y conceptos básicos", tomados del Plan para la mitigación de riesgos de Cali, Colombia, 1997. Texto tomado de (<http://osso.univalle.edu.co/docs/planni/>)



De acuerdo con lo resumido en el cuadro anterior, es fácil corroborar lo expresado al inicio del presente capítulo respecto al vasto número de definiciones en torno al problema "desastres" y los términos asociados, en donde se observan variaciones importantes en relación a la terminología empleada, que en algunos casos incluso, provocan severas confusiones.

Sin duda el asunto expresa modelos conceptuales distintos, entre los que algunos rasgos comunes podrían ser, en el caso del concepto DESASTRES, que representan eventos que afectan en términos de pérdidas y daños un espacio geográfico (medio ambiente natural y comunidades). Son resultado de la convergencia en dicho espacio, de peligros (naturales o humanos) y condiciones de vulnerabilidad de la población. La atención de estos acontecimientos requiere de ayuda externa para el reestablecimiento del funcionamiento de los territorios afectados.

En el caso de los términos PELIGRO o AMENAZA las divergencias son mayores, ya que en algunos casos aluden al fenómeno generador del desastre y en otras a la probabilidad de que esos fenómenos capaces de causar daño provoquen un "riesgo" o un "desastre".

Cuando se trata de RIESGO las diferencias de concepto están también presentes, sin embargo pueden rescatarse como puntos en común, que éste expresa el grado de pérdidas resultado de la combinación compleja de peligros y vulnerabilidades.

En cuanto a la definición de VULNERABILIDAD, las coincidencias son mayores, en términos generales todos los modelos presentados la circunscriben a la susceptibilidad o predisposición de las comunidades a ser afectadas. La vulnerabilidad determina la severidad de los daños.

Para el desarrollo del presente trabajo, el modelo conceptual adoptado considera que las amenazas o peligros representan a los fenómenos naturales o antrópicos capaces de generar en un momento y espacio determinados, diversos tipos de daños.

La vulnerabilidad se asume, como la predisposición de las comunidades a sufrir daños a consecuencia de las condiciones de existencia de la población y de los desequilibrios del medio ambiente natural que habitan.

La convergencia en un territorio, de condiciones de vulnerabilidad y amenazas o peligros, representa la combinación perfecta para dar lugar al desarrollo de las denominadas por nosotros, "condiciones de riesgo" (Figura 1), que equivalentes al concepto de "riesgo" de los modelos de referencia, comprende al conjunto de condiciones que en caso de agudizarse o de conjugarse con algún desequilibrio del entorno geográfico son capaces de detonar una situación de desastre. Entendiendo por desastre el conjunto de daños que perturban las vidas

de las personas, interrumpen las actividades socioeconómicas del espacio geográfico afectado y alteran la organización del mismo.

Modelo conceptual que orienta la comprensión del problema "desastres"



García Ortega, M.O., 2002

Figura 1. La vulnerabilidad de la sociedad asociada a los peligros o amenazas inherentes al espacio ocupado va gestando las condiciones de riesgo que al acentuarse con motivo de los desequilibrios del medio ambiente, dan lugar a la situación de desastre.

2. Los desastres No son naturales

De acuerdo con las definiciones anteriores, se sabe que los desastres pueden ser originados por un fenómeno natural o provocados por el hombre, de manera que "fenómeno natural" no es sinónimo de "desastre natural" y ni siquiera el primero supone necesariamente al segundo. Fenómeno natural es toda manifestación de la naturaleza, que incluso en caso de ocurrencia extraordinaria, no implica obligadamente un desastre. El desastre se produce cuando la presencia de un fenómeno natural peligroso (terremoto, huracán, etc.) converge con determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables (situación económica precaria, viviendas mal construidas, suelo inestable, etc.).

Las condiciones de vulnerabilidad que una zona presenta son generadas por la acción del hombre, quien al provocarlas va aumentando su propia susceptibilidad al riesgo en caso de ocurrir un fenómeno natural determinado. Las condiciones de vulnerabilidad se van gestando y acumulando paulatinamente, configurando con ello una situación de riesgo, que por lo regular pasa inadvertida.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"Si bien el término *desastres naturales* tiene una amplia difusión y es de uso práctico, debería cambiarse a *desastres asociados a procesos naturales*, ya que la sociedad no sólo altera el medio natural, potenciando así la posibilidad de ocurrencia de muchos fenómenos, sino que además se desarrolla bajo un modelo socio – político - económico que deja a vastísimos sectores de la población con muy baja capacidad de respuesta ante un fenómeno catastrófico. Por lo cual es prudente hacer una distinción entre los acontecimientos iniciadores (escasez o exceso de lluvia, sismos, etc.) que pueden considerarse como naturales y las catástrofes asociadas con los mismos debidas en gran parte al hombre".⁹

Los desastres son en consecuencia, fenómenos eminentemente sociales, de ahí que deba despojárseles del calificativo de "naturales", lo cual genera la sensación de que el mundo es así y nada podemos hacer para evitarlo.

En 1984 la Academia de Ciencias de Estados Unidos sugirió que la ONU acordara la promoción de un Decenio internacional para reducir los desastres naturales, a partir de la conceptualización que confunde los fenómenos naturales origen de los desastres con la imagen de destrucción que éstos representan, y precisamente al ser ratificada la propuesta, se abrió a nivel internacional la discusión acerca del carácter social de los desastres; aunque paradójicamente, la década de los 90's se bautizo con el nombre de "*Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales*".

La concepción naturalista de los desastres, que excluye el análisis de los factores sociales, económicos, políticos, culturales, tecnológicos y territoriales, remite a la existencia de varios factores que permiten la reproducción del paradigma analizado:

- La existencia de una "idea fuerza" que aporta elementos de conocimiento de la realidad, en una perspectiva acumulativa, estable y sin cuestionamientos a la estructura y evolución de dicho conocimiento.
- El peso y el prestigio de un grupo de científicos que coinciden con esa visión.
- La elaboración de marcos conceptuales, metodológicos y técnico-instrumentales, para reiterar una forma específica de conocimientos como la legítima y válida.
- La coincidencia mitológica en torno a un modo de entender el mundo y un entramado interinstitucional en el cual los científicos y los políticos comparten dos aspectos de sus propias subculturas. Los primeros *objetivizan* las decisiones políticas al mismo tiempo que preservan su identidad de expertos y los segundos obtienen parámetros de *cientificidad* para fundamentar sus decisiones, a la vez que facilitan los recursos necesarios para que los primeros puedan reproducirse como grupo específico.¹⁰

⁹ Massone, Héctor E. "Riesgos y desastres naturales. Un signo de nuestro tiempo". En *Ciencia Hoy*. Revista de Divulgación y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy. Vol. 9, núm. 52, mayo - junio de 1999. Argentina, 1999. Tomado de (<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy52/riesgo/riesgo1.htm>)

Cuando la investigación prioriza el estudio de los fenómenos físicos otorgándole un papel secundario a los aspectos sociales, asocia directamente el concepto de *desastre* con la idea de lo inevitable. El resultado, como señala Rodríguez Velázquez son figuras fetichizadas, caso por ejemplo, del riesgo sísmico en la ciudad de México, respecto al cual son comunes consideraciones como las siguientes: "... los sismos en si mismos son causantes de catástrofes, por lo tanto lo que queda es prepararse para lo inevitable...", lo que se se puede hacer es: "... mitigar coyunturalmente los efectos ante su ocurrencia, recurrir a tecnologías de información para alertar a la población y a medidas de respuesta ante la emergencia". Sin embargo, el carácter de largo plazo que la vulnerabilidad por riesgo sísmico manifiesta ante la expansión urbana en un lecho lacustre, resulta intrascendente "...", porque lo importante, según los discursos oficiales "... es hacer algo, más que replantear el modelo económico y territorial vigente".¹¹

Sin duda las fuerzas de la naturaleza desempeñan un papel importante en la iniciación de multitud de desastres, pero no son la causa principal de los mismos. De acuerdo con Wijkman y Timberlake, 1985, (citado por Wilches-Chaux)¹², tres parecen ser las razones que dominan los procesos generadores de desastres en el mundo en desarrollo, que es precisamente donde su incidencia es mayor:

- La vulnerabilidad humana, resultado de la pobreza y la desigualdad.
- La degradación ambiental producto del despilfarro de los recursos naturales y el uso inadecuado del suelo.
- El rápido crecimiento demográfico, registrado especialmente entre los pobres.

Lo anterior se entiende mejor si se contextualiza y Lavell lo explica de la siguiente forma: el riesgo como construcción social es producto de las grandes visiones del desarrollo humano que conducen a una serie de procesos dinámicos (de acumulación, urbanización, la dinámica poblacional y los patrones de utilización del medio ambiente), los cuales a su vez dan lugar a procesos más locales que son los que terminan explicando en buena medida los grados de exposición y vulnerabilidad que sufre la población en un ámbito particular. En el caso por ejemplo, de poblaciones urbanas pobres situadas en las riberas de los ríos, el riesgo que enfrentan no puede explicarse sólo por su nivel de ingresos y la exclusión de los mercados formales de tierra urbana, sin pasar por una larga cadena de razones que inicia con los grandes modelos de acumulación forjados por los grupos dominantes de la sociedad, los cuales explicarán la exclusión social y la pobreza, la existencia de grandes contingentes de

¹⁰ Rodríguez Velázquez, D. "Desastre y vulnerabilidad. Entre las ciencias naturales y las ciencias sociales". En Los Desastres en México, una perspectiva interdisciplinaria, Coordinadores Garza Salinas, M. y Rodríguez Velázquez, D. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana. México, 1998. pp. 23- 24.

¹¹ *Ibid.*, p. 29.

¹² Wilches-Chaux, Gustavo. "La vulnerabilidad global". *Op. cit.*

Pobres en las ciudades del mundo subdesarrollado y en fin la ubicación de condiciones sociales de existencia de la población expuesta al riesgo.¹³

Durante la última década, particularmente en América Latina, un grupo multidisciplinario de expertos ha debatido ampliamente acerca de los conceptos relacionados con los "desastres" y las consecuencias derivadas de éstos a la luz de las experiencias que ofrecen los desastres ocurridos en diferentes áreas de la región. Caso concreto fue la reflexión suscitada por los acontecimientos derivados del huracán Mitch, que en 1998 afectó severamente a Nicaragua, Honduras, El Salvador y Guatemala y con motivo del cual se confrontaron dos perspectivas del problema. Una basada en la relación entre el proceso de empobrecimiento de vastos sectores de la población y el consecuente aumento de la vulnerabilidad de las comunidades, como factor explicativo del impacto social de estos eventos, que además considera el proceso de degradación ambiental en el incremento de la vulnerabilidad de un entorno geográfico; y otra sustentada en posturas que afirman que un evento de la magnitud del huracán Mitch habría dañado a cualquier sociedad; posición respecto a la cual surge la interrogante de: "¿en qué grado hubiera afectado a sociedades menos vulnerables y más en equilibrio con sus ambientes naturales y construidos?"¹⁴

Un buen ejemplo para el cuestionamiento anterior lo representa el gran terremoto peruano ocurrido en 1970 (terremoto de Ancash), donde un sismo de 7.7 grados en la escala de Richter con duración de 45 segundos que si bien pudo ser grave en cualquier lugar del planeta, se convirtió dadas las condiciones de vulnerabilidad de Perú en ese momento, en el peor desastre ocurrido hasta hoy en la historia del hemisferio occidental. Afectó un área de 83,000 km² (superficie mayor a la de Bélgica y Holanda juntos) y daño por completo a la infraestructura de comunicaciones, comercio y transporte regional. Los daños contabilizaron 140 000 personas heridas, 60 000 vidas, 500 000 peruanos quedaron sin casa y aproximadamente 3,000 000 de personas resultaron afectadas, 150 pueblos y ciudades y más de 1 500 aldeas campesinas sufrieron graves daños o quedaron totalmente destruidas, las pérdidas económicas superaron el medio billón de dólares de 1970.¹⁵

En la raíz del debate los analistas plantean otra pregunta ¿cuál es la relación que se guarda entre el modelo de desarrollo y la vulnerabilidad, es éste un factor causal o la vulnerabilidad es una condición colateral o secundaria? Los argumentos y observaciones acerca de la causa social de los desastres que se venía planteando desde el terremoto de Guatemala en 1976,

¹³ Arguello Rodríguez, M. Y Lavell A. "Internacionalización y Globalización: Notas sobre su Incidencia en las Condiciones y Expresiones del Riesgo en América Latina". A publicarse en la revista *Quorum* de la Universidad de Alcalá, España. Texto tomado de (<http://www.desenredando.org>) p.4

¹⁴ Lavell, A. "Desastres durante una Década: Lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990 - 1999)" FLACSO y LA RED. Artículo publicado en Anuario Política y Social de América Latina, núm. 3, 2000 Secretaría General de la FLACSO. P. 6. Tomado de la página de La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. (<http://www.desenredando.org>)

¹⁵ Oliver_Smith, A. "El gran terremoto de Perú, 1970: el concepto de la vulnerabilidad y el estudio y la gestión de los desastres en América Latina" pp. 147 - 160. En *Desastres Naturales en América Latina*. Lugo Hubp, J. y Inbar, M (compiladores). Fondo de Cultura Económica. México, 2002.

calificado por el periodista norteamericano Alan Riding como "terremoto de clase" cobraron fuerza ante el impacto del huracán Mitch en Centroamérica.

Hewitt sostiene explícitamente, que muchos fenómenos naturales no llegarían a ser desastres o en todo caso ocasionarían menos daños, si no fuese por las condiciones que caracterizan al subdesarrollo, "normalidad" en la que la población se ha visto obligada a vivir ...

Olivier_Smith, A. "El gran terremoto de Perú, 1970: el concepto de la vulnerabilidad y el estudio y la gestión de los desastres en América Latina" pp. 147 – 160. En Desastres Naturales en América Latina. Lugo Hubp, J. y Inbar, M (compiladores). Fondo de Cultura Económica. México, 2002. p. 148.

Para intensificar el debate acerca de la relación entre desastres, pobreza y degradación ambiental, en 1999 en la costa situada al norte de Caracas tuvieron lugar una serie de inundaciones y corrimientos de lodo que afectaron la zona turística y comercial localizada en esa porción del litoral venezolano. El origen del problema fue la saturación del suelo debido a un período continuo de quince días de lluvia sumadas a un año ya de por sí lluvioso. Los afectados fueron principalmente los sectores de clase media y alta, y el evento se registro en un entorno físico-geográfico al parecer bien conservado, dado que se trataba de una reserva ecológica. De manera que algunos pensarán que los desastres sí son naturales y no tan "clasistas" como argumentan los científicos sociales de corte crítico.¹⁶ Sin embargo, más que negar el carácter social y ambiental de los desastres, el evento venezolano, al igual que las dramáticas inundaciones ocurridas en algunas ciudades europeas en agosto de 2002, muestran la diversidad de circunstancias que pueden dar lugar a un desastre, son en otras palabras, la confirmación de que nadie está exento a ser afectado, en un mundo naturalmente riesgoso.

La diferencia de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos.

Cardona A. 2001

La vulnerabilidad es el grado en que las diferentes clases sociales están diferencialmente en riesgo.

Susman et al, 1984, citado en
Cardona A. La Necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la Gestión. 2001.

TESIS CON
FALLA EN
EL PROCESO

Otro buen ejemplo, lo brinda la ciudad de Murcia en España, donde a causa de una sequía prolongada y de la explotación excesiva del manto freático, los niveles pizométricos descendieron a lo largo del decenio de los 90's, 12 m en promedio, afectando de manera general la cimentación de los edificios, sin embargo, las diferencias en calidad de las construcciones y el distinto nivel socioeconómico de la población afectada, que permite o no realizar medidas preventivas y reparaciones eficaces, tiene como consecuencia la manifestación discriminada de los efectos perjudiciales. Por lo que la portavoz de la Comisión de afectados manifiesta que "Este fenómeno ataca a los edificios mal construidos y no a los buenos; como consecuencia este es un daño para familias de nivel socioeconómico medio-bajo...".¹⁷

La distribución social del riesgo está en general condicionada por el acceso diferencial a los recursos que tipifica a una gran mayoría de la población mundial.

Hewitt, K. "Daños ocultos y riesgos encubiertos: haciendo visible el espacio social de los desastres". En Mansilla, E. Desastres un modelo para armar. Colección de piezas de un rompecabezas social, 1996. pp.11 – 26.

Cada modelo de desarrollo económico y humano o si se prefiere, de acumulación, se acompaña por un modelo de riesgo territorial y social distinto.

Blaikie et. al. "Vulnerabilidad: el entorno político, económico y social de los desastres. Citado por Lavell en: Arguello Rodríguez, M. y Lavell A." Internacionalización y Globalización: Notas sobre su Incidencia en las Condiciones y Expresiones del Riesgo en América Latina. p. 4.

3. Evolución en la concepción del problema

En los últimos cuarenta años, dentro del mundo académico y científico, la comprensión y los conceptos asociados al problema de los desastres se han ido transformando. La concepción de los desastres como eventos naturales (aunque hoy en día éste sigue siendo el paradigma y sustento de la acción tecnocrática prevaleciente) ha ido cediendo espacio a una concepción social e integral de los desastres. Los desastres han dejado de ser concebidos sólo como "productos" para ser entendidos también como "procesos".

El enfoque inicial del problema denominado por Hewitt, "fiscalista" equipara los desastres con eventos extremos de la naturaleza. La responsabilidad de los desastres se sitúa en el hecho mismo y la sociedad tiene tan sólo un papel secundario o dependiente. Bajo esta concepción

¹⁶ Lavell, A. "Desastres durante una Década: Lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990 - 1999)" Op. cit., pp. 7-9.

¹⁷ Calvo García-Tornel, F. "Algunas cuestiones sobre Geografía de los Riesgos". En Script Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Núm. 10, 15 de nov. de 1997. Universidad de Barcelona, España. (<http://www.ub.es/geocrit>)

subyace la idea de que los desastres son sucesos impredecibles, inmanejables e inevitables, de cuya severidad e intensidad depende la magnitud del evento.¹⁸

Dentro de esta visión, la investigación y el conocimiento se concentran en las áreas de las ciencias de la Tierra y de la ingeniería, de ahí el fortalecimiento de una serie de instituciones ligadas a estos campos, caso del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en México.

Otra característica de la concepción fiscalista de los desastres es la cuantificación de todo cuanto sucede (muertos, edificios dañados, número de damnificados, etc.) con lo cual, la presunción del desastre se fundamenta en registros estadísticos, baste de ejemplo la definición de desastre de la Federación Internacional de la Cruz Roja y Media Luna Roja (FICR): "... cualquier evento que tiene un mínimo de diez muertos, cien afectados o que conduce a una llamada para asistencia externa".

En este contexto, las acciones a emprender para reducir la intensidad y la frecuencia de los desastres se sitúan en el estudio de las amenazas y en los intentos por predecir su presencia a fin de alertar a la población sobre su probabilidad de ocurrencia, en términos de lo cual, las medidas a aplicar son esencialmente coyunturales, caso por ejemplo de las acciones de evacuación en las zonas susceptibles de sufrir los mayores impactos. Además de que por otro lado, las características de inevitable e inmanejable dadas a los desastres privilegian la toma de medidas postdesastre (acciones de rehabilitación y reconstrucción) orientadas a restablecer el panorama previo al evento destructivo, y deslíndan de responsabilidad a los encargados de evitar o mitigar los daños.

En caso de existir alguna posibilidad de actuación previa al desastre, éstas se basan en el enfoque ingenieril y se concentran, en consecuencia, en el reforzamiento de infraestructuras o en la construcción de obras de contención como diques, muros, etc.

Sin embargo, con el impulso de las ciencias sociales, la visión fiscalista se ha ido, a través del tiempo, complementando y transformando en una visión más integral, fundamentada en el análisis de los desastres como productos y como procesos.

Durante los años 80's, América Latina fue dominada por el enfoque de las ciencias naturales, centrado en el análisis de los fenómenos naturales (terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, etc.), en tanto la respuesta social a los desastres se concentraba en la capacitación para mejorar la respuesta humanitaria y la elaboración de planes de emergencia, alerta y evacuación.

¹⁸ Lavell, A. "La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría" En Estado, Sociedad y Gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido. Allan Lavell y Eduardo Franco, editores. LA RED; FLACSO; ITDG-Perú. Perú, 1996. p. 8.

Durante los 90's se vivió un profundo cambio en la comprensión de los desastres que minaba las bases del fiscalismo y la tecnocracia imperante; lo social apareció en la concepción del problema, no sólo en lo que respecta al significado e impacto de los desastres, sino también en el hecho de que las causas son a su vez sociales. Las *amenazas* adquirieron categoría social y el *riesgo* se convirtió en un concepto complejo, producto de una relación dialéctica entre el mundo de lo físico y el mundo de lo social. La *vulnerabilidad* dejó de considerarse exclusivamente cuestión de ingeniería para aludir más bien a un conjunto de condiciones y condicionantes sociales que predisponía a la sociedad a sufrir pérdidas y daños. El riesgo comenzó a asumir el papel de concepto dominante y los desastres a verse como riesgos actualizados o no manejados. El riesgo era el problema y el desastre la respuesta natural. La esencia del debate residió en determinar si la vulnerabilidad constituye un aspecto consustancial y estructuralmente determinado de los modelos de desarrollo socioeconómico o si es un efecto secundario que puede ser intervenido con políticas, instrumentos y acciones compensatorias.¹⁹

En ese contexto, la propuesta alternativa a la concepción fiscalista propone que: "El riesgo de desastre es producto de una combinación particular de las llamadas amenazas (lo físico) y la vulnerabilidad de la sociedad (lo social). Esto implica la aceptación de que en la mayoría de los casos, son las condiciones sociales de existencia de una población las que determinan en gran medida el nivel de destrucción, de dislocación o de interrupción de las funciones de la sociedad."²⁰

Aunque tradicionalmente los desastres se consideraban como lamentables accidentes que ocurren en la vida cotidiana "normal", Hewitt manifiesta que es más lógico buscar una explicación de los desastres en el orden de esa "normalidad", que en las características geofísicas accidentales de un lugar. De esta manera, los desastres caracterizan más a una sociedad que a un simple ambiente físico.

"Las relaciones humano-ambientales prefiguran los desastres"

Oliver Smith, A. "El gran terremoto de Perú, 1970: el concepto de la vulnerabilidad y el estudio y la gestión de los desastres en América Latina" pp. 147 – 160. En *Desastres Naturales en América Latina*. Lugo Hubp, J. y Inbar, M (compiladores). 2002. p. 148.

La concepción social de los desastres exige mucha mayor precisión en cuanto a la manera de determinar el desastre y las actividades desplegadas para llevar a cabo las intervenciones respectivas. En su definición se requiere que además de las formulas que determinan si existe o no una condición de desastre, se establezca la reconstrucción de los procesos sociales que

¹⁹ Lavell, A. "Desastres durante una Década: Lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990 - 1999)" Op. cit., pp.12 – 14.

²⁰ Lavell, A. "La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría" Op. cit. pp. 10 – 11.

históricamente han ido conformando esa situación de proclividad al riesgo para una sociedad (pobreza, desorganización social, ideologías fatalistas, ausencia de sistemas institucionalizados de seguridad ciudadana, falta de controles sobre el uso adecuado del suelo, entre otros).²¹

"Un desastre representa el punto culminante, la crisis desatada por un proceso continuo de desajuste del ser humano, de sus formas de asentamiento, construcción, producción y convivencia con el medio ambiente natural."

El desastre es la actualización del grado de riesgo existente en la sociedad, generado por una inadecuada relación entre el hombre y la naturaleza, producto de las formas de ocupación del espacio y de la utilización de los recursos naturales.

Lavell, A. "La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría" En Estado, Sociedad y Gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido, 1996. pp. 13 y 14.

La concepción social de los desastres ayuda por otra parte a desmitificar la idea de que son siempre eventos de gran magnitud en términos sociales, económicos o territoriales, e incluso Lavell adelanta al respecto una importante consideración, "...los pequeños y medianos desastres son indicadores del comienzo de procesos que, por la construcción permanente de mayores condiciones de vulnerabilidad pueden convertirse en los grandes desastres del futuro".²²

Desde esta perspectiva, las raíces del problema se ubican en el curso y las características del desarrollo socioeconómico de las comunidades. Asimismo, las ideas derivadas de la concepción social del problema abren nuevas posibilidades en cuanto a la actuación de las comunidades, las cuales van más allá de la prevención considerada como obra de ingeniería de la visión "fiscalista", la preparación entendida como actividad de alerta y evacuación, y el estudio científico centrado en las ciencias de la Tierra.

4. La Geografía y el estudio de los Riesgos y los Desastres

*Cualquier riesgo o evento desastroso se diferencia por su localización geográfica y escenario.
Estas son las llaves del origen del peligro, las formas del daño
y de quienes son los afectados.
(Hewitt, *Regions of Risk. A Geographical Introduction to Disasters*, 1997. p.12)*

La Geografía tiene mucho que aportar al debate y análisis sobre riesgos y desastres, en virtud de que uno de sus ejes de interés corresponde al estudio de la relación hombre-naturaleza, de

²¹ Ibid, p. 12.



ahí su capacidad para comprender, tanto el funcionamiento de los procesos físico-geográficos, como de los procesos de desarrollo de las sociedades y las interacciones entre ambos, conocimientos todos ellos, fundamentales para el estudio del problema de los riesgos y los desastres en el mundo.

Ives Lacoste declara que desde un punto de vista geográfico el tema reviste importancia singular. Recientemente se ha postulado a partir del estudio de los riesgos naturales la necesidad de mantener "el principio de una geografía global", a la vez física y humana, capaz de mostrar la complejidad de las interacciones entre el hombre y su medio.²³

Cardona A. en su trabajo "*La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión*"²⁴, plantea que existe una alta fragmentación del conocimiento respecto de la concepción del riesgo que no ha permitido concluir una teoría consistente del riesgo desde la perspectiva de los desastres. Una concepción holística del riesgo, consistente y coherente, fundamentada en los planteamientos teóricos de la complejidad, que tengan en cuenta no sólo variables geológicas y estructurales, sino también variables económicas, sociales, políticas, culturales o de otro tipo, podría facilitar y orientar la toma de decisiones en un área geográfica. La falta de una visión holística del riesgo, es decir de una valoración integral y multidisciplinaria que permita desagregarlo en sus componentes de diferente índole, parece haber contribuido en buena parte a la falta de efectividad de su gestión.

En este sentido, los aportes de la Geografía se vuelven a hacer evidentes en virtud de que ésta es por naturaleza una ciencia holística entre cuyos objetivos se encuentra la identificación de espacios caracterizados por un conjunto de elementos (físicos, económicos, ecológicos, sociales, etc) que conforman situaciones diversas, de manera que en el caso de interés, correspondiente a la ubicación de territorios donde el conjunto de sus componentes está gestando "situaciones de riesgo", la Geografía debe ser sin duda una de las ciencias abocadas a estudiar la problemática de los riesgos y desastres. El referente espacial es determinante para determinar los niveles de riesgo.

El análisis de los riesgos en Geografía ha evolucionado a través del tiempo, desde la consideración de un sólo peligro en un espacio determinado hasta el enfoque de la multicausalidad de los desastres y su análisis a nivel regional. Calvo García-Tornel²⁵ señala que en un principio los estudios se abocaban al análisis de peligros de tipo natural (inundaciones, heladas, terremotos, etc); para pasar luego, a la identificación del concepto de

²² Ibid., p.13.

²³ Citado por Calvo García-Tornel, F. La Geografía de los Riesgos. En *GeoCrítica*. Cuadernos Críticos de Geografía Humana. Año IX, núm. 54, noviembre, 1984. Universidad de Barcelona, España. (<http://www.ub.es/geocrit>)

²⁴ Cardona A., O. La Necesidad De Repensar De Manera Holística Los Conceptos De Vulnerabilidad y Riesgo. "Una Crítica y una Revisión Necesaria para la Gestión". Artículo y ponencia para International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice. Holanda, 2001.

²⁵ Calvo García-Tornel, F. La Geografía de los Riesgos. Op. cit.

"peligrosidad de un lugar" examinando el conjunto de riesgos (naturales o creados por el hombre), que se asocian de una determinada manera en un espacio definido; y en años recientes la investigación se ha dirigido a establecer en que grado los distintos tipos de adaptación humana al medio son en sí mismos generadores de riesgos.

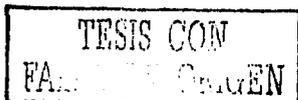
El riesgo es un problema de interacción entre el hombre y la naturaleza, interacción variable y gobernada por el estado de adaptación respectivo entre el sistema humano de uso de la naturaleza y la situación de ésta en sí misma. Desde el punto de vista geográfico, riesgo es la situación concreta en el tiempo de un determinado grupo humano frente a las condiciones de su medio, en cuanto ese grupo es capaz de aprovecharlas para su supervivencia o incapaz de dominarlas a partir de determinados umbrales de variación de estas condiciones.

Calvo García-Tornel, F. La Geografía de los Riesgos. En *GeoCrítica*. Cuadernos Críticos de Geografía Humana. 1984.

El estudio de los riesgos reconoce entre sus orígenes, en el caso particular de la Geografía, la atención de las inundaciones que afectaron en los años 20's a Estados Unidos, problema inicialmente abordado por el Cuerpo de Ingenieros de ese país. Hecho que atrajo la atención de un grupo de geógrafos quienes cuestionaron el enfoque estrictamente ingenieril y esbozaron la posibilidad de soluciones alternativas. Años más tarde, cuando se consideró conveniente evaluar los resultados de las obras públicas destinadas al control de las inundaciones afloró que las pérdidas de todo tipo ocasionadas por esos eventos en lugar de disminuir habían aumentado. La reflexión derivada condujo a los geógrafos encabezados por Gilbert White al planteamiento de ¿Cómo se adapta el hombre al riesgo y a la incertidumbre de los sistemas naturales y qué implica la comprensión de estos procesos por la política pública? ²⁶

Fueron de hecho, los trabajos desarrollados por White y su grupo los que revolucionan en ese momento la manera de analizar el problema, hasta entonces centrado en métodos de cuantificación de pérdidas posibles, que consideraban que los individuos enfrentaban los peligros con una solución económica óptima, es decir, mediante medidas que condujeran a la menor cantidad de pérdidas, pero la práctica fue reportando lo contrario. De ahí la necesidad de realizar investigaciones que pudieran explicar los distintos comportamientos de los grupos de población ante los riesgos de un lugar, y es cuando White incorpora la percepción como método de trabajo, que permitió comprender mejor las decisiones individuales y colectivas y su impacto sobre los recursos naturales.

No obstante, es hasta la década de los años 70's cuando se registran un buen número de publicaciones relacionadas con el tema y se observa la consolidación de los estudios sobre riesgos ambientales.



Durante el siguiente decenio los movimientos ecologistas le imprimen mayor relevancia al problema y se precisan tres cambios importantes en la concepción de éste:

- se hace énfasis en la relación entre riesgos y subdesarrollo económico, subrayándose que éste aumenta las consecuencias de los desastres;
- se da mayor atención a los riesgos generados por el hombre y su desarrollo tecnológico
- y se reconoce la naturaleza multidisciplinaria del tema.²⁷

En 1982 la Revista Herodote dedica el número 24 a las *Tierras de altos riesgos*, en ella Jean Tricart publica "El hombre y los cataclismos", donde analiza la importancia de conocer los peligros presentes en algunos lugares, pero concluye que la conciencia del riesgo y la decisión política, que forman parte del ordenamiento territorial, son tanto o más importantes que conocer y diagnosticar el problema.²⁸ La conclusión de Tricart en ese trabajo resulta muy interesante, dado que se adelanta a años de análisis y debates realizados en torno al tema en el mundo, incluso en lo que respecta a un punto menos abordado, el concepto de riesgo vinculado al de decisión, ¿hay algo por hacer o no?

La participación de la Geografía se dejó sentir en forma importante durante esta década. A la conformación de la actual visión de los desastres, cita Lavell, han contribuido los estudios sobre percepción de amenazas y riesgos de los geógrafos Gilbert White, Ian Burton y Robert Kates, además del amplio trabajo desarrollado por Kenneth Hewitt y sus colegas, el cual dió lugar a toda una corriente de pensamiento en torno al concepto de la vulnerabilidad de la sociedad.

El trabajo realizado por Kenneth Hewitt durante la década de los años 80's favoreció decididamente la nueva visión de los riesgos y los desastres en años posteriores. En 1983 publicó una colección de ensayos titulados "*Interpretaciones de calamidad: desastres desde la perspectiva de la ecología humana*" en donde quedo de manifiesto una interpretación de los desastres desde la visión de la Economía Política enraizada en las teorías críticas del desarrollo. Este aporte que era consecuencia de los enfoques e inquietudes de un grupo de trabajo sobre desastres, formado en la Universidad de Bradford en Inglaterra paso casi inadvertido en las discusiones sobre el tema de esos años, no obstante serían parte de las semillas que durante los 90's darían lugar a la generación de una importante alternativa analítica sobre el tema riesgos y desastres.

A manera de síntesis, durante los años 70's y 80's el énfasis metodológico se colocó en los estudios comparativos y en el ajuste de técnicas y métodos respecto de la percepción de

²⁶ Ibid.

²⁷ Aneas de Castro, Susana D. "Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía". En *Script Nova*. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Núm. 60, 15 de marzo de 2000. Universidad de Barcelona. (<http://www.ub.es/geocritl>)

peligros, según refiere Aneas de Castro en "Riesgos y Peligros: una visión desde la Geografía". En tanto, durante el decenio de los 90's los esfuerzos en el área geográfica se abocaron principalmente a tratar la prevención de los peligros, en otras palabras, se concentraron más en las consecuencias de éstos que en las metodologías de estudio. Sin embargo, en ámbitos interdisciplinarios se reconoce la importancia de considerar en forma explícita la dimensión territorial, dado que los procesos que generan la vulnerabilidad pueden tener dimensiones espaciales distintas a las de los territorios que expresan cierta vulnerabilidad, que es de hecho donde los efectos son sentidos. La importancia de estas consideraciones, señala Lavell ²⁹, reside no sólo en lo que implica para la intervención en el problema de los desastres, sino también en las opciones y niveles en los cuales deberían ser enfocados los esfuerzos para modificar los procesos de conformación del riesgo.

Actualmente, de acuerdo con Hewitt ³⁰, tres aspectos son importantes como parte de los análisis geográficos que tienen que ver con la identificación de riesgos y el examen de los desastres: la elaboración de mapas de riesgos, el análisis de la desorganización espacial y lo que él denomina "la geografía de los temores y los cuidados".

La representación cartográfica del problema de análisis es condición necesaria para llevar a cabo los análisis y determinar, en primera instancia, los espacios en riesgo. La desorganización espacial alude a la interrupción y al cambio brusco que representa un desastre en el orden geográfico existente. La zona de desastre se convierte en un área desintegrada, dado que las conexiones del espacio geográfico son afectadas (caso de los suministros de agua, víveres, energía eléctrica, además de los servicios médicos y de distribución en general) con lo cual se obstruye el funcionamiento de las estructuras de apoyo de las comunidades.

Por su parte, la geografía de los "temores y los cuidados" comprende los aspectos finos de la organización humana, especialmente los relacionados con el sentido de seguridad de las personas, íntimamente ligados con su lugar de residencia y de pertenencia a ese lugar. Al respecto, el espacio geográfico dice O. Dollfus., es un espacio percibido y sentido por los hombres, tanto en función de sus sistemas de pensamiento, como de sus necesidades. Cada grupo humano tiene una percepción propia del espacio que ocupa y que de una u otra forma le pertenece. Asunto que Maskrey expresa en relación a los distintos imaginarios de la vulnerabilidad, "... el tiempo y el espacio en sí no tienen una sola lectura objetiva sino muchas, en las cuales los contenidos imaginarios son muy importantes. ... Entender y analizar estos imaginarios es de crucial importancia para poder entender el comportamiento y las motivaciones de la población frente al riesgo de desastre. ... en América Latina existe un desencuentro fundamental entre el imaginario formal de la vulnerabilidad que proviene de la

²⁸ Ibid.

²⁹ Lavell A. "Desastres durante una Década: Lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990-1999)". Op. cit. p.16.

³⁰ Hewitt, Kenneth. Regions of Risk. A Geographical Introduction to Disasters. Themes in Resource Management. Ed. Longman. Inglaterra, 1997. pp. 40 -42.

ciencia formal y los imaginarios reales de la vulnerabilidad que maneja la población, puesto que el primero, en general, no reconoce, ni respeta, ni escucha a los últimos." ³¹

Cuadro 2. Elementos generadores de riesgo y sus consecuencias (propuesto por Hewitt)

	PELIGROS	VULNERABILIDAD	CONDICIONES DE INTERVENCIÓN	DAÑOS Y DE INTERVENCIÓN
Elementos	Agentes Naturales Tecnológicos Sociales	Personas Propiedades Actividades Usos del suelo Sistemas de valores	Contexto Hábitat Medio construido Social Cultural	Trabajos de control Seguros Prevención Religiosos
Eventos perjudiciales	Impactos Accidentes Daños Duración Área afectada Recurrencia	Víctimas Pérdidas Desplazamientos	Procesos dañinos de niveles variables	- Medidas de Emergencia - Ayuda externa - Reconstrucción

Cuatro conjuntos de factores se interrelacionan para conformar condiciones de riesgo en un territorio. Los daños se presentan cuando se construyen relaciones desfavorables entre ellos gestando posibles desastres.

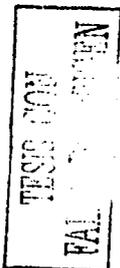
Fuente: Hewitt, Kenneth. *Regions of Risk. A Geographical Introduction to Disasters*. Themes in Resource Management. Ed. Longman. Inglaterra, 1997. p. 31.

En resumen, dado que la Geografía es una disciplina basada no en el dominio de un conocimiento, sino en la capacidad de vincular los diferentes componentes que integran y conforman la realidad de un espacio, el cual asimismo puede ser observado y abordado desde ángulos o problemáticas distintos, su contribución al estudio de los riesgos y los desastres resulta incuestionable. Incluso se puede concluir, se trata de un problema, al cual el análisis geográfico le es inherente. Además, Pierre George ha señalado desde los años 70's, que los centros de gravedad de la investigación geográfica están determinados por la coyuntura vital de la sociedad y la necesidad de actuar sobre ella, siendo éste precisamente el caso del problema de interés, que como se ha reportado muestra además, un rápido incremento en el número de eventos catastróficos por año.

5. Gestión de Desastres

Como se ha mencionado, la comprensión actual de los desastres ofrece nuevas y más amplias posibilidades de actuación, en contrapartida a las limitadas actividades derivadas de la visión "fiscalista" del problema, sin embargo, por el lado de la respuesta institucional aún no se observan ejemplos de cambios sustanciales en la materia.

³¹ Maskrey, A. "Comunidad y Desastres en América Latina: Estrategias de Intervención". en *Viviendo en Riesgo*. Maskrey, A. compilador. ITDG. Lima, 1993. Texto tomado de (<http://osso.univalle.edu.co/tmp/lared/public/libros>)



Para corroborarlo retomamos el ejemplo de cómo es concedida la *Gestión de Desastres* en distintos países, citados en el trabajo titulado "Diversas formas de tratamiento de los desastres en el mundo. Aspectos legales e institucionales".³²

Proyecto para la prevención de desastres de la ciudad de Tokio. Su objetivo central es hacer de Tokio una ciudad donde la gente viva sin peligro, ello con base en cinco puntos básicos: construcción de ciudades antidesastre; minimización y prevención de desastres; reforzamiento de sistemas de primeros auxilios y alivio; mejoramiento del comportamiento e interacción humana, e investigación y estudio de prevención de desastres.

Este proyecto es de los pocos, de entre los encontrados, que pone atención importante en la prevención de daños, además de reconocer que dado que los desastres son ocasionados en buena medida por factores humanos es posible mitigarlos.

Plan para la ayuda en casos de catástrofe a nivel comunal de Italia. Su propósito es salvar vidas humanas de manera que considera una serie de medidas relacionadas con los preparativos para la ayuda y la asistencia material y moral.

Se trata evidentemente de un plan centrado en la atención de emergencias, aunque se señala que en el Departamento de Protección Civil el concepto de protección civil ya desbordó el enfoque del socorro y parte de los esfuerzos se orientan a la atención de tareas de recuperación socioeconómica de las zonas y grupos afectados.

Organización Regional de Seguridad Civil de Francia. Parece ser un sistema más balanceado, sus objetivos abordan tanto medidas de prevención, como de organización del socorro. El plan y su reglamentación tienen como fin reducir los riesgos, conocer las causas de los accidentes, características y límites, y con base en ellos desarrollar medios de defensa.

Sistema de Protección Civil Mexicano. Se aplica como auxilio en casos de desastre, sus objetivos son: aminorar los efectos de un desastre mediante la aplicación de medidas de urgencia; mantener la confianza en la capacidad de las instituciones nacionales, y optimizar los recursos para hacer frente a los desastres.

Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia. Construido después del desastre de Armero en 1985, se convirtió en el punto de referencia obligado

³² Delgadillo Macías, J. (Coordinador) *Desastres Naturales. Aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México*. Editado por: Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM, Centro de Ciencias de Sinaloa, Facultad de Historia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, CONACYT y el Sistema de Investigación del Mar de Cortés. México, 1996. pp.70 - 81.

en cuanto al tema de la actuación estatal para combatir el problema de los riesgos y los desastres en la región Latinoamericana.

Con apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Colombia reconstruyó al organismo estatal encargado de atender los desastres con base en el reconocimiento de que éstos eran problemas del desarrollo, problemas ambientales y objeto no sólo de respuesta sino también de prevención y mitigación.

Este sistema basa sus estrategias en la prevención por lo que introduce el concepto, tanto en la planeación sectorial, como en los distintos niveles de desarrollo espacial. Entre los propósitos del sistema destacan: la incorporación de la prevención en los planes municipales y regionales de desarrollo; análisis de vulnerabilidad; recuperación de cuencas hidrográficas degradadas en todas sus escalas espaciales; reubicación de viviendas localizadas en zonas de alto riesgo; la realización de mapas de amenazas y de determinación de zonas de máximo riesgo; instrumentación y vigilancia de fenómenos naturales; dotación de centros de reserva y elaboración de planes de emergencia, educación y capacitación; fortalecimiento institucional y financiero, y reconstrucción posdesastre.

¿Cómo convendría concebir la Gestión de Desastres?

Dados los avances conceptuales en este campo y de acuerdo con Lavell, es posible distinguir cuatro subconjuntos de actividades:

- La **"gestión de amenazas"**, que comprende todas aquellas actividades que buscan reducir la probabilidad de que las amenazas físicas se conviertan en hechos reales o intentan disminuir su probable intensidad o impacto.
- La **"gestión de las vulnerabilidades"**, que incluye la serie de tareas que aspiran a reducir la vulnerabilidad de las sociedades frente a las amenazas físicas.
- La **"gestión de la emergencia o de la respuesta inmediata"**, que comprende las actividades cuya finalidad es restaurar las condiciones mínimas de seguridad y bienestar social y económico de las poblaciones afectadas por el impacto de algún evento.
- La **"gestión de la rehabilitación y la reconstrucción"**, que incluye aquellas actividades que pretenden reestablecer las condiciones normales de existencia de las poblaciones afectadas.

Lavell, A. La Gestión de los Desastres: hipótesis, concepto y teoría. pp. 16 –17.

Esta conceptualización destaca, en primer término, la existencia de actores sociales y especializaciones diferenciadas en la gestión global de los desastres y pone de manifiesto que la gestión de éstos se integra a su vez por una serie de actividades distintas que deben estar coordinadas e integradas entre sí. De esta forma señala el mismo Lavell, "... nos introducimos

en la idea... del *continuo de los desastres*, que plantea que la gestión debe realizarse muy ligada a una visión del desarrollo sustentable de la sociedad, y que no podemos seguir pensando en fases discretas, sino en fases concatenadas e integradas horizontalmente, en donde se acepta entre otras cosas, que lo que se hace en una fase puede tener severas repercusiones positivas o negativas en una siguiente fase".³³

La concepción del *continuo de los desastres* a diferencia de la noción de *fases* rechaza la tendencia a la sobreespecialización de instituciones en ciertos subconjuntos de actividades, lo cual dificulta la coordinación entre los grupos y favorece la tendencia a la concentración en ciertas actividades (preponderantemente las relacionadas con la atención de emergencias), desequilibrando con ello los propósitos, alcances y resultados de la *Gestión de Desastres* en una región o país.

Ligando los términos de uso común en materia de administración de desastres con la concepción anterior tenemos que:

Prevención se refiere a todas las acciones encaminadas a evitar o disminuir los efectos de un desastre, comprende las actividades incluidas en el subconjunto denominado "gestión de las amenazas". **La prevención busca decir NO a las amenazas**, lo cual es posible gracias al desarrollo de conocimientos y técnicas que permiten la intervención humana sobre el medio ambiente; por ejemplo el manejo integral de cuencas, las acciones de reforestación, el uso del suelo acorde a su vocación, entre otras.

La **Mitigación** por su parte, se asocia en este contexto a la reducción de la vulnerabilidad, a eliminar o reducir en lo posible esa incapacidad de la comunidad para absorber los efectos de un determinado cambio en su ambiente. **La mitigación intenta decir NO a la vulnerabilidad** y las acciones vinculadas a ésta van desde la legislación y normatividad hasta las técnicas de construcción que ofrecen determinados niveles de seguridad.

Siguiendo con la conceptualización de Lavell, existe un tercer grupo de actividades denominadas "Preparativos para los desastres", los cuales se instrumentan antes y después de la ocurrencia de algún evento promotor de desastres. Comprenden acciones estrechamente ligadas con la gestión de la fase de emergencia, por ejemplo, la organización necesaria para los procesos de evacuación, así como la elaboración de los planes de contingencia. De manera que dentro del campo global de la *Gestión de Desastres*, el área de los "preparativos" es la que mayor atención ha recibido; de hecho frente a la escasez de recursos económicos y las dificultades políticas para instrumentar esquemas integrales de prevención y mitigación, muchas instituciones nacionales e internacionales han tenido que limitarse al fortalecimiento de los "preparativos", reduciendo las funciones de mitigación a estos últimos.

³³ Lavell, A. "La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría". Op. cit. p. 17.

Bajo este esquema de administración del problema de los desastres, cada grupo de actividades tiene actores distintos, con altos grados de especialización, intereses distintos e incluso en ocasiones divergentes, con base en los cuales es poco factible construir un sistema integral de *Gestión de Desastres*, en donde la parte privilegiada suele corresponder a la de los preparativos o atención de la emergencia. Baste observar dos de los cinco ejemplos referidos con anterioridad.

"La prevención y la mitigación siguen ocupando un lugar secundario en las actividades promovidas. La historia muestra que la atención que se les ha prestado dista mucho de ser óptima. Parte del problema de la falta de impulso a estas actividades se relaciona con la ausencia de un adecuado sistema conceptual que las involucre y que nos lleve más allá de las sencillas clasificaciones de medidas de prevención y mitigación, que hasta hoy, aparecen en los escritos sobre el tema. Mayores esfuerzos deben dedicarse a clarificar exactamente que implican estas actividades, los costos económicos y políticos que acarrea instrumentarlos o no, y la forma en que efectivamente se relacionan con el fin muchas veces propuesto de ubicar la *Gestión de Desastres* dentro del contexto de la planificación para el desarrollo nacional".³⁴

Fomentar una cultura de la prevención no es fácil, ya que mientras los costos de la prevención deben ser pagados en el presente, sus beneficios se obtendrán a largo plazo, además de que éstos no son siempre tangibles, ya que representan los desastres que no ocurrieron.

Editorial de *DIRDN Informa*. Revista para América Latina y el Caribe Núm. 15, 1999. (http://www.disaster.info.desastres.net/idndr/dirdninf/No15_99/espanol/index_15.htm)

En la realidad lo que se observa entre la mayoría de los responsables de la *Gestión de Desastres*, es que no hay claridad respecto a lo que significan prevenir y mitigar en términos concretos, llenando tal vacío con concepciones en donde los desastres son "impredecibles e inmanejables" y por lo tanto, la única manera de enfrentarlos es mediante la organización de acciones de respuesta inmediata una vez ocurrido el desastre, la finalidad es que éstos no se conviertan en un problema político y desde luego social de mayor envergadura.³⁵

En la mayoría de los países Latinoamericanos: "la evidencia tiende a demostrar que la mitigación que se lleva a cabo se limita a medidas que afectan las manifestaciones externas y visibles de la vulnerabilidad pero no a los procesos sociales y económicos que quedan disimulados por debajo, ... a largo plazo y entendiendo a la vulnerabilidad como un proceso

³⁴ *Ibid.*, pp. 20 – 21.

³⁵ *Ibid.*, p. 22.

evolutivo, este tipo de mitigación resulta insostenible y antieconómico".³⁶ y México no es la excepción, después de cada desastre los problemas se resuelven sólo en apariencia, los trabajos de reconstrucción tratan de reestablecer las condiciones de vida previas al desastre, pero los procesos incubadores del riesgo siguen adelante, conformándose, acrecentándose, y basta el siguiente siniestro para corroborarlo.

Si en realidad se desean mitigar los efectos de los desastres, es necesario enfrentar los procesos causales, los cuales radican en las condiciones de deterioro de los ecosistemas y/o, están escondidos tras la vulnerabilidad visible de la población. "Puesto que es muy difícil negar que exista una relación entre el aumento de la vulnerabilidad y los modelos de desarrollo y ocupación espacial aplicados en América Latina, entonces debería ser evidente que para reducir la vulnerabilidad es preciso modificar el direccionamiento y los patrones de las relaciones sociales y territoriales de producción".³⁷ Es innegable en términos generales, que los gobiernos sólo han invertido los montos mínimos necesarios para evitar que los desastres asociados a las amenazas naturales se conviertan en agentes que desestabilicen la economía y la política.

La mitigación denominada para el cambio, "... no debería considerarse como un programa o proyecto específico con sus objetivos limitados al riesgo presentado por algunos elementos vulnerables a una amenaza dada en un tiempo determinado. Más bien debería definirse como un proceso de transformación de las condiciones de vida y las relaciones de producción (económicas, territoriales, ecológicas, sociales, culturales y políticas) que determinan tales condiciones, a través de una ventana de oportunidad específica: la mitigación de riesgos".

Maskrey, A. "Vulnerabilidad y mitigación de desastres".

La experiencia dejada por los desastres ocurridos en pleno DIRDN en América Latina, han llevado a concluir a uno de sus más acuciosos analistas A. Lavell, que poco se avanzó en transformar la prevención y mitigación, de un acto de obras de ingeniería, en una acción fincada en la reducción de la vulnerabilidad social. Frente a la imposibilidad de modificar los patrones de desarrollo y asumir la mitigación como acciones orientadas a disminuir la vulnerabilidad y los riesgos primarios, se le circunscribió en los hechos a las acciones de alerta temprana y evacuación de las zonas de peligro.³⁸

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

³⁶ Maskrey, A. "Vulnerabilidad y mitigación de desastres". Op. cit.

³⁷ Ibid.

"La reducción de desastres se ha transformado en acciones en pro de reducir las pérdidas, una vez que se tiene la seguridad de que el evento sucederá, en lugar de buscar que el desastre no se concrete".

Maskrey, A. "Vulnerabilidad y mitigación de desastres"

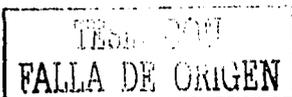
Si bien los programas dirigidos a la mitigación de desastres empiezan lentamente a convertirse en un aspecto fundamental de la planificación del desarrollo, aún no existen estudios sólidos que justifiquen en términos de costo-beneficio mayores inversiones en prevención o mitigación de desastres. No obstante, la tendencia hacia la mitigación debe encontrar curso, dado que los países no pueden seguir manteniendo una posición de simple asistencia o exclusiva reparación de daños, porque sus presupuestos no lo resistirán y porque el costo social de estos eventos está despertando la conciencia pública en torno al problema.

Desde luego que prevenir y enfrentar desastres, requiere por otra parte, que los países dispongan de una holgura económica amplia; ya que cuando la estructura productiva de una sociedad es débil, poco competitiva, enfrenta déficits fiscales, condiciones deficientes de sus elementos de infraestructura y los recursos que genera se destinan en gran medida al pago de obligaciones nacionales e internacionales, como en el caso de México sucede con el FOBAPROA-IPAB, la deuda externa y el rescate carretero, se restringen en primera instancia y sin margen de duda, las posibilidades para destinar fondos a la prevención, mitigación y atención de emergencias.

Esa condición de resiliencia de los países (capacidad para responder o absorber los impactos sufridos) es directamente proporcional a su condición de desarrollo socioeconómico. Pérdidas similares, entre países con niveles de fortaleza económica distinta, registran implicaciones en mucho diferentes. Un suceso que puede pasar desapercibido en una economía fuerte, puede significar un gran desastre en un país económicamente débil, en virtud de la capacidad de cada uno de los sistemas sociales involucrados.

Reflexionando entre los avances y obstáculos en materia de mitigación de desastres, la Organización Panamericana de la Salud identifica las siguientes prioridades:

- Las instituciones financieras nacionales e internacionales deben incorporar la variable "amenaza natural" en el análisis de factibilidad de los nuevos proyectos de inversión.



³⁸ Lavell, A. "Desastres durante una Década: Lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990 - 1999)" Op. cit., p.27.

- Los países en desarrollo tienen que incluir en sus solicitudes de apoyo a la comunidad internacional, actividades y programas de reducción de la vulnerabilidad a los desastres.
- Los planificadores y los científicos deben desempeñar un papel más activo para influir en los altos niveles políticos, a fin de fortalecer la mitigación de desastres.
- Se debe estimular la participación activa de las entidades aseguradoras, además, agregaríamos nosotros, de empresarios y autoridades públicas diversas, entre otros.
- Se debe activar el papel de las comunidades como mecanismos de presión, entre otras medidas.³⁹

"... aún son difusas las opciones de efectivizar los conceptos e ideas en torno a la reducción del riesgo y su gestión. Esto requiere de transformaciones radicales en los procesos de gestión del desarrollo en sí, ... acordes con el logro de una reducción en la pobreza y la vulnerabilidad de grandes masas de la población. Las condiciones no están dadas para estos cambios y, en consecuencia, es probable que la problemática de los desastres seguirá en escena, sin avances sustantivos en términos de su resolución. La acción estatal seguramente seguirá por la vía del mejoramiento de los preparativos y la respuesta humanitaria, pero las causas fundamentales de los desastres se mantendrán y aún se ampliarán, en la medida que la brecha social típica del modelo de desarrollo vigente se mantiene.

Lavell, A. "Desastres durante una Década: Lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990 - 1999)". p. 31.

La fase de **Atención de la emergencia** (correspondiente a la Gestión de la emergencia, propuesta por Lavell) ha sido sin duda el área de mayor actividad no sólo en cuanto a su desarrollo conceptual, sino también respecto a su ejecución y a la sistematización de las experiencias en muchas partes del mundo.

Es la etapa a la que se destinan la mayoría de los fondos, se invierte el máximo esfuerzo y sólo sirve, en estricto sentido de la resolución del problema, para paliar la realidad y quedar en espera del próximo evento catastrófico.

América Latina en general y México en particular son un ejemplo exacto de lo expresado; la mayoría de los esfuerzos en manejo de desastres corresponden a la atención de emergencias, siguiéndole en importancia los programas y proyectos de reconstrucción postdesastre, mientras

³⁹ Organización Panamericana de la Salud. "Hacia un mundo más seguro frente a los desastres naturales. La trayectoria de América Latina y el Caribe". OMS. DIRDN. 1994.

las acciones asociadas a la reducción de riesgos y vulnerabilidades son, como se ha insistido, aún incipientes.

Entre los problemas identificados por Lavell en relación con la atención de emergencias y que deben ser considerados en la construcción de los sistemas nacionales de *Gestión de Desastres* destaca el hecho de que, aún cuando la fase de manejo de la emergencia se delimita temporalmente, debe reconocerse, en primer término, que la emergencia producto del impacto de un evento físico, se sobrepone en muchos casos a una situación de emergencia permanentemente sufrida por las poblaciones de las zonas afectadas.⁴⁰

"El riesgo de desastre que enfrentan poblaciones pobres, se construye sobre el riesgo cotidiano. ...tipificado por la existencia de una emergencia social y desastre permanente. El riesgo es total y su análisis no puede prescindir de un entendimiento de la cotidianidad. Además el riesgo como pérdida potencial no se expresa solamente en grandes eventos... sino en múltiples y numerosos eventos diarios, recurrentes, que afectan a múltiples zonas y poblaciones de un país y que tal vez cuentan por más pérdidas y daños... que los grandes eventos que dominan la atención de la prensa, los gobiernos y las organizaciones humanitarias.

Arguello Rodríguez, M. y Lavell A. "Internacionalización y Globalización: Notas sobre su incidencia en las Condiciones y Expresiones del Riesgo en América Latina." p.5.

Finalmente como parte de las fases postdesastre se ubican las tareas de **rehabilitación y de reconstrucción** (correspondientes a la Gestión de rehabilitación y reconstrucción propuesta por Lavell), las cuales han dejado de ser vistas como actividades que buscan ubicar a las sociedades afectadas en las condiciones preexistentes al desastre. En virtud de que el discurso político ha hecho aparecer a los desastres como oportunidades para el desarrollo, de ahí, la idea de que la reconstrucción intenta crear mejores condiciones de existencia y promover estructuras, tanto físicas como institucionales y sociales, menos vulnerables a los embates de un futuro riesgo. En consecuencia, la planificación de los procesos de rehabilitación y reconstrucción debiera considerar acciones ligadas con la prevención y la mitigación. Desde este punto de vista, "... si los desastres realmente van a convertirse en una oportunidad para el desarrollo, no se deben reproducir las estructuras, funciones y relaciones de poder económico, social y político preexistentes".⁴¹

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁴⁰ Lavell, A.. "La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría". Op. cit. p. 24.

⁴¹ *Ibid.*

Durante la fase de reconstrucción de Perú, después del terremoto de Ancash en 1970, un eslogan popular reclamaba:

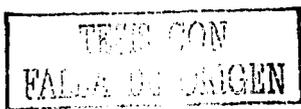
"No reconstruyamos el subdesarrollo"

Los peruanos reconocían así, que la destrucción era resultado tanto del terremoto como de las condiciones del subdesarrollo imperante.

Sin embargo, la experiencia derivada de los acontecimientos en los países subdesarrollados demuestra que después de las intervenciones de rehabilitación y reconstrucción lo más que se logra es restituir las condiciones previas al desastre en materia de infraestructura pública, mientras los niveles de vulnerabilidad de las zonas afectadas se mantienen intactos e incluso en ocasiones hasta se incrementan, y las condiciones generadores de riesgo siguen adelante como bolas de nieve; debido a que por buenas que sean las intenciones de reconstrucción y cuantiosos los fondos económicos para el caso, no alcanzan a resolver los vacíos derivados de la ausencia de medidas preventivas y de mitigación requeridas.

En la atención de los desastres, la idea de sistema, de acuerdo con Lavell, debe considerar por un lado, las fases diferenciadas del llamado *continuo de los desastres*, que definen independientes (aunque relacionados) conjuntos de actividades (prevención, mitigación, preparación, atención inmediata, rehabilitación, recuperación y reconstrucción), y por otro lado, las organizaciones, instituciones, colectividades (comunidades, familias, gremios, etc.) o individuos facultados, capacitados o dotados de los medios para gestionar y llevar a cabo políticas, estrategias y acciones pertinentes a los distintos componentes del *ciclo o continuo de los desastres*.

"La necesidad, en un modelo óptimo, de una estructura que permita la integración horizontal y vertical y que se guíe por una política maestra en materia de desastres, exige, necesariamente, un ente responsable para la coordinación global, sea éste una institución creada para ello y con jerarquía o una especie de comité, comisión o unidad coordinadora, interinstitucional o interorganizacional. En la realidad, las variantes de un modelo óptimo son muchas y en los extremos, están de un lado, un sistema integrado como el antes descrito y en el otro, la existencia de una preocupación difundida acerca de la problemática de los desastres, representada por una diáspora de instituciones u organizaciones que trabajan de acuerdo con su propia lógica, recursos y áreas de interés. Una variante de esta segunda opción es la existencia de un sistema integrado a partir de una fase en particular (la de emergencia por



UNA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

ejemplo), sin que exista una estructura similar para la prevención y la mitigación".⁴² ¿En qué variante se encuentra México?

En relación a lo anterior, Maskrey expone tres problemas relacionados con la *Gestión de Desastres* en América Latina:

El primero está asociado a la relación económico-política entre centro y periferia. Los programas están marcados por las relaciones políticas y económicas configuradas históricamente y que existen antes de que ocurra un desastre. Si la relación política y económica entre centro y periferia se caracteriza por antagonismos o por abandono en condiciones normales, entonces estas características se manifestarán en los programas de prevención y manejo de desastres. "En algunas oportunidades, ...afirman Caputo, Hardoy y Herzer, 1985, citados y avalados por Maskrey, 1989 ...los programas han servido para mantener el *status quo* de vulnerabilidad que existía antes de un desastre e incluso para hacer más vulnerable a la población. En Limón, Costa Rica los esfuerzos estatales se concentraron en la rehabilitación de la infraestructura necesaria para las operaciones bananeras y la economía de punta y en las funciones de tránsito portuario de la zona."⁴³

En México las políticas de atención de desastres están regidas preponderantemente por las condiciones coyunturales del país y las particularidades de los desastres. Citemos como ejemplo, el caso primero de las inundaciones de la ciudad de Tijuana en 1993 en donde por tratarse de una entidad gobernada por un partido de oposición al régimen de gobierno imperante, la atención de la emergencia por parte de las distintas instancias gubernamentales se utilizó, más para ventilar diferencias políticas que para ayudar a la población. Un segundo ejemplo lo representan las fuertes inundaciones de la cuenca baja del río Pánuco en 1993 en donde las zonas urbanas económicamente más importantes fueron las que recibieron la ayuda, en tanto que muchas de las comunidades rurales afectadas no contaron ni con los elementos más indispensables de asistencia e incluso, cuatro meses después del desastre, las zonas de más difícil acceso seguían incomunicadas.⁴⁴

Un segundo problema se sitúa en la relación Estado - sociedad civil. Los programas de prevención y manejo de desastres se fundamentan, por lo regular, en forma excesiva sobre la representación política formal. En general, no existe un marco institucional operativo que permita integrar al conjunto de los actores tanto formales como informales. El resultado de esta no-incorporación de los actores de la sociedad civil es normalmente un caos institucional. Las contradicciones y falta de claridad de funciones al interior del Estado; la falta de presencia real del Estado en los lugares donde ocurren los desastres;

⁴² Ibid. pp. 26 - 27.

⁴³ Maskrey, A. "Comunidad y desastres en América Latina: Estrategias de Intervención". en: Viviendo en Riesgo. Maskrey, A. compilador ITDG. Lima, 1993. Texto tomado de (<http://osso.univalle.edu.co/tmp/lared/public/libros>)

la debilidad de los gobiernos locales; el no-reconocimiento de las organizaciones populares y la ausencia de un marco que ubique los aportes de actores como las ONG's y las Iglesias, conduce a situaciones institucionales desintegradas en las cuales las acciones de todos pierden eficiencia y efectividad, y se desperdician los escasos recursos disponibles.

México podría ser en este caso un ejemplo clásico del problema, agravado en los últimos diez o quince años a causa de la apertura democrática, en cuyo caso, el manejo de los desastres se ha visto en ocasiones entorpecido con motivo de filiaiones político-partidarias distintas entre el gobierno federal y los gobiernos estatales, ejemplo de ello es el desastre causado por el huracán Isidore en Yucatán y Campeche en octubre de 2002.

El tercero de los problemas corresponde al divorcio existente entre el imaginario formal de la vulnerabilidad y de los desastres que en general manejan *a priori* los diferentes agentes que plantean y ejecutan los programas, y los múltiples imaginarios de la población. En el imaginario formal, el manejo de desastres se convierte en sinónimo de emergencia y ésta a su vez en sinónimo de ayuda alimentaria, de equipos de rescate, de apoyo internacional y de otros elementos con connotaciones de respuesta humanitaria. Asimismo, dentro del imaginario formal existe la concepción de dividir el manejo de los desastres en fases: emergencia, rehabilitación, reconstrucción; sin embargo, esta división no corresponde a la realidad, en donde en vez de etapas claras y bien definidas se observa una superposición de acciones de emergencia con acciones de reconstrucción de los diferentes actores en diferentes espacios. En cierta forma, cada comunidad e incluso cada familia vive su propio desastre, variando entre zonas y entre grupos sociales; lo cual evidencia un problema mayor, en países, regiones y comunidades donde la emergencia es permanente, es sumamente difícil llegar a diferenciar entre la emergencia "normal" y la emergencia coyuntural producida por una amenaza.⁴⁵

Respecto a este punto, México no puede ser excepción, la concepción que del problema de riesgos y desastres tienen las autoridades responsables de la *Gestión de Desastres* en el país sigue en su mayoría anclada en la visión "fiscalista" descrita por Hewitt; de manera que indagar y considerar aspectos relacionados con la percepción que de los riesgos tiene la población expuesta y de los desastres tiene la población afectada, representa una meta todavía lejana en el horizonte del manejo de desastres en el país.

Las estrategias de intervención en materia de *Gestión de Desastres*, de acuerdo con Maskrey, deben fundamentarse en la producción de planes de prevención y mitigación de desastres

⁴⁵ Mansilla, Elizabeth. "Prevención y atención de desastres en México". En *Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido*. Allan Lavell y Eduardo Franco, editores. LA RED; FLACSO; ITDG-Perú. Perú, 1996. pp. 241 - 247.



formulados e instrumentados, no en un vacío social, sino dentro de un proceso de planificación, que articule a los actores reales que toman las decisiones acerca de la construcción del espacio y el entorno en un tiempo determinado.

Se concluye entonces, que si bien el problema de la atención y el manejo de desastres debe ser replanteado, parte de esta responsabilidad debe atender al cómo hacer para que la ciencia y la tecnología puedan sustentar las acciones y articularse con las necesidades reales de la población.

El éxito de cualquier estrategia depende de que sea apropiada a las condiciones reales y locales de vulnerabilidad.

Sin embargo, estas condiciones son cada vez más inestables y efímeras. Esto significa que las medidas de prevención y manejo de desastres apropiadas en un momento dado tendrán que ser constantemente cuestionadas y reconstruidas según los cambios en la vulnerabilidad.

Asimismo, conviene entender a la Gestión de Desastres, como un proceso, más que como un programa categórico con principios y fines definidos e inmutables.

Maskrey, A. "Comunidad y desastres en América Latina: Estrategias de Intervención". en: Viviendo en Riesgo, Maskrey, A. compilador. ITDG. Lima, 1993.

6. Reseña histórica de la Gestión de Desastres en México

¿En qué variante de los modelos de Gestión de Desastres de las expresadas por Lavell (citadas líneas arriba) se encuentra México?

En el territorio mexicano están presentes diversos tipos de fenómenos generadores de desastres y aunque la presencia de desastres es casi una constante anual, las medidas de prevención y mitigación no han sido consideradas como elementos importantes dentro del diseño de las políticas de desarrollo llevadas a cabo por el Estado, en cuyo lugar, los esfuerzos se han concentrado en la atención de las emergencias; situación directamente relacionada con la concepción que tienen, de los desastres, los responsables de la Seguridad Nacional.

Las medidas tomadas en la materia se caracterizan en general, por ser iniciativas provenientes de las instancias federales; obligadas por la frecuencia de los acontecimientos y las magnitudes de algunos de ellos, suelen ser eminentemente reactivas, es decir, operan sólo cuando ha ocurrido un gran desastre; además de que por otra parte, el período de vigencia de los programas que estructuran tales medidas, está supeditado a la duración de las

⁴⁸ Ibid.

administraciones gubernamentales. Una más de las características de la intervención en materia de desastres en México es que siempre están presentes las instancias militares, la Secretaría de la Defensa Nacional a través del Plan DN – III – E y la Secretaría de Marina con su Plan de Emergencia SMA.

A través del trabajo de Garza Salinas "Breve Historia de la Protección Civil en México" ⁴⁶ encontramos que los antecedentes más remotos de la Protección Civil y la Prevención de Desastres en nuestro país, se remontan al siglo XVIII con el establecimiento de los "serenos", responsables de custodiar el orden durante la noche, cuya función era dar la voz de alarma en caso de algún siniestro. Otro momento relevante en la historia de la prevención de desastres corresponde a la creación, durante la administración del Presidente Benito Juárez, del primer Cuerpo de Bomberos organizado y profesionalizado destinado a atender a la Ciudad de México, etapa en la que también se llevaron a cabo diversos programas dirigidos a la vigilancia y auxilio de la población en caso de siniestros, los cuales pueden considerarse como los antecedentes de los actuales programas de Protección Civil.

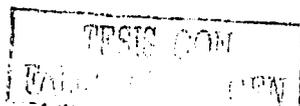
En 1888 con motivo de los daños causados por intensas lluvias en varias entidades del país, principalmente en Guanajuato, la Cámara de Diputados decreta la instalación de la que se conocería como la "Junta General de Socorros", cuyo objetivo era atender todo lo relacionado con los desastres ocurridos.

En 1942 se publica en el Diario Oficial el Decreto que "Instituye en la República el servicio de protección en la población civil contra agresiones aéreas", a fin de proteger a la población en caso de presentarse una emergencia bélica con motivo de la declaración de guerra que hizo México a los países del "Eje Berlin-Roma-Tokio" durante la Segunda Guerra Mundial. Este decreto es considerado por algunos, como un antecedente interesante respecto al reconocimiento de la importancia de contar con mecanismos de Protección Civil.

Otra referencia importante en la historia de la Protección Civil en México, la constituye el decreto publicado en el Diario Oficial en octubre de 1961 por medio del cual se crea el Consejo Nacional de Prevención de Accidentes cuyo objetivo fue reducir los índices de accidentes en el trabajo.

Años más tarde, a consecuencia del desbordamiento del río Pánuco que afectó gravemente a los estados de Veracruz y Tamaulipas en 1966, el Gobierno Federal encomendó a la Secretaría de la Defensa Nacional que se hiciera cargo de las operaciones de rescate y asistencia de la población, en cumplimiento a dicho mandato y con la atención posterior de la inundación de la ciudad de Irapuato en 1972, el ejército diseñó e instrumentó el denominado

⁴⁶ Garza Salinas, M. "Breve Historia de la Protección Civil en México" . En Los Desastres en México. Una perspectiva multidisciplinaria, Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana México, 1998. pp. 249 – 287.



Plan DN – III – E, cuya finalidad es auxiliar a la población en casos de emergencia, mediante acciones de rescate, evacuación, atención médica y asistencial, protección y mantenimiento del orden en las zonas afectadas, mismo que se sigue instrumentando hasta la fecha.

En 1973 a raíz de los desastres ocurridos en ese año, el Presidente Luis Echeverría establece el "Plan de Emergencias" que tenía como objetivo coordinar a las dependencias del gobierno federal durante las etapas de atención de la emergencia y reconstrucción. Sin embargo este plan fue de poca duración y poca trascendencia en cuanto a sus aportes a las políticas vinculadas con la *Gestión de Desastres*.

El ejemplo más sólido en materia de Gestión de Desastres en México, parece corresponder al "Programa Nacional de Prevención y Atención de Emergencias Urbanas" elaborado en 1979 durante la administración del presidente López Portillo, el cual incluso formó parte del Plan Nacional de Desarrollo (1976-1982).

En dicho Programa destacan aspectos, como el reconocimiento de que la población no se encuentra preparada para afrontar un desastre y que los daños generados por éstos pueden frenar e incluso retrasar el desarrollo económico del país, en virtud del elevado gasto que representan la atención de la emergencia y las labores de rehabilitación y reconstrucción. El Programa recomendaba medidas preventivas en función de los riesgos y la vulnerabilidad de cada una de las entidades federativas y de las zonas identificadas como prioritarias dentro del territorio nacional. Los grados de riesgo se determinaban sobre la base del análisis de la frecuencia e intensidad con que incidía cada uno de los fenómenos destructivos sobre una región. Consideraba asimismo, que el monto y la gravedad de los daños no sólo dependía de la magnitud del fenómeno, sino también de la capacidad de resistencia de los asentamientos humanos, tomando para ello en cuenta, el estado de todos los elementos urbanos (vivienda, equipamiento e infraestructura) para definir los grados de vulnerabilidad.⁴⁷

Entre otros aspectos, el mencionado Programa contemplaba también, la conveniencia de elaborar programas estatales, municipales y de centros de población con el propósito de que las recomendaciones y estrategias tuvieran correspondencia con las necesidades de cada lugar. De hecho se realizaron zonificaciones de acuerdo a distintos niveles de vulnerabilidad al riesgo de determinados fenómenos capaces de generar un desastre.

El Programa estuvo vigente de 1977 a 1989 y a pesar de su consistencia nunca operó sistemáticamente, sin embargo con su desaparición se canceló el esfuerzo más logrado e importante en materia de Gestión de Desastres realizado y alcanzado en México. En adelante, dentro de las políticas de desarrollo, la prevención se encuentra totalmente atomizada, sin estructura, carente de sistematización y rebasada en conceptos, e incluso en momentos se ha

llegado a extremos como el del Plan Nacional de Desarrollo 1995 – 2000 en donde ni siquiera existe referencia alguna a los términos prevención y/o mitigación de desastres.⁴⁸

6.1 Sistema Nacional de Protección Civil

El Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), constituye la respuesta a los sucesos desastrosos a raíz de los sismos de septiembre de 1985 que dañaron severamente a la población y el funcionamiento de la ciudad de México.

La magnitud del desastre provocado por los sismos de 1985, no sólo confirmó que la ciudad de México se encuentra asentada en una zona de alta sismicidad, sino que puso en evidencia una nutrida serie de vulnerabilidades, entre las que destacó el total abandono de los planes y programas de prevención y atención de desastres por parte de las autoridades, lo cual quedó de manifiesto en la incapacidad del gobierno para responder y hacer frente a la, sin duda, muy aguda situación de emergencia.

La falta de control vivida por las autoridades, puso al Estado en situación de alerta, sabían que de no tomar el mando inmediato de la situación, se verían seriamente comprometidas la conducción de la política interna y la propia seguridad nacional, así que el gobierno se dio a la tarea de paliar la emergencia y a su vez, ir construyendo los mecanismos para enfrentar la etapa de reconstrucción. Es así como por acuerdo presidencial, se crea el 9 de octubre de 1985, la Comisión Nacional de Reconstrucción, integrada por seis comités a partir de uno de los cuales, el de Prevención y Seguridad Civil, nacería meses más tarde (mayo de 1986), el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), cuyo principal objetivo es: "Proteger a la persona y a la sociedad ante la eventualidad de un desastre provocado por agentes naturales o humanos, a través de acciones que reduzcan o eliminen la pérdida de vidas humanas, la destrucción de bienes materiales y el daño a la naturaleza, así como la interrupción de las funciones esenciales de la sociedad".⁴⁹

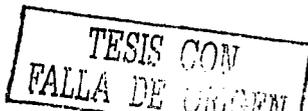
Sin embargo, no obstante ser el SINAPROC producto de una necesidad hecha patente por los sismos de 1985, de acuerdo con lo observado en el manejo de los desastres ocurridos después de 1986, aún no puede decirse que el país este preparado en materia de prevención de riesgos y atención de desastres. De entonces a la fecha, el SINAPROC ha mostrado en general poca presencia y una marcada debilidad; de hecho su futuro es poco prometedor, mientras se siga dando al tema la categoría de un problema absolutamente marginal.

Se debe anotar, que en el marco del SINAPROC en 1988 se crea, por decreto del gobierno federal, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), cuyo objetivo es

⁴⁷ Mansilla, Elizabeth. "Prevención y atención de desastres en México". en Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido. Op. Cit. pp. 225 - 226

⁴⁸ *Ibid.*, p. 228.

⁴⁹ Citado por Mansilla, E. Op. cit. Comisión Nacional de Reconstrucción, Bases para el Establecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil. México, 1986. pp. 234 - 237.



promover la aplicación de tecnologías para la prevención y mitigación de desastres, promover la capacitación profesional y técnica en la materia y difundir medidas de preparación y autoprotección entre la sociedad mexicana expuesta a la contingencia de un desastre.

6.2 Prevención versus atención de desastres

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos y de los avances en materia de *Gestión de Desastres* en México como en el resto de países de América Latina, la atención de la emergencia frente a la prevención del mismo es todavía un asunto por entender y materializar. Las razones del problema son varias, pero de entre ellas, Mansilla⁵⁰ destaca:

- 1.- El rezago en la resolución de los problemas prioritarios de la población hace que la prevención de desastres no ocupe un lugar preponderante dentro de la agenda de los asuntos por atender.
- 2.- Prevenir un desastre implica reestructurar los modelos de desarrollo imperantes en el país.
- 3.- La prevención requiere de programas de largo plazo y de alto costo económico, obstáculo difícil, si se reconoce que los recursos económicos existentes son escasos y se emplean en su mayoría para mantener a toda costa el crecimiento económico o para evitar que termine por desplomarse.
- 4.- El desconocimiento del riesgo potencial en el que se encuentran algunas zonas.
- 5.- Prevalece la falta de capacitación y de coordinación entre distintas instancias de gobierno, además de burocracia y corrupción.

A pesar de lo costosa que se insiste es la prevención, resulta mucho menos cara que las incalculables pérdidas económicas y de vidas humanas que se han acumulado por falta de ella. En otros términos, los efectos de los desastres, al menos en lo relativo a pérdidas humanas y materiales, debieran ser motivos suficientes para despertar la necesidad de reducir el impacto en lugar de prepararse sólo para responder.

Sin embargo han prevalecido posiciones, como la que determina que invertir en mitigación en sitios en donde la probabilidad de ocurrencia de un evento desastroso parece remota, no se considera rentable y además no ofrece resultados visibles para líderes políticos.

Inclusive la mitigación se deja de lado en los proyectos de infraestructura, pues se estima que encarece innecesariamente la inversión inicial; este es un mito muy arraigado basado en la preconcepción de que diseñar una obra con consideraciones para hacerla resistente, ante

huracanes o sismos por ejemplo, implica un incremento significativo de la inversión inicial, lo cual no se justifica en términos de la probabilidad de ocurrencia de un desastre. En proyectos de gran envergadura, de acuerdo con experiencias en la región latinoamericana, el aumento con respecto al costo inicial, se calcula entre un 4% y un 10%, estudios de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) de Estados Unidos, sitúan estos incrementos entre 0.5% y 2%, lo cual independientemente de las magnitudes no representa un desembolso innecesario, ya que el costo de reposición de estas obras es evidentemente más elevado, sin mencionar la serie de costos indirectos, difíciles de cuantificar, y las pérdidas sociales que provoca su destrucción.

Dado el grave impacto de los desastres en el desarrollo de las regiones y comunidades afectadas, es imprescindible promover la ejecución de medidas preventivas e incorporar los análisis de riesgos como parte fundamental de los procesos de desarrollo, a fin de reducir el nivel de riesgo existente.

El conocer qué tipo de eventos pueden presentarse en una región permite orientar el desarrollo de la misma, de tal manera que el impacto de los eventos a los que está expuesta sea el mínimo posible y no signifique un trastorno para el desarrollo socioeconómico del área. Asimismo, el tener una estimación de los daños y las pérdidas que pueden presentarse en los contextos material y social permite que dentro de los planes de desarrollo y los programas de inversión se puedan definir medidas que eviten o atenúen las consecuencias de los futuros desastres.⁵¹

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁵⁰ Mansilla, E. "Desastres y desarrollo en México". Revista Desastres y Sociedad. Núm.1, año 1. La Red., Noviembre, 1993. Texto tomado de (<http://osso.univalle.edu.co/tmp/lared/public/revistas>)

⁵¹ Wilches-Chaux, G. "La vulnerabilidad global". Op. cit.

Capítulo III. Riesgo y Vulnerabilidad de la Infraestructura Carretera

Dentro del contexto de riesgo global descrito, la infraestructura carretera representa un conjunto de elementos en riesgo, de cuyos daños materiales y alteraciones en el servicio se derivan costos económicos significativos y repercusiones sociales y productivas considerables.

La infraestructura carretera constituye uno de los bienes fundamentales del país, no sólo en términos de la inversión económica que representa, sino debido principalmente a las múltiples funciones que desempeña, tales como: integración territorial, desarrollo de espacios económicos, acceso de las comunidades a los servicios sociales básicos, desempeño de las actividades económicas de localidades y regiones, y pilar del comercio internacional de México, entre las más importantes; de ahí que tratar de proteger la integridad y el funcionamiento de este patrimonio debiera convertirse en un imperativo nacional.

1. Impacto de los Desastres y análisis geográfico

Las manifestaciones de un desastre, varían dependiendo de las características y condiciones de los elementos expuestos (población, medio ambiente, vivienda, **infraestructura de transporte**, comercio, servicios públicos, etc.), así como de la naturaleza del evento mismo (huracán, terremoto, explosión, etc.).

Los efectos (que son el desastre mismo), pueden clasificarse en pérdidas directas e indirectas. Las primeras están relacionadas con las alteraciones físicas del hábitat, expresadas en víctimas, daños en la infraestructura productiva y de servicios (*caso de la infraestructura para el transporte*), afectación y pérdida de viviendas, y deterioro ambiental.

Las pérdidas indirectas por su parte, se subdividen en efectos sociales, representados en general por la interrupción de servicios a la población (*caso de la infraestructura para el transporte*), y en efectos económicos, cuyas repercusiones en la producción sumadas a la generación de gastos de rehabilitación y reconstrucción (*donde también se sitúa la infraestructura para el transporte*) generan costos que suelen implicar puntos del Producto Interno Bruto (PIB) de los países.¹

En este contexto, los daños a la infraestructura para el transporte impactan desde distintos ángulos, de manera que su contribución al daño general que representa el desastre resulta

¹ Wilches-Chaux, Gustavo. "La vulnerabilidad global". En La Red. Los desastres no son naturales, Maskrey, A. compilador. ITDG. Lima, 1993.

considerable, de ahí la pertinencia de trabajar en la búsqueda de estrategias que ayuden a conservar y mantener, en un aceptable nivel de operación, dicho patrimonio.

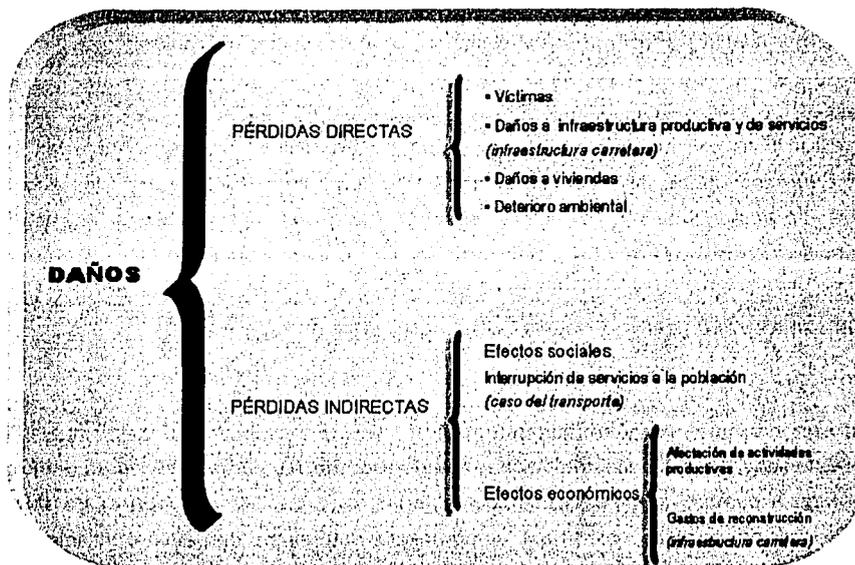


Figura 1. Clasificación de los efectos de un desastre.

Los desastres intensifican el proceso de pauperización de la sociedad al frenar su proceso de desarrollo.

En el caso particular de la infraestructura para el transporte, los daños a ésta:

- Implican altos costos económicos al perderse bienes patrimoniales que representan cuantiosas inversiones.
- Su pérdida paraliza o retrasa el desempeño de las actividades productivas. La operación de las economías locales y regionales queda varada.
- Su inhabilitación, extiende e intensifica las consecuencias del desastre en términos de:
 - La desvinculación regional que provocan.
 - Las condiciones de aislamiento que imponen a la población.
 - Su importancia como medios de acceso para atender la emergencia.

Saber que la infraestructura para el transporte está constantemente sometida a diversos tipos de riesgo nos impulsa a trabajar en busca de medidas que disminuyan el riesgo y sus márgenes de vulnerabilidad. Para tal efecto, el presente trabajo coloca a la infraestructura para el transporte en el centro del análisis; cabe precisar aquí, que en esta oportunidad se trabaja en exclusiva con la red carretera nacional debido a que es la modalidad de infraestructura para el transporte más importante del país, tanto por la cobertura territorial que alcanza (en términos de acceso e integración territorial de comunidades y espacios regionales), como por los volúmenes de carga que por ella se transportan y los flujos de personas que se movilizan.

- La infraestructura para el transporte constituye el escenario donde se materializa el riesgo y se produce el daño.
- Sus repercusiones se sitúan, tanto en la afectación de la infraestructura como efecto directo, como en la desactivación de las funciones del sistema de transporte como efecto indirecto, con lo cual el desastre y sus repercusiones se potencian y su zona de afectación se extiende. La infraestructura representa el elemento a proteger, con el propósito de conservar al bien mismo y de mantener en el mejor nivel de servicio sus funciones en caso de un desastre.

Cuando se pretende realizar algún análisis relacionado con la infraestructura para el transporte y el medio natural, se piensa inmediatamente en impacto ambiental, es decir, en las repercusiones que la presencia de estas obras impone al medio físico-geográfico, sin embargo, pocas veces se formula el planteamiento inverso, ¿de qué forma el medio ambiente natural influye en la infraestructura carretera?

Como se ha expuesto con anterioridad, el impacto de los fenómenos naturales sobre la infraestructura carretera es frecuente y elevado, tanto en términos de daños directos, como de los efectos indirectos que suscita, motivo por el que determinar la ubicación geográfica de los peligros naturales a los que están sujetos los distintos tramos de una red de caminos, así como el poder establecer qué tipo de riesgos se están gestando a lo largo de una vía carretera, resultado del análisis geográfico del entorno carretero, constituyen recursos de información básicos para la formulación de las estrategias que debe comprender la *Gestión de Riesgos* en las redes carreteras del país, cuyos propósitos son: evitar daños o bien mitigar sus efectos, de tal manera que el impacto sea el mínimo posible y no signifique un severo y prolongado trastorno para la operación y los niveles de servicio de la red carretera.

TESIS CON
FALLA DE CUBRIMIENTO

En este caso en el que la infraestructura carretera es el elemento a proteger, fundamentalmente en virtud de su papel de medio que posibilita y/o mejora el desempeño de múltiples funciones vitales de los espacios locales y regionales, los aportes del análisis geográfico son imprescindibles, dado que convergen dos temáticas de franca presencia territorial, el transporte y la construcción de condiciones de riesgo.

El análisis del comportamiento territorial de diversas variables permite en principio distinguir las áreas en donde se están gestando condiciones de riesgo, que entre otros objetivos, pueden afectar a la infraestructura carretera, del mismo modo que hace posible la diferenciación de los niveles de vulnerabilidad de la red vial, insumos de información necesarios para la elaboración de diagnósticos de riesgo de la infraestructura; toma de medidas preventivas; elaboración de planes de mitigación de daños y para orientar las acciones en los periodos de emergencia.

Reconociendo además que el riesgo es multicausal, el análisis geográfico resulta fundamental, ya que lo que en un espacio determinado suscita una situación de riesgo, no necesariamente se comporta de la misma manera en otra zona donde la combinación de variables se entrelaza en orden distinto; por ejemplo, mientras en una región la deforestación puede ser el principal ingrediente en la construcción del riesgo, en otra, la propia infraestructura vial puede motivar o acrecentar los riesgos. La construcción de caminos con déficits presupuestales puede ocasionar problemas relacionados con inestabilidad de laderas, al condicionar los cortes de éstas con pendientes adecuadas, que en caso de fuertes lluvias favorecen derrumbes que obstaculizan importantes vías de comunicación, cobran vidas y demandan recursos de las instituciones a cargo para el restablecimiento de las condiciones normales de operación.

Un buen ejemplo lo representa La Josefina en Cuenca, Ecuador, en donde en marzo de 1993 se produjo un deslizamiento de 20 millones de m³ de rocas y tierra, el cual embalsó al río Paute con un presa de 100 m de altura y un km de longitud, formando un lago de 200 millones de m³ situado aguas arriba. La amenaza fue advertida con anticipación, pero no se tomaron las medidas pertinentes para evitar el desastre, el cual ocurrió por precipitaciones altas en la zona de un antiguo deslizamiento, agravadas por la inadecuada construcción de algunas carreteras. Tras el deslizamiento, se logro construir un canal para drenar el embalse, pero 26 días más tarde, éste colapsó y a raíz de la erosión provocada por las fuertes lluvias, la presa se derrumbó una semana después, esta ruptura provocó una súbita inundación que afecto un área que se extendió hasta 100 km aguas abajo. Aunque hubo evacuación, perdieron la vida 35 personas y los daños materiales ascendieron a 140 millones de dólares. La ruptura del dique y la inundación amenazaron al

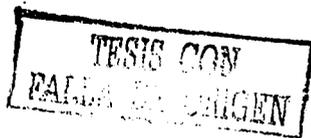
Proyecto Hidroeléctrico Paute, ubicado 50 km aguas abajo, obra vital que genera el 65% de la electricidad de ese país, que afortunadamente pudo ser protegido.²

2. Daños a la infraestructura carretera del país

En México, ante el embate periódico de distintos fenómenos naturales, anualmente se registran considerables daños a la red carretera del país, por lo que se estima a manera de supuesto impreciso, que el costo-país en consecuencia es muy elevado y que esos montos suelen alterar significativamente los programas presupuestales de los espacios siniestrados y en ocasiones de la economía nacional en su conjunto (especialmente dentro del contexto de necesidades vinculadas con el desarrollo social), debido a que en no pocas ocasiones, los costos de reconstrucción superan las cantidades de recursos asignados a los fondos de contingencia.

Aunque no fue posible disponer de un registro nacional relativo a los costos en los que anualmente incurre el país con motivo de la rehabilitación y reconstrucción de la infraestructura carretera afectada a causa de los distintos desastres que se presentan, trataremos de fundamentar, a través de análisis indirectos, la magnitud y trascendencia del problema en México.

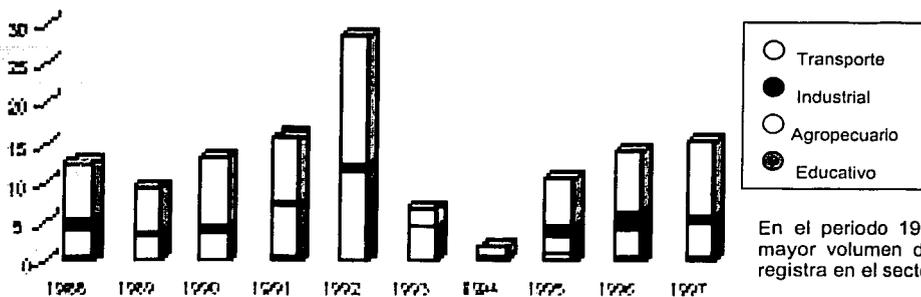
Uno de los elementos que sustentan la afirmación de que los costos e implicaciones derivadas de los daños a la infraestructura vial exigen intervenciones en materia de prevención de riesgos y de mitigación de daños, es el hecho de que en términos de frecuencia, ésta es uno de los bienes más afectados. El trabajo "*México. Escudriñando en los desastres*"³ reporta, aunque en términos muy generales, que el transporte es uno de los sectores con más altos niveles de afectación, según se aprecia en las Gráficas 1 y 2.



² Organización Panamericana de la Salud. Serie Mitigación. "Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario." Guías para el análisis de vulnerabilidad. Oficina Regional de la OMS. Washington, D.C., 1998.

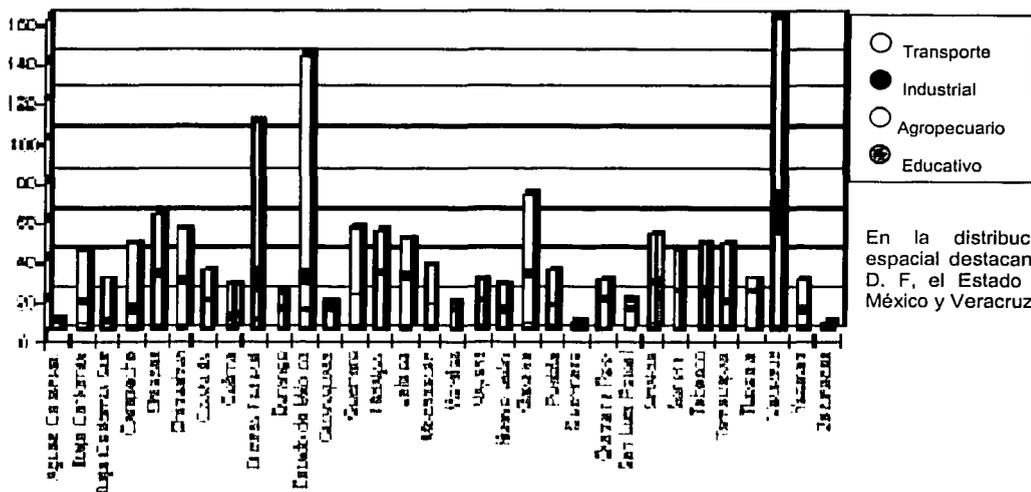
³ Velásquez, A. y Rosales, C. *Escudriñando en los desastres a todas las escalas. Concepción, metodología y análisis de desastres en América Latina utilizando DesInventar*. Segunda parte. Síntesis por países y definiciones DesInventar. Red de Estudio Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. LA RED. 1999. (<http://www.lared.org.pe>)

A. Gráfica 1. Daños anuales por sector económico, 1988 - 1997



En el periodo 1988 - 1997, el mayor volumen de reportes se registra en el sector transporte.

Gráfica 2. Daños por sectores económicos a nivel estatal



En la distribución espacial destacan el D. F., el Estado de México y Veracruz.

Fuente: Velásquez, A. y Rosales, C. Escudriñando en los desastres a todas las escalas. Concepción, metodología y análisis de desastres en América Latina utilizando DesInventar. Segunda parte. Síntesis por países y definiciones DesInventar. Red de Estudio Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. LA RED. 1999. (<http://www.lared.org.pe>)

Por otra parte, se sabe que el costo derivado de los daños a la red carretera engloba: el costo directo que supone la rehabilitación y/o reconstrucción de las obras, y los costos indirectos relacionados con el **no servicio** de la infraestructura ⁴, el cual afecta no sólo a los espacios francamente en desastre, sino también, a todos aquellos (regiones económicas, usuarios y áreas definidas por sus funciones sociales) a los que el tramo siniestrado transfiere problemas producto de la desvinculación que provoca, por ser él o los segmentos afectados parte de su itinerario.

Si bien los efectos del **no servicio** aún no son considerados en las estimaciones de costos generados por los desastres en México, debido principalmente a que plantean un asunto de compleja estimación cuantitativa, representan un hecho de evidente importancia cualitativa; entre otras razones porque los daños a la infraestructura vial extienden territorialmente las repercusiones de los desastres y acrecientan la magnitud de los mismos.

De hecho, la estimación de los costos generados a consecuencia de un desastre se restringe fundamentalmente a la suma de algunos costos directos, distorsionando con ello la dimensión real de los daños, asunto que involuntariamente puede dar lugar al ocultamiento de la trascendencia del problema, cuyas consecuencias no se reducen a simples trastornos financieros, su incidencia alcanza, cada vez con más fuerza y frecuencia, el proceso de desarrollo socioeconómico del país, favoreciendo y profundizando desigualdades severas en el desarrollo interregional.

Entre las razones del cálculo incompleto de los costos en que se incurre con motivo de un evento destructivo, se encuentran:

- En primer lugar problemas de concepto, es decir, la comprensión que hasta el momento tienen de los desastres y sus efectos los responsables de prevenirlos y resolverlos, punto respecto del cual derivan los subsecuentes.
- No obstante la magnitud de los costos parciales contabilizados, no se reconocen las implicaciones que para el desarrollo del país tienen éstos gastos, algunas ocasiones evitables.
- No se ha instrumentado un formato de registro pormenorizado de daños y de sus respectivos costos, incluso en materia de costos directos.

⁴ Término propuesto por el Dr. Díaz Pineda en su trabajo "Introducción al problema de la vulnerabilidad de las infraestructuras carreteras", que se refiere a la suspensión de funciones que el sistema de transporte deja de realizar a causa de los daños físicos provocados en una vía carretera.

- La información que sobre el particular se recaba, se encuentra por lo regular dispersa y responde a formas de registro distinto (fuentes diferentes), que resulta complicado integrar o siquiera compatibilizar.

Como ejemplo de lo que se puede integrar a propósito de los daños que conforman una situación de desastre en México, incluimos el Cuadro 1 que considera sólo los desastres que reportan afectaciones a la infraestructura carretera, en el cual se observan serias inconsistencias en los tópicos de registro, consecuencia directa de la falta absoluta de formatos de captura diseñados para el efecto, a la vez que confirma que la cuantificación de los daños indirectos no es aún parte de la cultura de estimación de los impactos derivados de un desastre.

Esta falta de reconocimiento a la importancia de registrar los daños que son en sí mismos el desastre y la resistencia a cuantificar los efectos indirectos, indican por una parte la baja comprensión que de los desastres se tiene y por otra parte actúa como escudo para justificar la poca atención que se presta al problema, hecho que se transforma vertiginosamente en irresponsabilidad imputable a los responsables del desarrollo del país, debido a que la incidencia de estos eventos aumenta y la resiliencia del país, siempre en desventaja, se debilita como respuesta directa y en forma exponencial.

De manera que la sistematización de estos registros es un paso fundamental para afrontar el problema, en donde medir costos directos es necesario para asignar los recursos para la reconstrucción, pero dimensionarlo en su totalidad considerando los costos de los impactos indirectos permite estimar su impacto en el desarrollo socioeconómico de México y en consecuencia atender el problema de los riesgos y desastres desde la perspectiva de la prevención *versus* la sola atención de las emergencias.

Cuadro 1. Desastres en los que se reportan daños a la infraestructura carretera

Año	Evento	Región afectada	Daños a la infraestructura carretera	Daños Directos	Daños Indirectos	Total Daños
1982	Inundaciones	Todo el país	Daños por 185 mill de pesos	114.6		114.6
1982	Erupción Chichón	Chiapas	Carreteras acceso cerradas semanas	117		117
1985	Lluvias torrenciales	Nayarit	3 carreteras	16.4		16.4
1985	Inundaciones	Todo el país	Daños por 17 mill de pesos	39.4		39.4
1988	Huracán Gilberto	Tamps, Nvo. León, Coah., Q. Roo, Yuc., Camp.	Carreteras afectadas	76		76
1990	Huracán Diana	Veracruz, Puebla e Hgo.	Carreteras bloqueadas 12000 comunidades incomunicadas 2 puentes caídos	90.7		90.7
1991	Inundaciones	Zacatecas		0.7		0.7
1991	Tormentas de invierno	BCS, Son, Sin, y Chih.	Daños en carreteras y puentes	16.8		16.8
1991-92	Tormentas de invierno	Nayarit	Varias carreteras dañadas	78		78

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**

Continúa

Año	Evento	Región afectada	Daños a la infraestructura carretera	Daños Directos	Daños Indirectos	Total Daños
1993	Tormentas de invierno	Península Baja California	Daños en carreteras y puentes			
1995	Huracán Ismael	Península Baja California, Sonora y Sinaloa	Carreteras afectadas	26		26
1995	Huracán Opal	Campeche y Tabasco	Carreteras afectadas	124.7		124.7
1997	Huracán Paulina	Guerrero y Oaxaca	186 km carreteras pavimentadas 2,210 km caminos rurales	447.8		447.8
1998	Lluvias torrenciales	Tijuana	Cierre parcial carretera Tijuana-Ens. 712 km carpeta asfáltica dañados, 3,600 km caminos rurales, 22 puentes colapsados y 18 dañados, 5 carreteras dañadas	600		600
1998	Lluvias torrenciales	Chiapas		602.7		602.7
1999	Inundaciones	Veracruz	Daños en vías de comunicación	216	77.4	293.4

Nota: Los costos directos, indirectos y totales corresponden a millones de dólares.

Fuente: Bitrán Bitrán, D. Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980 - 99. Secretaría de Gobernación, CENAPRED y CEPAL. 2000.

Con objeto de disenterrar de entre los costos totales de los desastres, aquellos que corresponden específicamente a los derivados de los daños directos a la redes carreteras, exponemos dos casos documentados por la SCT, en donde se observará que tampoco existe una normalización en los criterios de captura de la información, no obstante tratarse del mismo organismo e incluso de la cabeza del sector. El primero de los casos corresponde al *Huracán Paulina*, que en octubre de 1997 afectó principalmente a las entidades de Oaxaca y Guerrero, y en donde la magnitud de los estragos causados por el meteoro fue tal, que la propia SCT tuvo que participar en la rehabilitación de vialidades urbanas, así como en el reestablecimiento de los tramos carreteros de la zona afectada (Cuadro 2).

Cuadro 2 Daños y costos causados por el Huracán Paulina

TRAMOS CARRETEROS	DAÑOS	PERSONAS AFECTADAS	RECURSOS DESTINADOS		
			Humanos	Materiales *	Financieros (millones)
Chilpancingo-Acapulco	24 interrupciones de tráfico, producto esencialmente de 15 derrumbes y 2 puentes destruidos, uno de ellos el Puente "El Quemado".	300,000	51	13	14.0
Libramiento Norte	16 interrupciones entre deslaves y derrumbes		39	13	6.0
Acapulco-Zihuatanejo	11 interrupciones de tráfico. Destacan 7 deslaves y daños al Puente "El Zapote"	400,00	35	9	44.0
Las Cruces-Cayaco-Puerto Marqués	Azolves, derrumbes y destrucción de terraplenes		15	13	9.0

FALLA DE ORIGEN

Continúa

TRAMOS CARRETEROS	DAÑOS	PERSONAS AFECTADAS	RECURSOS DESTINADOS		
			Humanos	Materiales *	Financieros (millones)
Acapulco-Pinotepa Nal.	Fue el más dañado. Registró 21 interrupciones, destacando 11 deslaves, 4 cortes y 3 puentes afectados, siendo el más dañado el Puente "Barajillas"	500,000	47	25	52.0
Escénica Acapulco-Puerto Marqués	Derrumbes, cortes por deslaves y rocas sobre pavimento		13	5	5.0
TOTALES			200	78	130.0

* Incluye maquinaria y equipo.

Nota: Al total de gastos financieros se deben agregar alrededor de 130 millones de pesos por el diseño y la construcción de los puentes caídos.

Fuente: Dirección General de Planeación, SCT. Octubre de 1997.

El segundo de los ejemplos corresponde a los daños a la red carretera causados por las intensas lluvias que afectaron en octubre de 1998 las regiones Istmo-Costa, Soconusco y Sierra del estado de Chiapas (Cuadro 3). De acuerdo con el reporte de la Dirección General de Planeación, de los 712 km que fueron afectados pertenecientes a 5 carreteras de la entidad, 444 de ellos se dañaron, 22 puentes se colapsaron, 18 más sufrieron daños, se registraron 68 interrupciones por deslaves y en 45 sitios se presentaron tirantes de agua.

**Cuadro 3. Daños reportados en la red carretera de Chiapas
Provocadas por fuertes lluvias en 1998**

TRAMOS CARRETEROS	Kms. AFECTADOS	DAÑOS
El Jocote-Motozintla- Huixtla	123	2 puentes dañados y
Comalapa.Motozintla-Huixtla	106	alcantarillas colapsadas,
Fontera-Comalapa-Motozintla	51	3,200 mts. de cortes carreteros,
Motozintla-Belisario Dominguez	27	62 deslaves y más de
Huixtla-Belisario Dominguez	28	72 derrumbes.
Arriaga-Las Cruces	47	22 derrumbes
Tapanatepec-Tuxtla Gutiérrez	145	2 deslaves y 6 derrumbes
Tuxtla Gutiérrez-San Cristóbal-Comitán	171	4 deslaves, 23 derrumbes y
Tuxtla Gutiérrez-Comitán	171	350 mts. de cortes carreteros
Angel Albino Corzo-Siltepec	55	10 deslaves y numerosos derrumbes
Carretera Fronteriza del Sur	16	
Flor de Café-Chajul	16	Numerosos deslaves y derrumbes

Continúa

TRAMOS CARRETEROS	Kms. AFECTADOS	DAÑOS
Tepanatepec-Talismán	203	
(Costera Arriaga-Huixtla)		
Arriaga-Huixtla	203	21 puentes colapsados,
Arriaga-Tonalá	23	16 puentes dañados y
Tonalá-Tres Picos	30	numerosos deslaves
Tres Picos-Pijijiapan	45	y derrumbes
Pijijiapan-Mapastepec-	89	
Villa Comaltitlán		
Villa Comaltitlán-Huixtla	16	
Jaritas-Cd. Hidalgo	40	Una losa destruída
TOTALES	783	

Nota: El reporte no incluye costos.

Fuente: Dirección General de Planeación, SCT. Octubre de 1998.

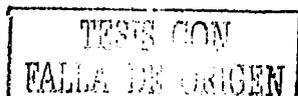
Dentro de este marco, el trabajo considera el daño directo a la infraestructura carretera, de ahí el interés de su salvaguarda, pero fundamentalmente bajo la óptica de proteger ésta para evitar y/o mitigar la afectación y alteración de las actividades económicas y de las funciones sociales que estas vialidades posibilitan. A la vez que considera su valor como recursos estratégicos imprescindibles, para ayudar a atender y superar, la etapa de emergencia, y posteriormente favorecer el reestablecimiento de las condiciones normales de actividad de los territorios donde se registró el desastre.

2.1 Fondo de Desastres Naturales

Dada la frecuencia de los daños a la infraestructura carretera por parte de los distintos peligros que amenazan su integridad y los costos generados cuando éstos derivan en desastres, es conveniente hacer un paréntesis relacionado con el hecho, ya abordado, de que la observación del problema de los desastres se concentra en la *fase de Atención de la Emergencia*, con el consecuente y significativo aumento de los costos, *versus* la prevención de daños. Como ejemplo basten unos breves comentarios al "Acuerdo que establece las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN)"⁵

El FONDEN según *Considerando del 30 de marzo de 2001* fue constituido en 1996 debido a la magnitud de los desastres provocados por la naturaleza, y con el propósito de atender a la población damnificada, así como los daños ocasionados por los siniestros, sin afectar o alterar los programas normales de las dependencias de la Administración Pública Federal.

⁵ SHCP. ACUERDO que establece las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN). Marzo de 2001.



Es claro que el esfuerzo que representa el FONDEN y los propósitos del mismo están dirigidos a atender básicamente la fase relacionada con la *Atención de Emergencias*. Sus preceptos confirman que la atención prestada a las fases de *prevención* y de *mitigación* dista mucho de ser óptima y que en buena medida se debe a la falta de un adecuado sistema conceptual que las involucre. "Mayores esfuerzos deben dedicarse a clarificar exactamente que implican estas actividades, los costos económicos y políticos que conlleva instrumentarlas o no, y la forma en que efectivamente se relacionan con el fin muchas veces propuesto de ubicar la *Gestión de los Desastres* dentro del contexto de la planificación para el desarrollo nacional".⁶

Sección II De la Prevención de Desastres Naturales

3. El Fonden tiene como objetivo atender los efectos de desastres naturales imprevisibles, cuya magnitud supere la capacidad de respuesta de las dependencias y entidades federales, así como de las entidades federativas. El Fonden es, por lo tanto, un complemento de las acciones que deben de llevarse a cabo para la prevención de desastres naturales. Es por ello que, de forma independiente a la existencia y operación del Fonden, resulta indispensable que las dependencias y entidades federales, así como las entidades federativas, **fortalezcan las medidas de seguridad y de prevención necesarias que ayuden a afrontar de mejor manera los efectos que ocasiona un desastre natural**, incluyendo las acciones que permitan dar aviso oportuno y masivo a la población.

4. Para fortalecer las acciones de prevención, las dependencias y entidades federales deberán incorporar de manera prioritaria en sus Presupuestos y Programas Operativos Anuales los recursos que les permitan prevenir y atender de manera adecuada los efectos ocasionados por desastres naturales recurrentes, o por fenómenos de la naturaleza que previsiblemente tendrán un impacto negativo; asimismo, la Secretaría de Gobernación, a través de la Coordinación promoverá lo conducente con los gobiernos de las entidades federativas...

Fuente: SHCP. Acuerdo que establece las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN). Marzo de 2001.

El texto del FONDEN corrobora que entre la mayoría de los responsables de la *Gestión de Desastres*, no hay claridad respecto a lo que significa prevenir y mitigar en términos concretos, llenando tal vacío con concepciones en donde los desastres son "impredecibles e inmanejables" y por lo tanto, la única manera de enfrentarlos es mediante la organización de acciones de respuesta inmediata cuya finalidad pareciera ser la de evitar que el desastre se convierta en un problema político y desde luego social de mayor envergadura.⁷

⁶ Mansilla, E. "Desastres y desarrollo en México" Revista *Desastres y Sociedad*. Núm. 1, año 1. La Red. Noviembre, 1993. Tomado de (<http://osso.univalle.edu.co/tmp/lared/public/revistas>)

⁷ La fase de atención de las emergencias ha sido sin duda el área de mayor actividad no sólo en cuanto a su desarrollo conceptual, sino también respecto a su ejecución y sistematización de las experiencias en muchas partes del mundo. Tal hecho obedece en gran medida al enfoque "fiscalista" del problema (denominado así por Hewitt), el cual equipara los desastres con eventos extremos de la naturaleza. La responsabilidad de los desastres se sitúa en el hecho mismo y la

El FONDEN, como el Sistema Nacional de Protección Civil en su conjunto, exhiben una concepción del problema situada preponderantemente en la visión "fiscalista" del mismo y en consecuencia, una organización para afrontarlo totalmente fragmentada que no alcanza más que para resolver lo inmediato, con lo cual se incrementa la vulnerabilidad de las zonas afectadas y se abona el terreno para una mayor presencia de desastres. Bajo este esquema, el FONDEN requerirá en el futuro de recursos similares a los invertidos en el rescate bancario para "poder siquiera paliar el problema".

Mientras tanto, en este contexto de preeminencia de la fase de *Atención de la Emergencia*, deberemos citar recurrentemente a Wilches-Chaux, con su pregunta: *¿cómo diferenciar entre los damnificados de un desastre y los damnificados de la vida?*; cuestionamiento que seguro asecha a los administradores y responsables de atender las emergencias cada vez que se enfrentan a un desastre; y que de continuar la tendencia actual, con cada nuevo siniestro, las diferencias entre situación de desastre y condiciones normales de vida, se irán volviendo más y más imperceptibles. Pero eso sí, en sus reglas el FONDEN tiene el cuidado de prevenir en la fracción IV del punto 48: *Verificar que los recursos del Fonden no sean solicitados para la reparación de daños ajenos al desastre en cuestión.*

En el caso específico de la infraestructura para el transporte, las consideraciones del FONDEN establecen:

ANEXO IV SOBRE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA

1. Infraestructura Carretera Federal, que comprende:

I. Las carreteras y puentes libres de peaje comprendidas en el registro de la "Red Federal Pavimentada, Longitud por entidad Federativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT, con una longitud del orden de 42 mil kilómetros.

II. Las autopistas de cuota rescatadas por el gobierno federal, conforme al "Decreto por el que se declaran de utilidad e interés público y se rescatan cada una de las concesiones que en el mismo se indican" publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 27 de agosto de 1997 y, las del organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, con una longitud total del orden de 4,200 kilómetros.

III. Los caminos y puentes rurales del Estado de Chiapas, en los cuales la SCT, en tanto no sean transferidos al Estado, tiene a su cargo con una longitud del orden de 4 mil 400 kilómetros, según el inventario que obra en poder de la misma.

sociedad tiene tan sólo un papel secundario o dependiente. Bajo esta concepción subyace la idea de que los desastres son sucesos impredecibles, inmanejables e inevitables, de cuya severidad e intensidad depende la magnitud del desastre. Lavell, A. "La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría" En Estado, Sociedad y Gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido. La Red - FLACSO - ITDG-Perú. Perú, 1996.

ANEXO IV

Continúa

SOBRE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA

- 2. Infraestructura Carretera Estatal, que comprende:**
 - I. Las carreteras y puentes alimentadoras estatales y municipales con una longitud del orden de 63 mil kilómetros de acuerdo al inventario que tiene la SCT.
 - II. Todos los caminos y puentes rurales del país.
- 3. Infraestructura Carretera Municipal:**
 - I. Los caminos municipales que han sido construidos con recursos del municipio o que han sido transferidos por la Federación o el estado al mismo, para su operación y mantenimiento, son responsabilidad del municipio.
 - II. Las carreteras de cuota concesionadas a los gobiernos estatales, a instituciones financieras, a particulares y las propias de los Estados, con una longitud de casi 2 mil kilómetros, serán responsabilidad de los concesionarios.

Fuente: SHCP. Acuerdo que establece las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN). Marzo de 2001.

Cuadro 4. Cobertura del FONDEN a infraestructura para el transporte

Infraestructura Pública	Porcentaje de recursos federales	Porcentaje de recursos estatales, municipales y del Distrito Federal
1. Carretera y de Transporte (carreteras, ejes, puentes, distribuidores viales, puertos, aeropuertos y caminos rurales, entre otros)		
• Federal	100	0
• Estatal	60	40
• Municipal	30	70
• del Distrito Federal	30	70

Fuente: SHCP. Acuerdo que establece las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN). Marzo de 2001

Comentario específico requiere, la exigencia del FONDEN de diferenciar los daños y segregar aquellos producto de la falta de mantenimiento, la cual se entiende, sin duda, bajo la óptica del uso eficiente de los recursos, pero en estricto sentido esos márgenes sólo aplican en países con alta capacidad económica, situación que aunque aparezca en el imaginario de los funcionarios públicos y de las cúpulas empresariales, no es el caso de México, en donde la explicación de la falta de mantenimiento de algunos de los bienes patrimoniales, en nuestro interés carreteras y puentes, obedece en buena medida a recursos económicos escasos pero también a la desatención de las

acciones preventivas, en donde se inscriben, las tareas vinculadas con el mantenimiento. En otras palabras, exigir un adecuado mantenimiento es un ejemplo más de los muchos, que evidencian la ausencia franca de un marco claro acerca de la *Gestión de Desastres* en México, en donde si bien, existen un Sistema Nacional de Protección Civil e instituciones como el CENAPRED y el FONDEN, aunque se citen y se refieran entre ellas, cada una se concentra en su porción del problema, sin visión de conjunto; eso sí, todos conscientes de la importancia de las medidas preventivas pero también de la imposibilidad de trabajar en esa dirección e impulsarlas.

En síntesis, las medidas relacionadas con la *Atención de Emergencias* como única estrategia para enfrentar el problema de los *Desastres*; resultan ineficientes y más costosas a la larga que las acciones preventivas; de modo que, de continuar esta tendencia, no habrá FONDO suficiente para atender los desastres y menos aún si éstos dejan en condiciones de mayor vulnerabilidad los espacios afectados.

La *Atención de Emergencias* debe ser entendida sólo como una fase de acción para enfrentar el problema, nunca, como el conjunto de medios suficientes para resolverlo.

3. Experiencias internacionales afines. Trabajos que abordan el problema de los riesgos y la infraestructura carretera.

No obstante estar claro que la frecuencia de los desastres en el mundo está en aumento y que sus efectos sobre la infraestructura para el transporte son constantes y sus consecuencias sociales y económicas severas, el estudio del riesgo y la vulnerabilidad de infraestructuras tan vitales como son las redes carreteras, no han generado al parecer en el mundo, una atención significativa.

La experiencia alcanzada después de más de dos años de búsqueda de trabajos y experiencias documentadas acerca del análisis de riesgos naturales y antrópicos que afectan a la infraestructura para el transporte, por ahora concretamente a las vías carreteras, ha mantenido los niveles de sorpresa altos y los de optimismo bajos, en términos de que no obstante tratarse de un tema de absoluta actualidad (de acuerdo con las estadísticas que indican una constante y creciente presencia de desastres) y trascendencia por los altos costos que representa la reconstrucción de éstos bienes patrimoniales y la rehabilitación operativa del sistema de transporte, los esfuerzos de investigación en materia de impactos y daños a la infraestructura para el transporte causados por diversos tipos de riesgos resultan francamente escasos.

La sorpresa referida deriva no sólo, de este encuentro con la escasez de trabajos de investigación y de programas de operación relacionados con este tema en específico, obedece particularmente al reconocimiento que va ganando conciencias en el mundo acerca de la dimensión del problema general, y de las muchas y arduas tareas por emprender para enfrentar y revertir la tendencia creciente de los desastres, particularmente en los países situados en las fronteras o al margen del desarrollo económico mundial, como es el caso de México, y que concretamente en materia de impactos a la infraestructura para el transporte parecen no haber alcanzado significación, no obstante ser los caminos en su papel de vías de acceso, de los primeros en expresar los daños y los primeros que tendrán que ser reestablecidos para facilitar las labores propias de la *Atención de Emergencias*.

De entre la bibliografía encontrada destaca en primer término el trabajo:

"Introducción al problema de la vulnerabilidad de las infraestructuras carreteras"⁸

El que a manera de primeras reflexiones como su propio título lo señala reconoce la magnitud del problema, la importancia de abordarlo y propone un marco metodológico para atender algunos conceptos relacionados con el mismo. En estrecha afinidad con nuestros objetivos en éste se pregunta, ¿en qué medida un determinado entorno puede influir negativamente en la vida útil de una infraestructura y cómo analizar su agresividad potencial con respecto a una creación de la ingeniería?

Dentro de las premisas que sustentan la relevancia del problema, el artículo señala la importancia de considerar la vulnerabilidad de la infraestructura carretera, no sólo por los enormes costos que los daños a ésta representan, sino por el valor estratégico que esta misma encierra en caso de emergencia, cuando se convierte en el medio que mejor puede garantizar la accesibilidad a las zonas afectadas.

Como parte del marco metodológico, el trabajo en cuestión propone en primera instancia, la definición de "escenarios de riesgo" en donde se pretenden representar las distintas posibilidades de una amenaza y las consecuencias de daño para la sociedad, de ser posible mediante la visualización, la calificación y la cuantificación de los efectos esperados. Para lo cual considera aspectos como:

- La determinación de los procesos generadores de daño.
- La identificación, caracterización y localización de los elementos expuestos.
- La definición de los modos y niveles de afectación de los elementos expuestos.
- La cuantificación de los elementos expuestos a la amenaza y las posibles pérdidas.

⁸ Díaz Pineda, J. "Introducción al problema de la vulnerabilidad de las infraestructuras carreteras". En *Carreteras*. Revista Técnica de la Asociación Española de la Carretera. 4ª época, núm. 106. Enero - Febrero de 2000.

A su vez, propone una "Metodología de estimación económica" cuyo propósito es calcular las pérdidas económicas con base en el análisis de los distintos tipos de riesgos y de los daños ocurridos, proyectando las pérdidas según distintas hipótesis para el período de años elegido. Entre los cálculos a estimar, se encuentran los denominados "factores de pérdida" y el nivel de peligrosidad de los riesgos.

Aceptando la utilidad de la aplicación de metodologías como ésta, el autor del artículo subraya la necesidad de realizar estudios piloto que permitan el desarrollo de un procedimiento que garantice su generalización con márgenes de confiabilidad aceptables y cuyo corolario desea, fuera la recomendación de incorporar un anexo de vulnerabilidad en los proyectos de todas las carreteras de nueva construcción.

Otros ejemplos específicos al tema de interés provienen del *Seminario Internacional sobre Gestión de Riesgos en Caminos* que tuvo lugar en Temuco, Chile en 2001 organizado por la Dirección Nacional de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile y la Organización Mundial de Carreteras (PIARC).

Trabajos presentados en el Seminario Internacional. Gestión de Riesgos en Caminos

Sesión.- Evaluación del riesgo y modos de prevención de emergencias viales durante la planificación y el diseño de los proyectos viales

- *James D. Cooper, P.E.- Director Oficina de Tecnología de Puentes – EEUU.
Métodos para disminuir los peligros de terremotos y riesgos en puentes en carreteras por medio de la planificación y el diseño*
- *Noboyuki Tsuneoka - Jefe del Programa de investigación de Geotecnia Instituto de Investigación de Obras Públicas - Japón
Tecnologías de gestión de riesgos para bolsones de rocas y fallas de taludes en caminos*

Sesión.- Evaluación del riesgo y modos de prevención de emergencias viales durante la construcción de caminos

- *Carlo Mariota – Ingeniero División de Construcción - Suiza
Evaluación del riesgo y modos de prevención de emergencias viales durante la construcción*
- *Yasuji Nagaya – Ingenieros Consultores y de Planificación - Japón
Sistema de intercambio de información sobre avalanchas*

Sesión.- Evaluación del riesgo y modos de prevención de emergencias viales durante la conservación de los caminos

- *Terence John Brown – Director Estratégico de Tránsito de Nueva Zelanda
Gestión de Riesgos en Caminos en Nueva Zelanda*
- *Shinjuro KOMATA – Administración de Consultores, Nippon Koei Co., Ltd. JAPÓN
Zonificación de peligros y Evaluación de riesgos en carreteras debido a precipitaciones en OYASHIRAZU, JAPÓN*

Sesión.- Gestión de emergencias viales: Acciones Palliativas

- *Richard Parsons – Grupo Halcrow Ltd (UK) – Miembro Comité PIARC C-18
Informe sobre algunos de los trabajos preliminares efectuados por el Comité PIARC 18 (C18) en relación con las emergencias en caminos y las medidas destinadas a atenuarlas. Experiencia del Reino Unido.*
- *Tetsuya Suzuki - Instituto de Investigación de Ingeniería Civil de Hokkaido Director de División de Estructuras*
 - *Toshimi Mizuno - Corporación OYO Centro Técnico-geológico y de mecánica de suelos Director Delegado de Grupo
Características de los derrumbes de roca y la evaluación del riesgo a lo largo de la costa de Hokkaido - Japón*

Sesión.- Experiencia Latinoamericana en evaluación de riesgo y modos de prevención de emergencias viales

- *Wigberto Sánchez – Profesor Titular Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría - Cuba
Reducción de Desastres en la República de Cuba*

Sesión.- Experiencia Latinoamericana en gestión de emergencias viales

- *Fernando Gallegos – Director Regional de Vialidad Región Metropolitana - Chile
Acciones Operativas de Emergencias provocadas por Catástrofes que afectan la Infraestructura Vial*
- *Fernando Salazar – Dirección Regional de Vialidad IX Región
Experiencia en telemetría aplicada al mantenimiento de la Ruta Internacional Paso Pino – Hachado*

Sesión.- Necesidad de modelos de Plan de Prevención de Riegos para emergencias viales y su inserción en la Organizaciones Viales Latinoamericanas y en los Planes Nacionales de Emergencia

- *Edgardo Masciarelli – Director General Instituto Superior de Ingeniería del Transporte – Universidad de Córdoba - Argentina
Métodos y modelos de prevención de riesgos en proyectos viales*

De la lista anterior reseñaremos los casos más vinculados con los propósitos de la presente investigación.

106



Reducción de Desastres en la República de Cuba⁹

Como otros muchos países, Cuba ha sido afectada por diversos desastres que han provocado importantes pérdidas humanas y materiales. En respuesta ha desarrollado y aplicado un amplio sistema de prevención que contrasta con la desintegración de medidas y acciones que caracterizan al Sistema Nacional de Protección Civil de México. Una de las metas del sistema de prevención cubano, en respuesta al plan de acción trazado por la Conferencia Internacional de Yokohama 1994, fue desarrollar un programa científico-técnico que tiene como líneas principales los estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo de su territorio; abarca más de 35 proyectos de investigación y es patrocinado por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Algunos de los proyectos incluidos en el programa corresponden a la elaboración de:

- Mapas de riesgo por penetraciones del mar.
- Mapas de riesgo por inundaciones.
- Mapas de riesgo por sismos.
- Caracterización de objetivos con peligro (químico, sísmico, etc.)

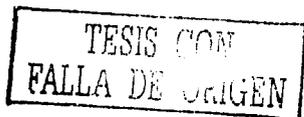
Con base en las Metas y el Programa Científico antecedentes, Cuba estableció su Proyecto de Mitigación de Desastres, el cual toma en cuenta **estudios de peligro o amenaza** donde se estima la probabilidad de ocurrencia de un *fenómeno* en tiempo, espacio e intensidad.

Del mismo modo, el Proyecto de Mitigación de Desastres considera **estudios de vulnerabilidad**, proceso mediante el cual se determina el nivel de susceptibilidad de personas, objetos, actividades, medio ambiente, que pueden ser dañados o alterados por el impacto de una amenaza. Se basa en el análisis de las características físico-estructurales y de localización del objeto en peligro asociándolas a la naturaleza y mecanismos físicos de destrucción del fenómeno estudiado. El análisis de la vulnerabilidad es la base principal para la determinación del riesgo así como para la elaboración del Plan de Medidas.

El citado proyecto comprende además los denominados "estudios de riesgo". Realizar un estudio o un análisis de riesgo conlleva la realización de valoraciones y estimaciones que permitan cuantificar las pérdidas esperadas ante el impacto de una amenaza en condiciones determinadas de vulnerabilidad en un territorio.

Cada objetivo u organismo autorizado deberá realizar estos estudios no sólo tomando en cuenta los estudios de peligro y vulnerabilidad derivados de eventos o fenómenos primarios como ciclones terremotos etc. sino considerando también los posibles efectos secundarios sobre objetivos vulnerables. Por ejemplo en el caso de un terremoto, se hace el estudio de riesgo correspondiente

⁹ Wlgberto Luis Sánchez González, W. L.. "Reducción de Desastres en la República de Cuba". Trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.



tomando en cuenta la mecánica destructiva de este fenómeno y además, se incluyen los riesgos que pudieran derivarse de un objetivo químico afectado por el primero.

Los estudios de riesgo pueden incluir el cálculo de los siguientes costos:

- Evacuación y atención médica.
- Pérdidas de animales.
- Reparación o reconstrucción de edificaciones, infraestructuras etc.
- Puesta en funcionamiento de instalaciones de producción y servicio.
- Producciones o servicios perdidos.
- Producciones o servicios no realizados.
- Pérdida de insumos.
- Afectaciones a la producción en los próximos años.
- También deben estimarse el número de fallecidos y lesionados y estimarse los costos por afectaciones de tipo social y ecológico.

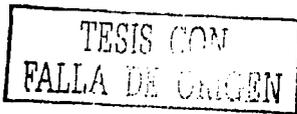
Una vez realizados los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo se elabora el Plan de Medidas encaminado a disminuir la vulnerabilidad y con ello el riesgo de los diferentes objetivos en peligro. Todos los gobiernos territoriales, organismos y organizaciones de la sociedad, así como todo técnico, científico o persona en general deberán poner todo su potencial en función de la *mitigación de los desastres*, vinculándolo con sus propios planes de desarrollo. El cumplimiento cabal de este proceso no es posible sin la participación multisectorial de la sociedad.

Como resultado de la puesta en marcha de su Proyecto de Mitigación de Desastres, el documento señala que se observa un incremento progresivo de la efectividad del sistema de medidas para la Defensa Civil expresado en el hecho de que un Huracán en el año 1963 cuando aún no existía este sistema provocó la muerte a 1200 personas y cuantiosas pérdidas materiales. Durante el período de 1966 a 1994 el territorio cubano ha sido afectado por 35 ciclones, que obligaron a evacuar a 2 500 000 personas, 1 700 000 cabezas de ganado y trasladar a lugar seguro gran cantidad de insumos y productos, pero sólo se han perdido 114 vidas humanas, aunque los daños a la infraestructura siguen siendo aún considerables.

Métodos y Modelos de Prevención de Riesgos en Proyectos¹⁰

Este trabajo atiende, según señala, a la necesidad de modelos para la elaboración de planes de prevención de riesgos para emergencias viales y su inserción en las organizaciones viales latinoamericanas y en los Planes Nacionales de Emergencias.

¹⁰ Masciarelli, E. A. "Métodos y Modelos de Prevención de Riesgos en Proyectos Viales", trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.



Se inscribe en el marco de la interacción entre las vías de comunicación y el medio ambiente en que éstas se ubican, y parte de que en el caso particular de las carreteras, muchas veces es posible encontrar algunos tramos excesivamente expuestos a peligros naturales. Esta situación, cita, puede darse por diversas causas: desconocimiento del peligro, falta de información sobre el mismo, restricciones presupuestarias, desarrollo del peligro posterior a la construcción o incluso desencadenamiento por actividades antrópicas, etc. Las experiencias demuestran que resulta más eficiente encarar tareas de mitigación anteriores a la ocurrencia del desastre y que es más eficiente la consideración y realización de estas actividades en las etapas tempranas del ciclo de vida del proyecto (formulación y evaluación) y no cuando el proyecto se ha desarrollado e incluso puesto en marcha. De ahí que a lo largo de la investigación se enfatice en la inclusión de consideraciones sobre peligros naturales en el proceso de formulación y evaluación de proyectos en el sector transporte, en especial del transporte carretero.

En el documento se afirma, que cualquier metodología adoptada para la evaluación de las inversiones en el sector carretero, siempre debe considerar el aspecto ambiental, el cual permitirá una adecuada priorización de las inversiones, promoviendo acciones de prevención de riesgos implícitos en cada proyecto, lo que facilitará a *posteriori* los planes de emergencias viales.

La inserción de estas metodologías en las Organizaciones Viales Latinoamericanas resulta de vital y fundamental importancia, especialmente por la toma de conciencia que ello trae aparejado y la optimización de los escasos recursos disponibles.

Esta propuesta constituye una aplicación de conceptos vinculados con análisis de riesgo y vulnerabilidad de las obras de infraestructura frente al medio natural. Se utiliza el concepto de *evaluación de vulnerabilidad* como una estimación de los daños que pueden ser causados por un evento natural de cierta severidad. En este caso el concepto de daños está vinculado con acciones tanto sobre las construcciones, como daños personales o interrupción de las actividades económicas, incluyendo el normal funcionamiento de las comunicaciones. Esta evaluación se complementa con la cuantificación del riesgo como una estimación de la probabilidad de que se produzcan las pérdidas esperadas, a raíz de un peligro natural determinado.

El planteamiento de las características de los fenómenos naturales típicos de una región permite establecer una escala de acciones. Solo cuando estas intensidades se asocian con un bien o estructura es posible establecer el nivel de *no vulnerabilidad*, y a partir de éste determinar el perfil

de vulnerabilidad correspondiente ¹¹ el cual debe asociarse con la probabilidad de ocurrencia de esos fenómenos naturales. Esta conjunción permite identificar el riesgo de daño como un elemento que interviene directamente en la valoración económica de la alternativa de acción.

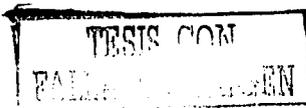
Los sistemas viales carreteros se caracterizan por su extensión, y como tales pueden verse afectados por impactos de desastres naturales de diferente magnitud. En el tratamiento de este problema es necesario tener en cuenta la ubicación, la severidad y probabilidad de ocurrencia del fenómeno. Según la ubicación y severidad se evalúa si éste afecta a la infraestructura, convirtiéndose en este caso en un peligro natural con determinada probabilidad de ocurrencia.

El esquema metodológico propuesto, se basa en el esfuerzo dirigido por la Organización de Estados Americanos (OEA), quien viene impulsando desde hace más de una década la necesidad de considerar esta temática y que desarrolla en particular en el programa denominado "Vulnerabilidad de los Corredores de Comercio en Latinoamérica". La metodología referida comprende los siguientes pasos:

- a) Se asume la existencia de un corredor de comercio (descompuesto en tramos homogéneos), caracterizado por su ubicación (X) y vida útil para su estructura (V). Esta estructura está definida por sus componentes (materiales, obras de artes, carpeta de rodamiento, estado de conservación, etc.).
- b) Los peligros se caracterizan por sus zonas de influencias (estudios previos, mapas temáticos, etc.), por su severidad (S) y probabilidad de ocurrencia (P), asociados a la vida útil de la obra (V).
- c) En base a la confrontación de las características del peligro natural (S) y las características de la infraestructura, es posible cuantificar los daños que el fenómeno genera sobre la estructura (D). En función de la magnitud del deterioro ocasionado se pueden alcanzar niveles de desastre natural. Esta evaluación de los efectos ocasionados debe realizarse empleando herramientas adecuadas, coherentes con las características de las obras. Igualmente el nivel de certidumbre en la estimación se encuentra vinculado directamente con la inversión bajo análisis. Los daños deben ser expresados en valores monetarios en cada revisión. Este análisis corresponde con la denominada evaluación de vulnerabilidad.
- d) Con el resultado de ocurrencia (daños y su probabilidad) se puede determinar el valor esperado de los daños. La probabilidad de ocurrencia del desastre es (P) y de no ocurrencia es (1 - P). Este razonamiento puede ser repetido para el caso de que el evento considerado actúe con distintas magnitudes. Para esta condición, cada nivel del evento se encuentra asociado con una probabilidad de ocurrencia (P) y con un daño sobre la estructura (Di). Los resultados asociados indican la magnitud del daño esperado en función de la combinación de las distintas formas de intervención del evento.
- e) Los resultados asociados pueden obtenerse por valores promedios o por técnicas de simulación. Este último caso permite visualizar la dispersión de resultados y ayudar a la toma de decisiones

Los procedimientos descritos, permiten realizar una valoración sobre la "conveniencia" de ejecutar determinado nivel de obras de mitigación. El desarrollo planteado muestra la necesidad de la aplicación de una visión multitemática en el tratamiento del problema, que permite alcanzar la

¹¹ Masciarelli, E.; Arranz, P.; Zeballos, M.; Marhuenda, F. "Modelación de aspectos de vulnerabilidad a los Peligros Naturales por medio de Técnicas de Simulación Numérica" XIII - Congreso Argentino de Vialidad y tránsito - (2001).



formulación de corrientes de costos de sistemas distintos con probabilidades de ocurrencia en función de la inversión realizada y la magnitud del evento considerado.

A manera de conclusiones cita:

La definición de métodos y modelos de evaluación de riesgos permiten la generación de mapas temáticos que facilitan la identificación en forma general y rápida de las obras de mitigación necesarias para los proyectos viales futuros.

Estos procesos reafirman que la carretera no constituye una obra estrictamente lineal, sino que se deben considerar los aspectos regionales (ambientales en particular), dentro de la zona donde se localiza. Finalmente, otro elemento de interés es la posibilidad de cuantificación de aspectos macroeconómicos, desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto.

Road Hazards Zonation and Risk Evaluation due to Rainfall in Oyashirazu, Japan¹²

Este trabajo se centra en el riesgo severo que existe en un tramo específico de la red carretera principal de Oyashirazu, Japón y las medidas llevadas a cabo para revertir la tendencia de desastres en el área.

Gran cantidad de desastres ocurren en el tramo carretero de Oyashirazu, que es parte de la principal carretera nacional de Japón. Dicho tramo tiene una longitud de 14 km y el tránsito diario promedio anual en esta sección es mayor a los 4 000 vehículos. Los desastres en el área son frecuentes y provocan daños tanto a la infraestructura, como a la circulación y a los propios vehículos, incluso hay registros de heridos y de pérdida de vidas.

Por tales motivos, el Ministerio responsable de la construcción de caminos en Japón ha tomado una serie de medidas para contrarrestar los efectos de los procesos vinculados con la inestabilidad de laderas que asechan al tramo carretero en cuestión, entre las que se encuentra la restricción de tránsito durante los fuertes periodos de lluvia a fin de evitar desastres. Este sistema de control de tráfico ha estado en operación desde 1968 y actualmente a esta medida se suman diversos métodos para la mitigación de desastres.

¹² Shinjuro Komata. "Road Hazards Zonation and Risk Evaluation due to Rainfall in OYASHIRAZU, JAPAN", trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.

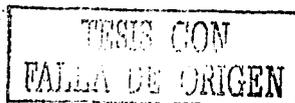




Figura 2. Panorámica del tramo carretero en riesgo durante la época de lluvias.

Fuente: Shinjuro Komata. "Road Hazards Zonation and Risk Evaluation due to Rainfall in OYASHIRAZU, JAPAN", trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.

Los registros históricos con los que se trabaja en la atención de este segmento, se remontan hasta 1959, fecha desde la cual se han presentado 305 eventos en esta sección, tales como caídas de rocas, corrimiento de laderas, avalanchas de nieve, flujos de detritos y erosión costera. Cuando un desastre se presenta en este tramo carretero, el paso vehicular se interrumpe y la desviación consecuente es de hasta 220 km que en tiempo puede representar hasta 6 horas de retraso.

Frente al panorama anterior, la dependencia responsable de la gestión de carreteras de Oyashirazu ha desarrollado desde 1965, planes y programas para la mitigación de desastres, los cuales incluyen:

- 1) Zonificación de amenazas e identificación de laderas susceptibles de inducir desastres a causa de fuertes lluvias en un área de 6 km².
- 2) Evaluación de la seguridad frente a la inestabilidad de laderas durante las fuertes lluvias conforme a los datos de amenazas en 40 años.

- 3) Construcción de obras de prevención en el 60% del tramo considerado como de riesgo (16 km), tales como túneles, puentes, cubiertas protectoras en contra de rocas o nieve, entre otras.
- 4) Contramedidas: protecciones a las laderas naturales tales como excavaciones, anclajes, muros de contención, obras de drenaje, etc.
- 5) Sistema de control de tráfico en los períodos de lluvias intensas, el cual incluye el cierre de camino en el período crítico de precipitación (la sección restringida a la circulación es de 14 km de longitud).
- 6) Inspecciones e investigaciones a partir de cartas de prevención de desastres, patrullaje diario del camino, inspecciones mensuales realizadas a pie por expertos y anualmente encuentros de investigación entre los administradores del camino, la policía, geólogos e ingenieros civiles.

Como resultado de la atención del problema, los desastres y accidentes de tráfico en esta sección registran una clara disminución.

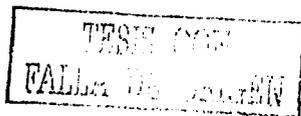
***Plan Nacional de Prevención de Desastres y Acción ante Emergencias de Chile.*¹**

Otro ejemplo de investigaciones orientadas al análisis de riesgos, desastres e infraestructura para el transporte lo representa el presente trabajo, el cual en ciertos aspectos es uno de los ejemplos que más se acerca a los propósitos generales que dan forma al "Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras", que proponemos.

El objetivo del Plan Nacional de Prevención de Desastres y Acción ante Emergencias se aboca a disminuir los daños que los fenómenos naturales ocasionan a la comunidad y al patrimonio fiscal, recuperando a su vez la normalidad y operatividad de las obras de uso público que le competen. Para lo cual establece que:

- a) En forma programada y mediante propuestas públicas: planificar, proyectar, ordenar o ejecutar obras destinadas a prevenir los efectos negativos de los fenómenos naturales.
- b) Anticipada y oportunamente, prever, ante una catástrofe, el empleo de medios humanos y materiales, velando en forma permanente por el buen estado y mantenimiento de la infraestructura pública.

¹ Moraga Bravo, W. "Plan Nacional de Prevención de Desastres y Acción ante Emergencias". Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.



c) Ejecutar directamente o a través de empresas privadas, obras de rehabilitación inmediata o provisional y, con posteridad, medidas de reconstrucción para la normalización de las actividades estableciendo las prioridades correspondientes.

Entre las consideraciones establecidas para la prevención se destaca que los servicios operativos que proyectan obras de infraestructura deberán considerar cuales son sus amenazas, vulnerabilidades y riesgos, estableciendo umbrales de seguridad, con objeto de mitigar o evitar el riesgo a las personas y obras públicas.

Para lo anterior será necesario considerar mapas de puntos de amenaza, los que tienen como fuente las emergencias anteriores, datos históricos sobre información de daños causados por diversos fenómenos de la naturaleza y que son registrados sobre cartografía, escala 1:250 000.

La vulnerabilidad se reflejará en los estudios más detallados que afectan a las obras públicas, población, propiedades, actividad económica, en riesgo en determinadas áreas, como resultado de los daños ocasionados por los fenómenos de la naturaleza.

Entre las funciones específicas que se plantea la Unidad de Prevención y Emergencias destacan:

- Velar por el cumplimiento integral del Plan de Prevención y Acción ante Emergencias.
- Manejar un catastro nacional de puntos de riesgo, por región y servicio, y efectuar su seguimiento con la finalidad de mantenerlo permanentemente actualizado.
- Llevar el registro nacional del Plan de Enlace.
- Velar porque la gestión de las soluciones de las emergencias vinculadas a planes, programas, obras, proyectos y disposiciones relacionadas a las emergencias se efectúen.
- Administrar y mantener una constante observación sobre la actualización del ingreso de las emergencias al Visualizador Geográfico MOPTT.
- Llevar registro de los elementos que intervienen en la solución de una catástrofe (vehículos, maquinaria, equipos, radio-estaciones fijas y móviles).

Aunque en forma explícita el presente trabajo no alude al desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para el alcance de los objetivos del Plan Nacional de Prevención de desastres y Acción ante Emergencias o para el apoyo de la Unidad de Prevención y Emergencias es evidente que éste es parte significativa del mismo, como lo muestra la inclusión de su esquema del Flujo de información manejada dentro del área de emergencia y que deberá alimentar al SIG (Figura 3).

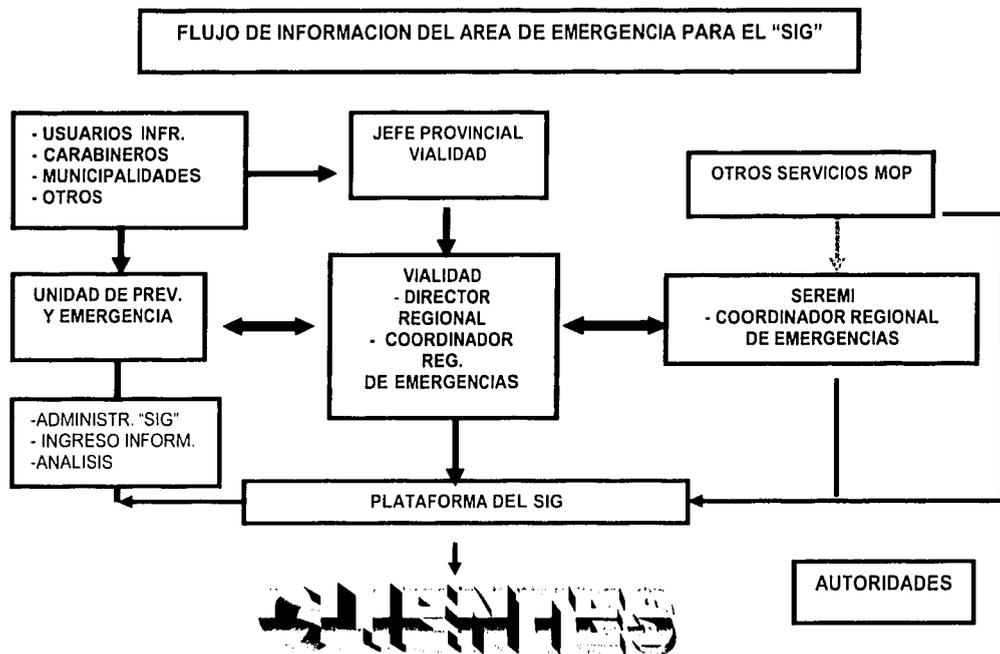
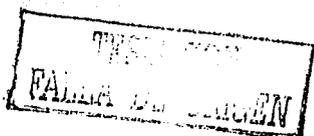


Figura 3. Diagrama del Flujo de información que alimenta al SIG para Atención de Emergencias.
Fuente: Moraga Bravo, W. "Plan Nacional de Prevención de Desastres y Acción ante Emergencias".
Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.

En materia de transporte, el objetivo de la Dirección Nacional de Vialidad en la Prevención es el de definir en los proyectos de obras los aspectos más relevantes que pueden configurar un riesgo específico, incluyendo medidas de mitigación, esencialmente en la parte que corresponde a saneamiento. Para lo cual plantean:

- Efectuar y mantener actualizado un catastro priorizado de los puntos críticos por región y establecer sus umbrales de seguridad. Su actualización se deberá llevar a cabo al menos una vez al año.
- Postular soluciones a los puntos críticos en los programas de presupuesto normales o especiales.
- Efectuar un seguimiento anual de los puntos críticos solucionados, en vías de solución y pendientes, integrando nuevos puntos de amenaza.



- Disponer limpieza de drenajes, alcantarillas, obras de arte y todos aquellos puntos susceptibles de embanques u obstrucciones, elaborando los programas de trabajo correspondientes.
- Mantener actualizados planos con todos los caminos de la red nacional, indicando en ellos las obras de arte, alcantarillas, puentes y defensas fluviales de su competencia.
- Efectuar acopio y almacenamiento de materiales para emplear en situaciones de emergencia, especialmente madera para puentes, vigas metálicas, gaviones, etc.
- Ordenar la distribución racional de maquinaria.
- Mantener un listado actualizado de los pozos de materiales posibles de explotar, indicando su ubicación.
- Efectuar los acopios que correspondan en puntos de amenaza.
- Preparar equipos de emergencia local, con personal y medios disponibles, capacitados para enfrentar un eventual daño derivado de un desastre.
- Realizar todas las actividades que permitan prever, coordinar y planificar adecuadamente el empleo de los medios.

En cuanto al Plan de Acción ante Emergencias, la Dirección Nacional de Vialidad y Acción y Respuesta Oportuna establece:

- Poner en acción el Plan de Enlace para alertar a los equipos de trabajo e inspeccionar la situación producida y dar las instrucciones precisas para la movilización de maquinaria.
- Informar a los usuarios el uso de alternativas, restricciones, grados de precaución y probable fecha de normalización del servicio.
- Evaluar la magnitud de la emergencia y la capacidad de la región, incluidos los recursos de empresas del sector privado, para solucionar el problema, y dependiendo de ello, solicitar refuerzos al nivel central.
- Disponer el traslado de puentes de emergencia, personal, medios materiales para apoyar a la región.

Road Hazards and Risk Management in New Zealand¹

El territorio de Nueva Zelanda se encuentra sometido a un amplio abanico de amenazas naturales que pueden llegar a representar verdaderos riesgos a la infraestructura carretera y a sus usuarios. Las principales amenazas las representan los terremotos, erupciones volcánicas, fuertes vientos, hielo y nieve, avalanchas, corrimientos de tierras e inundaciones.

En 1983 se estableció el Acta para la Defensa Civil siendo el Ministerio para la Administración de Emergencias el organismo encargado de coordinar las acciones orientadas a salvaguardar la seguridad de la población y su territorio. Cambios en la legislación incorporaron nuevas perspectivas a la Administración de Emergencias, las cuales se basan en conceptos como: reducción, rápida disponibilidad, respuesta y recuperación.

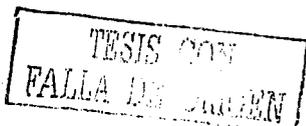
En materia de reducción de amenazas a la red carretera la clave ha sido, señalan, identificar los elementos que conducen al riesgo e incorporan la atención de éstos en sus planes de administración de la red de caminos.

La reducción del riesgo durante la fase de planeación de un proyecto carretero se realiza por medio de la adopción de estándares adecuados y de la identificación de las cargas potenciales así como de las amenazas a las que estará sujeto. En este contexto, consideran altamente recomendable que el proyecto cuente con un amplio bagaje de experiencias y de expertos en distintos temas que sirvan como referencia de los riesgos posibles unos, y como asesores los otros, a fin de minimizar el nivel de riesgo a que están expuestas las obras.

Normalmente el diseño de una carretera, requiere para minimizar sus niveles de riesgo, el centrar la atención en aspectos: geológicos y geotécnicos; sísmicos; hidrológicos, de diseño geométrico y estructural; en técnicas de construcción y metodologías de costos; así como en aspectos de evaluación ambiental y de mitigación.

La administración de caminos de Nueva Zelanda cambió a partir de la década de los años 80's época en la cual los servicios de transporte, telecomunicaciones y generación y distribución de energía eléctrica fueron privatizados y los departamentos gubernamentales que quedaron cambiaron sus funciones de planeación, diseño y distribución de los bienes y servicios a las de dependencias encargadas de las políticas y regulaciones, lo cual ha tenido repercusiones en la administración de los riesgos.

¹ Brown, T.J. "Road Hazards and Risk Management in New Zealand" Trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.



Transit New Zealand es la autoridad nacional encargada de la red nacional de carreteras, se creó en 1989 y ejemplifica el significado de los cambios en la prestación de servicios. De acuerdo con los estatutos actuales, las autoridades de caminos tanto de Tránsito (Transit New Zealand) como de los gobiernos locales deben recurrir a la competencia de precios para lograr rendimientos, tanto en servicios profesionales, como en obras físicas que favorezcan el desarrollo, mantenimiento y operación de la red. Entre las implicaciones de estos cambios deriva la falta coordinación nacional y de planeación de los recursos para la atención de emergencias.

Sistema de intercambio de información sobre avalanchas ²

La combinación de intensas precipitaciones y la escarpada topografía de Japón dan lugar a constantes avalanchas, por lo que en consecuencia, existen más de 180.000 áreas de peligro. Estas áreas incluyen torrentes con riesgo de desprendimiento de rocas, áreas con riesgo de aludes de lodo y terrenos escarpados en peligro de derrumbarse, muchas de ellas cercanas a asentamientos de población y atravesadas por caminos.

Las obras de ingeniería civil tradicionales para disminuir las avalanchas incluyen la construcción paso a paso de diques de contención de desechos, la alteración de ríos y mejoras en las pendientes de caminos. Sin embargo, debido al gran número de áreas con riesgo de avalancha y a los altos costos que las medidas en su contra representan, el trabajo realizado hasta ahora cubre sólo algo más del 20%. No obstante, debido a que la disminución de muertes y heridos es la tarea más importante de las medidas de emergencia, el Ministerio de Bienes Nacionales, Infraestructura y Transporte de Japón ha decidido crear un sistema de intercambio de información sobre avalanchas que permitirá a los residentes de las zonas en riesgo intercambiar información con ciudades, pueblos y aldeas locales.

Consecuentemente con esta política gubernamental, el gobierno de la prefectura contrató el diseño y construcción de un sistema de intercambio de información sobre avalanchas. De este modo, cuando no se apliquen las condiciones de emergencia, el sistema ayudará a prevenir las avalanchas a través de medidas tales como:

- Distribución de mapas de riesgos
- Instalación de señales
- Instalación de letreros que indiquen el volumen de precipitaciones, etc.

Durante emergencias climáticas, el sistema permitirá el intercambio de información a través de distintos métodos de transmisión (líneas directas y correo electrónico para información sobre

² Yasuji Nagaya. "Sistema de intercambio de información sobre avalanchas". Trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.

desastres; radios para usar durante desastres e informes mediante TV por cable bidireccional, etc.) entre los residentes de las áreas, afectadas, ciudades, pueblos y aldeas locales.

Si bien estas medidas basadas en información no disminuyen la ocurrencia de desastres, sí permiten reducir de manera eficiente el número de muertos y heridos, que es la principal tarea.

Otro esfuerzo en la línea de interés lo representa el trabajo desarrollado en torno a:

Los corredores logísticos y comerciales como nueva dimensión territorial del riesgo

En este caso más que de un trabajo se trata de una línea de análisis dentro del tema riesgos e infraestructura carretera, en dónde ésta es concebida más allá de su condición de bien patrimonial, es decir, es considerada como un nuevo espacio geográfico de elevada importancia estratégica dentro del concierto de la economía global; en donde la prevención de riesgos adquiere la categoría de condición necesaria, si se quiere incorporar estos nuevos territorios a la dinámica económica mundial.

Argüello y Lavell ³ exponen en este sentido:

La globalización no es un proceso desvinculado de las formas sociales, económicas y culturales tradicionales de producir riesgo, como nueva fase del capitalismo enfatiza y desarrolla en forma distinta la producción de **nuevos riesgos**, aunque éstos aparezcan en lo específico como impactos usuales y normales de la naturaleza. De ahí que se plantee como necesidad urgente la conveniencia de investigar en forma prospectiva la constitución de los nuevos territorios y prefigurar los nuevos riesgos, su magnitud y localización, donde se integre una perspectiva social y económica en función de las tendencias de la inversión y el flujo de mercancías y fuerza de trabajo, pero a la vez se integre la perspectiva ambiental de los procesos regionales y del proceso de cambio climático global.

Los corredores de comercio y los corredores logísticos constituyen una nueva dimensión territorial de la globalización y por lo tanto se convierten en unidades territoriales complejas que expresan múltiples procesos concentrados en un territorio que articula una variedad de dinámicas sociales, económicas y políticas, que adquieren cierta unidad y se condicionan mutuamente. Son dimensiones territoriales con puntos especialmente frágiles (de máxima vulnerabilidad) y esenciales para la red; se trata de eslabones muy débiles por donde se puede romper la cadena, con impactos globales prácticamente impredecibles. Así por ejemplo, el impacto derivado de la ruptura de un puente, el cierre de una frontera o la obstrucción de un puerto o aeropuerto, más allá de lo local o nacional se convierte en un problema para todo el corredor donde están involucrados

³ Argüello Rodríguez, M. y Lavell, A. "Internacionalización y Globalización: Notas sobre su Incidencia en las Condiciones y Expresiones del Riesgo en América Latina" *Revista Quorum*. Universidad de Alcalá, España. pp. 8 – 13.



millones de personas, varios países, y los costos normalmente se cuentan por billones y por los grandes atrasos en la circulación de mercancías.

La globalización establece una nueva relación entre la dimensión continental y la dimensión local que puede concentrarse en elementos muy particulares -nodos estratégicos- como puentes, fronteras o zonas de altísimo riesgo. La ruptura de interconexiones o el colapso de nodos estratégicos pueden tener impactos impredecibles y de enormes dimensiones en el conjunto de un corredor de miles de kilómetros y con ello, causar severos daños a la frágil estructura económica y política global.

Arguello Rodríguez, M. y Lavell, A. "Internacionalización y Globalización: Notas sobre su Incidencia en las Condiciones y Expresiones del Riesgo en América Latina. p. 12.

Los grandes bloques comerciales del mundo requieren del funcionamiento eficiente de corredores comerciales y logísticos, y un ejemplo de éstos corresponde al istmo centroamericano, puente geográfico que une los dos bloques continentales de América, dos grandes océanos y enlaza territorios de una gran biodiversidad, de manera que al margen del desarrollo de su infraestructura es en forma natural, un nodo estratégico esencial para la conformación eficiente de los grandes bloques económicos y su adecuado funcionamiento. Lo que no significa que la integración de Centroamérica al proceso de formación de corredores logísticos y comerciales, no implique que se superen las condiciones de vulnerabilidad frente a la gama de amenazas presentes, no sólo de origen hidrometeorológico o tectónico, sino y en especial, las de índole social y tecnológico.

Para el propio desarrollo de Centroamérica (sus países y sociedades) es esencial en el corto plazo la conformación institucional del istmo como un corredor, y el diseño, organización y puesta en práctica de una serie de planes concretos de reducción del riesgo mediante la identificación de escenarios de riesgo particulares a lo largo de todo el corredor, desde México hasta Colombia.

La globalización le da una nueva dimensión geopolítica y estratégica continental a Centroamérica, por lo que el desarrollo de cada uno de sus países estará determinado por los detallados análisis de sus nodos e interconexiones para la superación de los niveles críticos de riesgo y los niveles críticos respecto de la funcionalidad y agilidad exigidos por las nuevas condiciones. La superación de los obstáculos, rupturas o lastres (aduanas, fronteras, instituciones regionales, etc.) deberá desarrollarse aceleradamente y en forma paralela con las infraestructuras de transporte, de servicios y de energéticos esenciales. Ello debe contar con el abastecimiento adecuado de sus principales nodos de servicio, las ciudades a lo largo del corredor, y la estabilidad de las

interconexiones en aspectos que van desde lo político y militar, hasta la biodiversidad y la protección ambiental.

El impulso del Corredor Centroamericano es un elemento de una mayor estructuración geopolítica en el conjunto del Pacífico de América de ahí la trascendencia de su análisis multidimensional y la puesta en marcha de procesos institucionales que puedan reducir los riesgos y maximizar los beneficios sociales y económicos para los centroamericanos. Los cambios requeridos en estos procesos para reducir los nuevos riesgos que se están creando y que se crearán en los próximos cinco o diez años serán esenciales para no seguir afirmando que la "globalización no ha dado todavía sus frutos".

En correspondencia con la identificación de nuevos territorios y la trascendencia de los corredores logísticos y comerciales en la conformación y funcionamiento de los grandes bloques económicos del mundo, la Unidad para el Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (UDSMA) de la Organización de Estados Americanos (OEA) ha estado desde 1994, en coordinación con un consorcio de centros de investigación sobre corredores de comercio, impulsando el "Programa de Corredores de Comercio" (PROCORREDOR) ⁴.

El desarrollo del tema se aborda en el contexto de los tres elementos principales adoptados, por los gobiernos del hemisferio, para guiar el desarrollo:

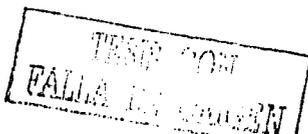
- Fortalecimiento de procesos democráticos.
- Libre comercio y tratados comerciales.
- Desarrollo sostenible apoyado por un manejo ambiental adecuado.

El Programa contempla asimismo, el desarrollo de distintas metodologías:

- Metodología sobre el estudio del desarrollo de corredores de comercio como nueva región de planificación.
- Metodología para el análisis de la vulnerabilidad de corredores comerciales a los peligros naturales (por ejemplo, la vulnerabilidad del sector agropecuario a ENSO (El Niño-Southern Oscillation), la vulnerabilidad del sector transporte a los desastres naturales como terremotos, deslizamientos, etc.).
- Metodologías para el análisis comparativo de corredores comerciales (existentes y/o en formación).

El trabajo de la UDSMA en esta línea incluye actividades como la Conferencia Hemisférica sobre Reducción de Vulnerabilidad de Corredores de Comercio a los Desastres Socio-Naturales

⁴ OEA, Unidad para el Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. PROCORREDOR. Stephen O. Bender (Jefe del Área Geográfica - Centroamérica).



realizada en marzo de 2001 en Mendoza, Argentina, cuyo objetivo fue la preparación de una agenda sobre inversión, asesoría técnica, capacitación y transferencia de tecnología para los sectores agrícola, energético y de transporte, en cuanto a la formulación e implementación de acciones con el fin de reducir la vulnerabilidad de sus respectivas redes de infraestructura dentro de los corredores de comercio. La Conferencia contó con la participación de los cuatro bloques regionales de comercio: Comunidad Andina, Mercado Común Centroamericano, MERCOSUR y TLCNA representados por especialistas de más de 20 países en las áreas de comercio regional e internacionales, en evaluación de peligros naturales, en gestión de riesgo, y de instituciones financieras de desarrollo y organizaciones de asistencia técnica para el desarrollo.

Los objetivos del equipo de Bender parecen claros y sus esfuerzos son constantes, para cuando esto se escribe, se encuentran preparando, como parte de la *Cumbre sobre Transporte* a realizarse en Tampa, Florida en diciembre de 2002 y al mismo tiempo para la *Reunión del Acuerdo de los Estados del Golfo de México* que está inscrita en la primera, un panel acerca de la Reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura de transporte de los 11 estados que bordean el Golfo de México.

El mejor reconocimiento de la importancia que representa la salvaguarda de la infraestructura para el transporte, lo constituye esta línea de trabajo impulsada y mantenida por la UDSMA-OEA, en donde la trascendencia de la reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura carretera se encuentra, como en el caso del presente proyecto, más allá de los daños a ella misma (sin dejar de considerar su gran importancia en términos de los altos costos que representan), se sitúa en las repercusiones que éstos (los peligros o desastres locales) tienen a nivel del funcionamiento de los corredores logísticos y comerciales multinacionales.

Precisamente lo más interesante de esta línea de trabajo corresponde al hecho de que el reconocimiento de la importancia de una adecuada *Gestión del Riesgo* en el campo de la infraestructura de transporte, deriva de las exigencias que determinan el éxito económico de empresas y de bloques económicos, en donde conceptos como: productividad, eficiencia, efectividad, justo a tiempo, cero inventarios, competitividad, tasas preferenciales en créditos y pago de impuestos, entre otros, y desde luego *No a los riesgos*, guían la conformación de los nuevos espacios económicos y comerciales, entre los que se encuentran los corredores de transporte. De manera que el mercado reconoce la importancia de la protección de infraestructuras como las de transporte y en consecuencia demanda la toma de medidas en esa dirección (revertir las tendencias generadoras de riesgo y reducir al máximo posible el desencadenamiento de desastres), a fin de garantizar la correcta operación de los territorios en donde se producen y por donde transitan los grandes volúmenes de mercancías.

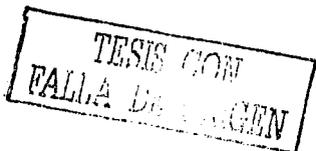
Sin embargo, y volvemos al caso de los países subdesarrollados donde el problema de la gestación de riesgos y la frecuencia e intensidad de los desastres es mucho más agudo, la importancia de la prevención del riesgo no ha logrado trascender al simple reconocimiento de que lo conveniente sería trabajar en ella, mientras, se siguen dilapidando los recursos y los esfuerzos en paliar el problema con la sola atención de la emergencia, lo cual, como se ha abordado con anterioridad, acentúa cada vez más las condiciones de riesgo de muchos espacios geográficos, incrementa la vulnerabilidad de sus sociedades y socava la resiliencia de las mismas.

Lo anterior plantea varias interrogantes:

- ¿La inversión en prevención se justifica sólo cuando están en riesgo mercancías? en otras palabras, ¿el valor de los productos sí es condición suficiente para invertir en prevención, no así la integridad de la población, ni el desarrollo general de una región o país?
- ¿Cuando la exigencia de territorios "libres de riesgo" es parte de las garantías que los países subdesarrollados deben brindar a las empresas transnacionales para ser candidatos de su inversión, entonces los gobiernos nacionales o locales, si disponen de recursos para el efecto, a diferencia de lo que ocurre, hasta el momento, en las realidades nacionales?
- La conformación de espacios de "organización perfecta", según las necesidades competitivas del comercio mundial, inscritos en regiones más vastas caracterizadas por condiciones distintas de los primeros, ¿motivará el mejoramiento general de los niveles de seguridad regional o acrecentará las desigualdades territoriales, con lo cual es factible la producción de nuevos riesgos, principalmente socio-organizativos, y en consecuencia con el tiempo, el problema del riesgo y los desastres se intensificará?

4. ¿Cómo es abordado el problema de los Desastres en materia de infraestructura carretera en México?

No obstante representar una elevada carga de trabajo y demandar recursos humanos, materiales y económicos importantes, a juzgar por la diseminación observada de esfuerzos en este terreno, consideramos que el nivel de comprensión del problema, en general, entre los responsables de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es aún bajo y es probable que en cierta medida obedezca a la estructura organizativa de la institución, en donde sus distintas dependencias sólo pueden ver y atender sólo una parte del problema. Pero independientemente de las razones, lo cierto es que el trabajo se concentra en las fases de: *Atención de Emergencias y, Reconstrucción y Rehabilitación.*



En este contexto, el *Manual para la Atención de Emergencias en la Red de Carreteras Alimentadoras y Caminos Rurales* elaborado por la Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional representa el único esfuerzo encontrado, donde explícitamente se reconoce el problema y se sistematiza su atención.

Dicho Manual⁵, parte de reconocer la trascendencia del problema y al respecto señala, la infraestructura carretera en general enfrenta los efectos de la naturaleza pero los caminos alimentadores y rurales son especialmente vulnerables a esos efectos, debido al menor rigor en su construcción. Así mismo, considera los daños más frecuentes en la red de carreteras provocados por distintos fenómenos naturales (tormentas, depresiones tropicales, huracanes, sismos y en menor medida, heladas y nevadas).

Daños más frecuentes en la red de carreteras alimentadoras y caminos rurales

Sismo.- Fallas por licuación de arenas, derrumbes, deslaves, y fracturas en puentes.

Ciclón o lluvias torrenciales.- Derrumbes, erosiones y deslaves, deterioro de la superficie de rodamiento, colapso de obras de drenajes, socavación o colapso de puentes y fallas geotécnicas.

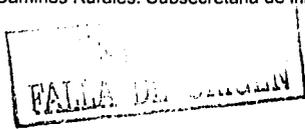
Inundación.- Provoca agrietamientos en los hombros del camino debido a los cambios de humedad en el cuerpo del terraplén y por la acumulación del agua en la parte inferior del mismo, lo cual produce también inestabilidad. Por otra parte, las estructuras que drenan las corrientes en los cauces, con avenidas extraordinarias, los arrastres y cuerpos flotantes, generalmente estrechan el área hidráulica de éstas originando que se presenten efectos de socavación de las subestructuras y erosión de los aproches de los puentes propiciando su colapso.

Tales daños representan, como efectos directos, pérdidas significativas del patrimonio nacional al resultar afectada parcialmente la superficie de rodamiento; destruirse totalmente ésta; afectarse o destruirse las obras de drenaje menor o estructuras mayores, como por ejemplo puentes.

Adicionalmente a la pérdida directa de la infraestructura, se producen pérdidas indirectas relacionadas con las alteraciones en el funcionamiento de los servicios de educación, salud y abasto, además de la vida social y económica de los habitantes y sus comunidades. En consecuencia, la **recuperación de la infraestructura** es un punto prioritario en las tareas de atención de la emergencia durante un desastre.

El *Manual para la Atención de Emergencias en la Red de Carreteras Alimentadoras y Caminos Rurales* reconoce que las actividades preventivas son de gran importancia y en ellas incluye las acciones tendientes a identificar los riesgos y a reducirlos.

⁵ Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional. Manual de para la Atención de Emergencias en la Red de Carreteras Alimentadoras y Caminos Rurales. Subsecretaría de Infraestructura, SCT. Noviembre de 2000.



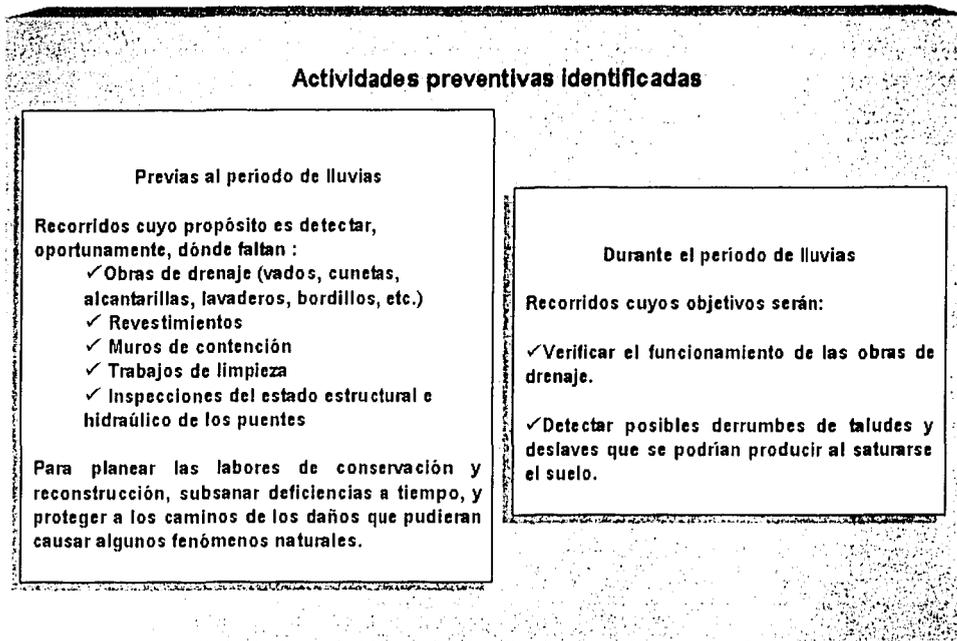


Figura 5. "Las actividades que se realicen previamente a la presencia de los distintos fenómenos naturales, permitirán incrementar la capacidad de respuesta y obtener mejores resultados durante la atención de la emergencia".⁶

La capacidad de respuesta de los Centros SCT está relacionada entre otros con:

- Conocimiento de fenómenos naturales.
- Zonas de posible afectación de cada uno de éstos.
- Inventario y estado actual de la infraestructura, sobre todo de aquella que puede ser afectada.
- Recursos humanos, materiales y financieros disponibles para atender la emergencia.
- Conocimiento previo del personal (Centro SCT) acerca de las actividades por realizar para atender la emergencia.
- Acciones preventivas en la red.

Es importante anotar aquí, que en la identificación de zonas de riesgo, reconocen que deben identificar los tramos o puntos más vulnerables a los distintos fenómenos naturales en su red de

⁶ Ibid., p.37.

caminos, para lo cual apuntan, deberán integrar la información de vulnerabilidades de cada camino en el inventario correspondiente.

Entre los inventarios que enlistan como necesarios se encuentran:

- Inventario de carreteras alimentadoras, caminos rurales, puentes y brechas existentes (información cuyo levantamiento fue propósito del *Inventario Nacional de Carreteras* realizado por el Instituto Mexicano del Transporte 1995-1998 y que actualmente es parte central del *Sistema de Información Geoestadística para el Transporte, SIGET*⁷ conformado y administrado por la Unidad de Sistemas de Información Espacial del mismo Instituto).
- Inventario actualizado de bancos de materiales y almacenes de los mismos.
- Ubicación de las residencias de obra de carreteras alimentadoras y caminos rurales.
- Inventario de maquinaria y equipo de construcción.
- Inventario de equipo de comunicación.
- Inventario de equipos de cómputo.
- Directorio de funcionarios federales, estatales y municipales.
- Catálogo de empresas con capacidad técnica, económica y equipo para actuar de manera inmediata en una situación de emergencia.

La información anterior es el soporte, con base en el cual, la Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional estructura y orienta su trabajo en los períodos de emergencia y reconstrucción. Punto donde cabe anotar, por un lado, que aunque documentada la aspiración, toda esta información aún no es manejada en medios digitales e informáticos, y por otro lado, que en varios puntos los objetivos de esta metodología coinciden con los del presente trabajo, además de que parte de esa misma información se encuentra ya contenida en el referido SIGET.

4.1 Actividades durante la emergencia

Cuando por la magnitud de los daños, en la red de carreteras alimentadoras, caminos rurales y en los puentes que sobre las mismas se localizan, peligran o se altere el orden social, la economía, los servicios públicos, la salubridad, la seguridad o el ambiente de alguna zona o región del país y haya sido rebasada la capacidad de las autoridades estatales para atenderlos, el Centro SCT en el marco del Sistema Nacional de Protección Civil y de acuerdo con la Ley General de Protección

⁷ El SIGET es el desarrollo informático realizado en el IMT para el registro, análisis y representación de información geográfica y estadística asociada al transporte. La información medular del SIGET, que es la infraestructura para el transporte, corresponde a información capturada en campo con GPS e incorporada para su utilización a un SIG. Este banco de información, cuenta con coberturas de información espacial y bases de datos relacionadas, relativas a la infraestructura para el transporte y los diversos aspectos que distinguen y caracterizan a cada modo de transporte. De entre el cúmulo de información se puede citar, la red carretera nacional, capacidad y niveles de servicio de ésta, datos viales, registros de accidentes en las autopistas de cuota, información técnica de puentes en autopistas de cuota, la red ferroviaria, así como la infraestructura de puertos y aeropuertos del país, datos sobre los movimientos carreteros, ferroviarios y portuarios de carga, información del Catastro Portuario Nacional; además de información geográfica diversa (altimetría, morfología, usos del suelo y vegetación, etc.), a la vez que datos sobre distintas variables socioeconómicas y de población, cursos y servicios de salud y educación, entre otros.

Civil, participará en la atención de la emergencia con el fin de restablecer el servicio de comunicación en los caminos afectados.⁸

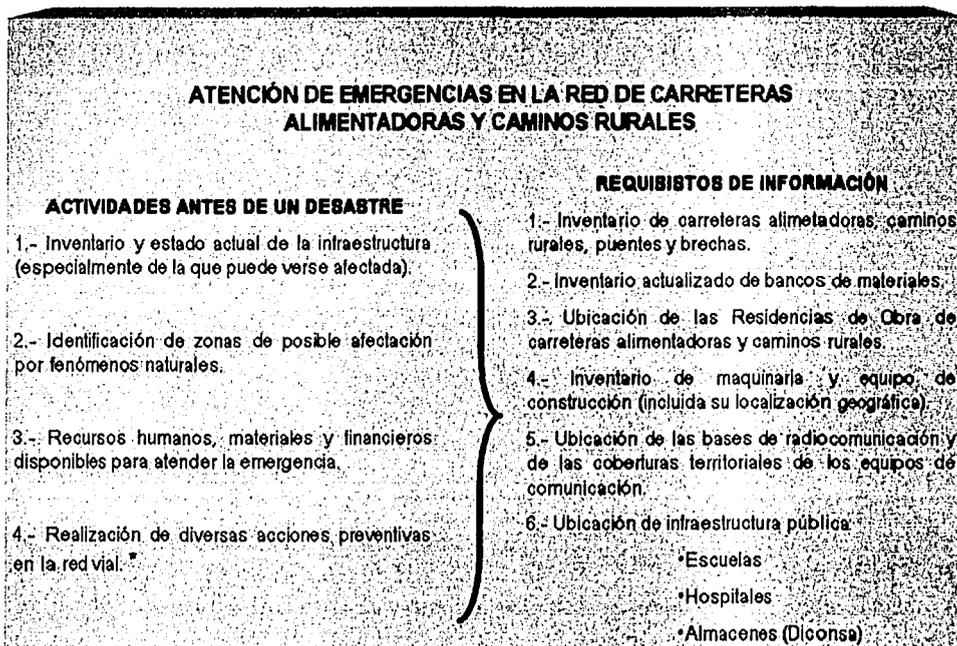


Figura 6. Requisitos de información necesarios para enfrentar las situaciones de emergencia.

4.2 Estrategia para la atención de la emergencia

Sin olvidar, que la prioridad fundamental de la atención de una emergencia es proteger la vida de los habitantes de las zonas afectadas, la estrategia general para atender los daños en la red de caminos considera:

1. Dar paso provisional a todos los caminos interrumpidos, dando prioridad a:
 - Centros de abasto, albergues y atención a damnificados.
 - Comunidades mayores.
 - Cabeceras municipales.
 - Es importante además atender primero a los caminos eje y luego a los ramales.
2. Inicio de trabajos de reconstrucción en los caminos que así lo requieran.
3. A la par del paso provisional se debe realizar la "Evaluación definitiva de los daños".

⁸ Ibid, p. 63.

Civil, participará en la atención de la emergencia con el fin de restablecer el servicio de comunicación en los caminos afectados.⁹

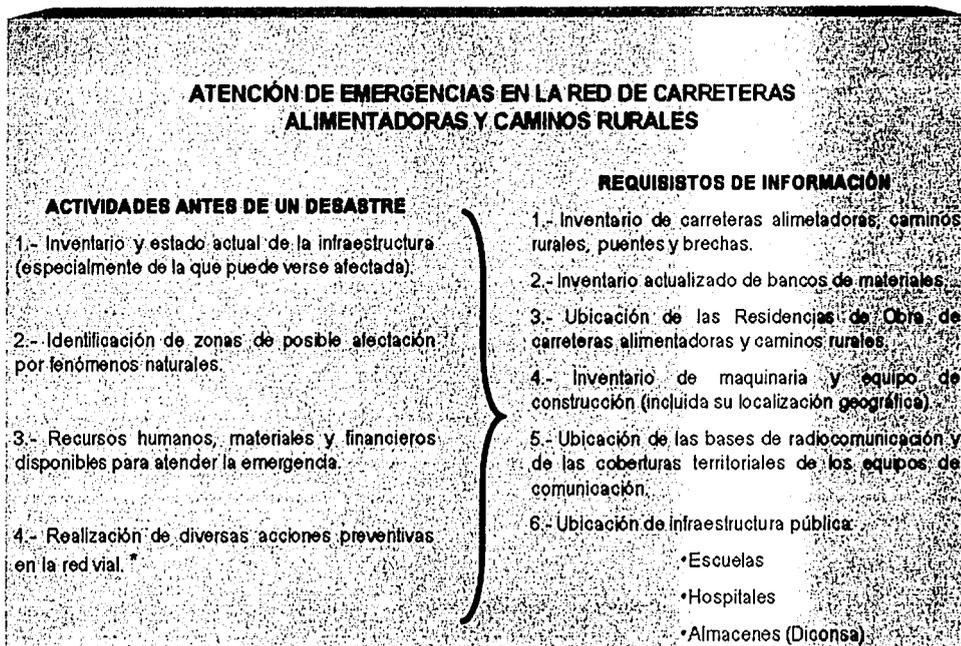


Figura 6. Requisitos de información necesarios para enfrentar las situaciones de emergencia.

4.2 Estrategia para la atención de la emergencia

Sin olvidar, que la prioridad fundamental de la atención de una emergencia es proteger la vida de los habitantes de las zonas afectadas, la estrategia general para atender los daños en la red de caminos considera:

1. Dar paso provisional a todos los caminos interrumpidos, dando prioridad a:
 - Centros de abasto, albergues y atención a damnificados.
 - Comunidades mayores.
 - Cabeceras municipales.
 - Es importante además atender primero a los caminos eje y luego a los ramales.
2. Inicio de trabajos de reconstrucción en los caminos que así lo requieran.
3. A la par del paso provisional se debe realizar la "Evaluación definitiva de los daños".

1. Localizar estudios y proyectos sobre los caminos y puentes de la zona afectada.
2. Contratación de empresas.
3. Reconstrucción definitiva, la cual deberá incluir las mejoras necesarias que reduzcan la vulnerabilidad frente a futuros eventos.

Actividades durante la Emergencia

Ubicación estratégica del Centro de Operaciones (donde se cuente con medios de comunicación y desde donde se puedan realizar desplazamientos a los tramos dañados con la mayor rapidez).

✓ Comunicación con las presidencias municipales para una *primera evaluación general de los daños* (información con la cual en el plano digitalizado se identifican los daños).



✓ Recorridos de inspección para precisar los daños, su magnitud y los posibles procedimientos para su atención (GPS en mano).

✓ Identificada la *Zona de Desastre*, se determinan:
• las poblaciones que se utilizarán como *Centros de abasto de alimentos y de atención médica*.

• los caminos que comunican esas poblaciones deberán ser atendidos en forma prioritaria e inmediata a fin de garantizar la comunicación segura y permanente.

Figura 7. Delimitación de la zona de desastre. En las reuniones entre los distintos niveles de gobierno y las distintas dependencias, se definen los caminos o zonas que estarán a cargo del Centro SCT correspondiente y de las dependencias estatales, además de determinar la coordinación con organismos como Comisión Nacional del Agua, Comisión Federal de Electricidad, PEMEX, DICONSA, entre otras.

Finalmente, dentro de la fase de *Reconstrucción y Rehabilitación* de la infraestructura carretera afectada, se procede conforme al resultado de las evaluaciones definitivas y contando con los estudios y proyectos requeridos, así como con los programas y presupuestos de obra y los programas de utilización de equipo y personal, a la contratación de empresas para realizar los trabajos de rehabilitación del patrimonio dañado, a fin de restituir a la infraestructura las condiciones físicas en que se encontraba antes del evento destructivo, con las mejoras que reduzcan su vulnerabilidad ante futuros eventos.

Reseñadas la organización y operación de las fases de *Atención de Emergencias y, Reconstrucción y Rehabilitación* instrumentadas por la Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional es importante destacar que a lo largo de la documentación del proceso metodológico, por ellos planteado, se alude constantemente a la necesidad de disponer de material cartográfico que facilite y guíe los trabajos respectivos, preferentemente derivado de formatos digitales.

El reconocimiento de la conveniencia del manejo de bases de datos informatizadas, de cartografía digital y de levantamientos de campo apoyados con Sistemas de Posicionamiento Global (GPS de acuerdo con sus siglas en inglés) se expresa en la concepción del "Sistema de información para el seguimiento y control de las obras durante la fase de Atención de la Emergencia", con base en el cual se pretende facilitar y hacer más eficientes las labores vinculadas con la atención de emergencias.

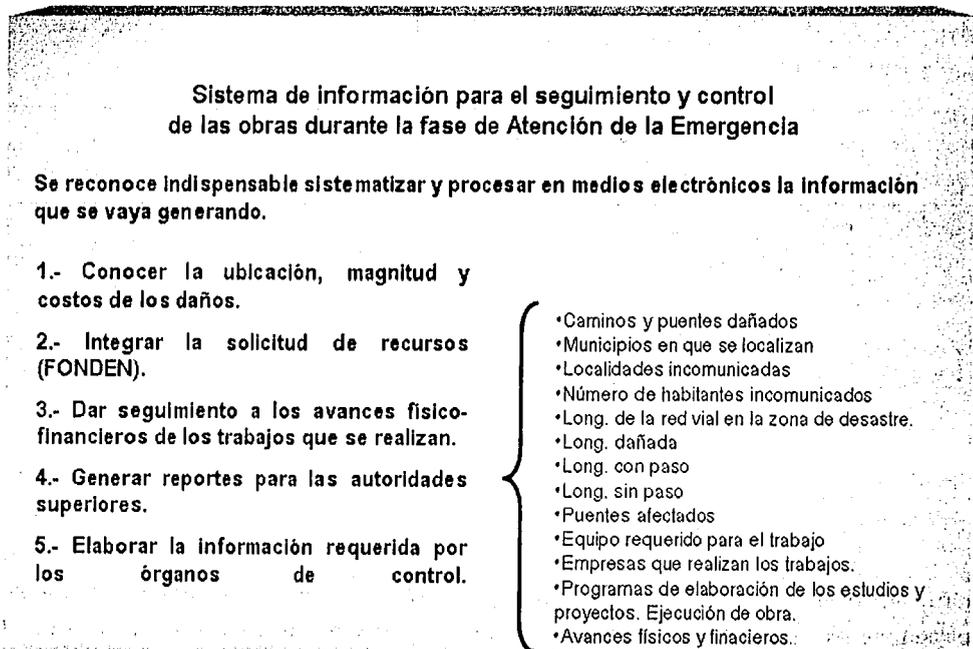


Figura 8. Imagen objetivo de lo que la Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional concibe como desarrollo informático de apoyo.

5. ¿Cómo concebimos la *Gestión de Desastres* en materia de infraestructura carretera?

Propuesta de un nuevo paradigma

Basados en el hecho de que los daños directos a la infraestructura carretera causados por fenómenos naturales son casi una constante y los efectos indirectos expresados en la afectación de las diferentes funciones del sistema de transporte (por ejemplo: interrupción del tráfico normal de mercancías, interferencias o rupturas en la conexión de la red, dificultades para el suministro de bienes en caso de situaciones de emergencias o de evacuación de poblaciones, etc.) son cada vez más agudos y el conjunto de los costos derivados en consecuencia, más elevados y significativos en términos de su impacto en la economía nacional. Consideramos necesario sistematizar la atención del problema construyendo para el efecto, una propuesta metodológica que atienda, desde la perspectiva geográfica, las diferentes fases del proceso de *Gestión de Desastres* con objeto de reducir los niveles de riesgo y los márgenes de vulnerabilidad de la infraestructura carretera.

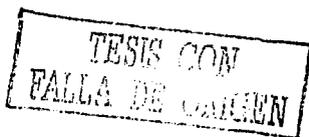
De ahí que el objetivo general del proyecto plantee:

Desarrollar el sustento teórico y la propuesta metodológica que desde la perspectiva geográfica, fortalecen la *Gestión de Desastres* en materia de protección de la infraestructura carretera.

La referida metodología adquiere su forma con base en tres de los objetivos específicos del presente trabajo:

- Identificar los indicadores de vulnerabilidad social que agudizan o detonan las condiciones de riesgo.
- Identificar los indicadores de vulnerabilidad de la red carretera que magnifican y extienden territorialmente el desastre.
- Establecer los procesos de análisis espacial, claves, para el diagnóstico de las condiciones de riesgo.

La concepción que del problema "riesgos y desastres" proponemos, intenta por un lado, modificar la visión prevaleciente del mismo y por otro, proporcionar recursos metodológicos que ayuden a detectar a tiempo dónde empiezan a formarse o existen ya focos que alerten acerca de posibles futuros desastres, con el propósito de intervenir preventivamente.



IDEAS QUE DAN LUGAR A LA CONSTRUCCIÓN DEL PARADIGMA PROPUESTO

1. Fortalecimiento de las tareas relacionadas con la Prevención y la Mitigación

2. El riesgo es el elemento sobre el que debe focalizarse la atención

3. Incorporación consciente del análisis espacial como recurso metodológico imprescindible para identificar las áreas en donde se están gestando condiciones de riesgo

4. Dónde se produce el daño en una red carretera, es más trascendente que ocuparse de su sola destrucción

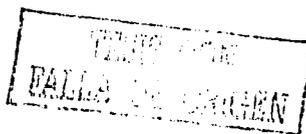
Figura 9. Ideas que dieron lugar a la construcción del paradigma propuesto

Lo anterior en contrapartida con las respuestas institucionales imperantes, sustentadas en:

- Inversiones cada vez mayores de recursos económicos al FONDEN.
- Desviación de recursos presupuestarios ya asignados (a la creación de nueva infraestructura, modernización de la existente, desarrollo social, etc.) para atender las ingentes necesidades planteadas por las frecuentes situaciones de desastre.

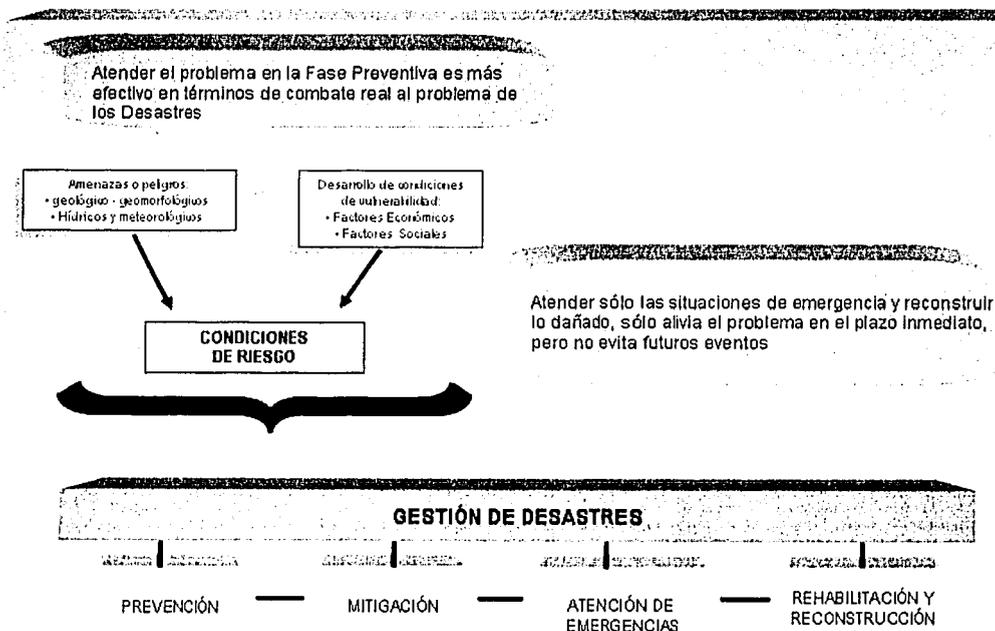
Características de la estrategia de atención actual:

- Ser predominantemente reactiva. Se aboca a atender las emergencias.
- Lo importante es la respuesta pronta.
- La concepción del problema concentrada en el Desastre.
- Aún dentro de la atención de la emergencia, no existe un programa integrado ni interinstitucional para llevar a cabo las tareas que impone la situación de desastre.
- Se crea y fortalece el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN).
- La lógica subyacente parece ser la vuelta a la "normalidad".
- El interés real: la atención de la "emergencia política".



Esta comprensión del problema y la parcialización a que da lugar en términos de su atención, permite afirmar de acuerdo con lo observado, que las políticas prevalecientes, las medidas tomadas y los esfuerzos realizados, no sólo no lo resuelven sino que lo agudizan y favorecen.

En contrapartida, el nuevo paradigma establece en primer lugar, que las estrategias y acciones deben considerar primordial y decididamente la intervención en las fases previas al evento destructivo, sin perder de vista el conjunto de la *Gestión de Desastres*, en virtud de que como señala Lavell en su propuesta del *continuo de los desastres*, éstos son fenómenos que se van gestando a través del tiempo, de manera que el ubicar los riesgos a tiempo y actuar en consecuencia, constituye uno de los puntos esenciales del modelo de actuación propuesto. (Figuras 10 y 11).



García Ortega, M.G., 2002.

Figura 10. El problema de los desastres exige ser abordado en forma integral.

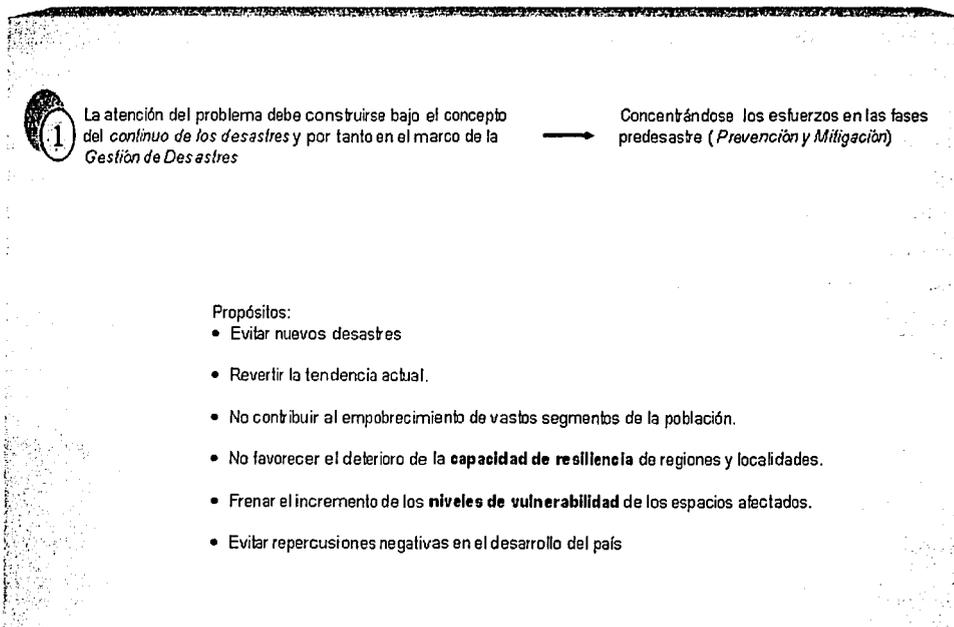


Figura 11. Primer componente del paradigma propuesto.

En este orden de ideas, la lucha no debe centrarse en los desastres, pues en ese caso la batalla esta pérdida de antemano, sino en la detección de los espacios que presenten **condiciones de riesgo** a fin de actuar preventivamente en ellos.

El problema debe situarse para empezar, en la localización de las áreas y sitios en riesgo con el propósito de identificar, cuales son los factores que están propiciando la conformación de esas situaciones de riesgo, tratar de deslindar responsabilidades en el desencadenamiento del problema y finalmente intervenir oportuna y adecuadamente para romper o frenar la espiral que da lugar al desencadenamiento de nuevos y mayores desastres.

Dado que el modelo propuesto contempla el problema más allá de las simples amenazas o de los daños que conforman el espectáculo de destrucción (el desastre), como evento que pone de manifiesto el desarrollo de una serie de desequilibrios previos que ya no pudieron contenerse más, se introduce el concepto de "vulnerabilidad social", identificado y acuñado por diversos especialistas en el tema (abordado en el Capítulo IV. Vulnerabilidad social y Vulnerabilidad de la infraestructura carretera).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lo anterior debido concretamente al hecho, de que en la construcción de las condiciones de riesgo, como elemento clave de la problemática que nos ocupa, es determinante la convergencia geográfica entre peligros y ciertos niveles de fragilidad de los espacios ocupados derivados de las condiciones de vida de la población (vulnerabilidad social).

Terreno el anterior, en donde la introducción del análisis espacial adquiere gran relevancia, en virtud de que la tarea de búsqueda de espacios en riesgo es de competencia esencialmente geográfica.

Así, por su capacidad para generar información útil, la estrategia de atención del problema aquí propuesta, incorpora el análisis espacial como un recurso metodológico necesario para el logro de los objetivos vinculados: con la ubicación de zonas o sitios en donde existen o se están gestando condiciones de riesgo, con la identificación de los factores que intervienen en ello, y con la determinación de las labores a emprender para revertir o solucionar el problema (Figura 12).

La identificación y localización de las condiciones generadoras de riesgos a lo largo de la infraestructura carretera constituyen un insumo primordial para construir las estrategias de prevención y de mitigación de desastres, que son uno de los ejes que deben guiar la gran tarea de hacer frente a la presencia continua de desastres y sus repercusiones (Figura 13).

2

El enfoque del problema se ubica en la identificación de *condiciones de riesgo*.



En donde intervienen una serie de factores distintos, diversos responsables y se introducen conceptos clave:

*vulnerabilidad social y
vulnerabilidad de la infraestructura carretera.*

La atención se orienta a la identificación de espacios en donde se están gestando **condiciones de riesgo**, a fin de saber que estrategias de intervención preventiva instrumentar.

3

La incorporación del **análisis espacial** es fundamental.



- diagnósticos del problema
- atención integral del mismo.

Figura 12. Componentes del nuevo paradigma.



Finalmente, dentro del modelo conceptual y de atención del problema planteado, el cuarto componente atiende en específico a las características del patrimonio carretero, y para ello introduce el concepto de "vulnerabilidad de la infraestructura carretera" (tema del Capítulo IV ya citado). Dicho concepto tiene entre sus propósitos ayudar a precisar en dónde, dadas ciertas condiciones de la infraestructura en combinación con la presencia de situaciones de riesgo, se torna más agudo el problema potencial y se exige por tanto, la intervención de acciones preventivas o de mitigación. En tanto frente a la atención de la emergencia, conocer cuáles son los puntos estratégicos y/o más vulnerables en términos de los efectos que su interrupción puede provocar resulta también de suma utilidad.

La idea en este caso parte de que lo importante no es el daño, sino dónde ocurre éste, ya que de eso dependen las consecuencias en la operación del sistema de transporte; debido a que los efectos indirectos derivados de la interrupción operativa del sistema de transporte son mucho más significativos que los efectos directos, tanto en términos de costos (producto del *no servicio*), aún cuando hasta ahora éstos sean difíciles de cuantificar, como de las actividades de la vida cotidiana que se ven interrumpidas. (Figura 14).

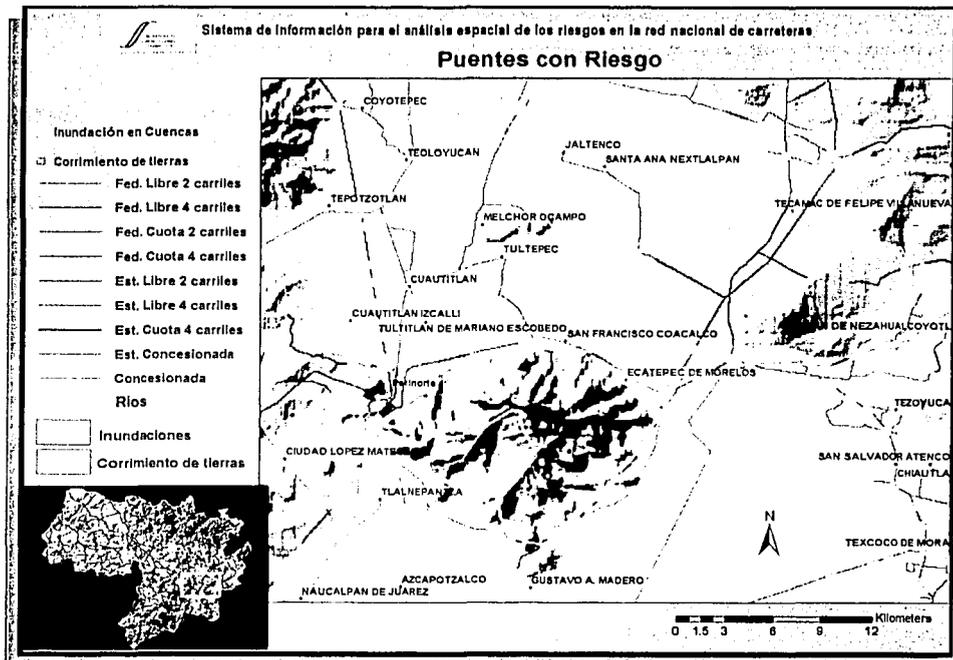


Figura 13. La *Gestión de Desastres* tiene una indiscutible implicación geográfica, de ahí la importancia del análisis territorial, a nivel tanto de la comprensión del problema como de su atención.

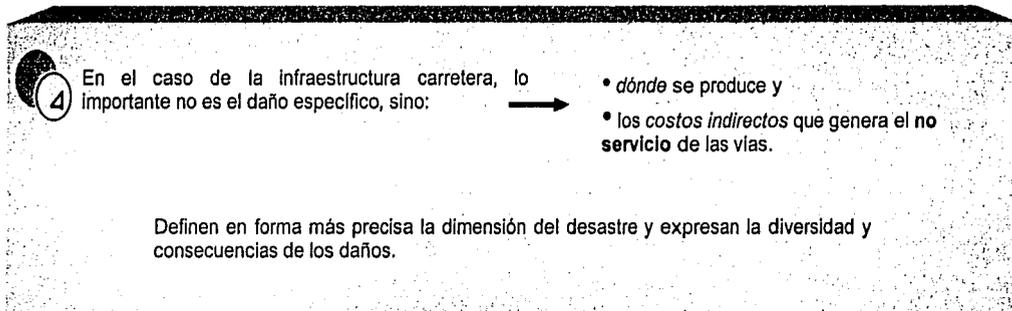


Figura 14. Último componente del paradigma propuesto.

En síntesis, el marco de conocimiento precedente intenta ofrecer una completa y estructurada comprensión del problema, de donde poder derivar los procesos metodológicos que permitan obtener panoramas bien constituidos del mismo, así como el planteamiento de estrategias de intervención y de toma de decisiones mejor fundamentadas.

El análisis espacial del fenómeno riesgo busca proporcionar información, con fines tanto de diagnóstico para la intervención oportuna, como de insumo para la elaboración de los planes de mitigación, necesarios como antecedente y referencia para los preparativos de atención de una emergencia.

El trabajo se concentra, por tanto, en la identificación de las áreas o los sitios en donde a partir de amenazas o peligros naturales y condiciones de alta vulnerabilidad social se están gestando condiciones que ponen en riesgo la integridad de la infraestructura carretera y deterioran su nivel de servicio, ello con el propósito de apoyar e impulsar, decididamente, la aplicación de medidas preventivas, como único recurso capaz de revertir la tendencia de incremento de los desastres y sus consecuencias.

TESIS CON
FALLA DE CALIDAD

Capítulo IV. Vulnerabilidad social y Vulnerabilidad de la infraestructura carretera. Conceptos básicos del paradigma propuesto

Los conceptos: "vulnerabilidad social" y "vulnerabilidad de la infraestructura", aquí desarrollados, son parte significativa del paradigma propuesto para la *Gestión de Desastres* en materia de infraestructura para el transporte. El primero corresponde a un concepto acuñado y bastante fundamentado por el grupo de trabajo que conforma *La Red* (Red de Estudios en Prevención de Desastres en América Latina), aunque hasta la fecha no ha logrado penetrar en el consciente de los responsables de instrumentar las políticas y las acciones vinculadas con el problema del riesgo y los desastres. El segundo concepto en tanto, es un planteamiento inherente a la presente investigación, que se construye directamente de las particularidades planteadas por el objeto de interés (infraestructura carretera), así como de los cuestionamientos que la ciencia geográfica se hace para entender y enfrentar el problema en cuestión. El embrión del concepto aquí desarrollado se captó del trabajo, "Introducción al problema de la vulnerabilidad de las infraestructuras carreteras", ya citado, realizado por el Dr. Díaz Pineda, el cual motivó la reflexión en el sentido de que lo trascendente en materia de daños en una red carretera es el dónde se producen éstos.

1. Vulnerabilidad social

Dentro de la relación sociedad-naturaleza, como premisa explicativa de los desastres, no puede omitirse, ni menospreciarse, *la vulnerabilidad* como expresión social de la generación de condiciones propicias para la ocurrencia de desastres.

Los desastres, además de depender de algún tipo de amenaza de origen (natural o humano), se asocian irremediablemente con los procesos sociales que condensan en un territorio, situaciones sociales y económicas preponderantemente precarias. De ahí que no se explican como fenómenos en sí mismos, sino como indicadores de otros problemas sociales y económicos significativamente agudos. Los desastres expresan a través de daños materiales y humanos, distintos niveles de *vulnerabilidad*, comparados éstos, de una sociedad respecto de otras o bien de unos grupos o comunidades en comparación con otros.

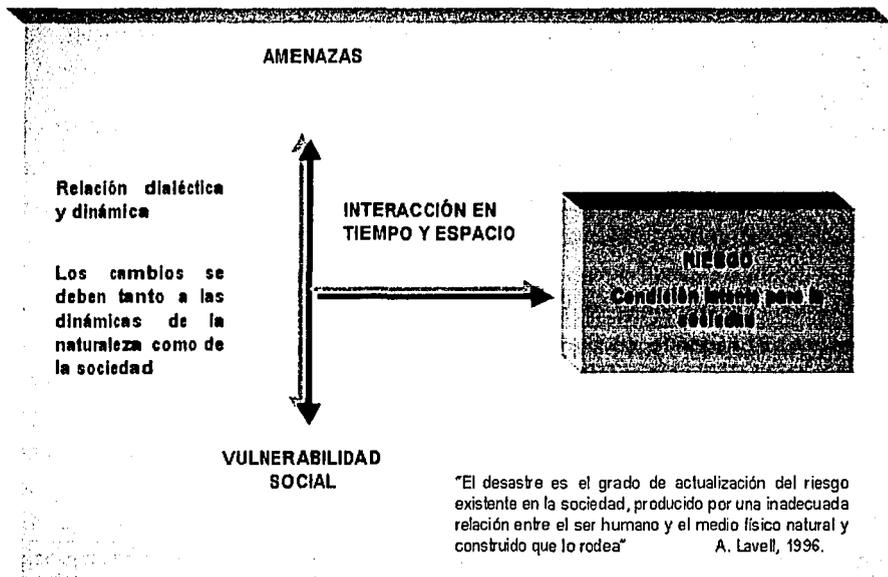


Figura 1. Conformación de las condiciones de riesgo en un territorio.

De acuerdo con O. Cardona, los factores que determinan *la vulnerabilidad* son:

- **Exposición.-** es la condición de susceptibilidad que tiene el espacio geográfico construido de ser afectado por estar en el área de influencia de fenómenos peligrosos (amenazas) y por su fragilidad física ante ellos.
- **Fragilidad social.-** se refiere a la predisposición que surge como resultado del nivel de marginalidad y segregación social de la población y sus condiciones de desventaja y debilidad relativa por factores socioeconómicos.
- **Falta de resiliencia.-** expresa las limitaciones de acceso y movilización de recursos de la sociedad, su incapacidad de respuesta y sus deficiencias para absorber el impacto.¹

De acuerdo con A. Lavell,² *la vulnerabilidad* se refiere a las condiciones de la sociedad que la hacen propensa a sufrir los impactos de un evento físico determinado, independientemente de su

¹ Cardona, O. D. "La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la Gestión." Artículo y ponencia para International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice. Disaster Studies of Wageningen University and Research Centre. Holanda, junio de 2001. Texto tomado de (<http://www.desenredando.org>)

magnitud. Vista como una condición objetiva de la sociedad, *la vulnerabilidad* está en permanente transformación, al ser producto del proceso histórico de cambio de la sociedad o de subconjuntos de ésta. Desde este punto de vista, la raíz del problema de los desastres se encuentra en las modalidades de desarrollo de la sociedad. ³ (Figura 2).

Un amplio número de estudios realizados en los años 70's y 80's demostraron, afirma Hewitt, la clara implicación de las condiciones sociales en la incidencia, extensión y distribución de los daños. "... la pérdida y supervivencia se relacionan muy estrechamente ... con la calidad de vida material de la sociedad, tanto en lo que se refiere a la ocurrencia y el tipo de daños, así como con el dónde, cómo y especialmente a *quién* afectan". Bajo esta perspectiva, el problema de los daños se analiza en términos del reconocimiento de quién y qué se encuentra bajo mayor riesgo y en la explicación del por qué. El problema en consecuencia es fundamentalmente de orden social y por tanto de la geografía social de riesgos. ⁴

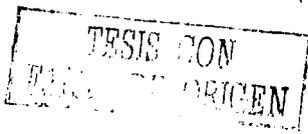
"... la distribución de los desastres refleja principalmente el orden social que produce, reproduce y regula las actividades humanas".

K. Hewitt. Daños ocultos y riesgos encubiertos: haciendo visible el espacio social de los desastres.1996.

² Lavell, A. y Franco, E. (editores) Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido, p. 12. La Red, FLACSO y ITDG-Perú, Perú, 1996.

³ En este contexto, Velázquez Rodríguez señala: "... el reto para las ciencias sociales es retomar el análisis histórico de las relaciones entre sociedad y "*desastres naturales*" a fin de ubicar la influencia del capitalismo, en el entendido de que hay un comportamiento diferencial de los riesgos y la vulnerabilidad en función de la desigualdad mundial más que por la sola incidencia de diversos factores fenomenológicos (crecimiento urbano, densidad poblacional, localización de asentamientos, etc.) que siendo importantes no permiten explicar algunos aspectos centrales del problema, como son: explotación y dominación a escala mundial; desarticulación de las políticas de desarrollo, bienestar y seguridad en las sociedades "*subdesarrolladas*"; incapacidad económica para responder a las necesidades básicas de la humanidad en el largo plazo y para contribuir al establecimiento de condiciones de recuperación estructural de los grupos, actividades e instituciones afectadas (Cfr. Wijkman y Timberlake, 1986). Se trata de cuestionar el carácter "extraordinario" de los desastres y ubicarlos en un contexto social específico, como un problema que se adiciona, y devasta al mismo tiempo, las condiciones de vida de la población y no como un factor externo que carece de vínculos con la sociedad". En Velázquez Rodríguez, D. "Desastre y vulnerabilidad. Entre las ciencias naturales y las ciencias sociales". p. 27. Los Desastres en México, una perspectiva multidisciplinaria. Coordinadores Garza Salinas, M. y Velázquez Rodríguez, D. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana. México, 1998.

⁴ Hewitt, K. "Daños ocultos y riesgos encubiertos: haciendo visible el espacio social de los desastres." pp. 11 - 26. En Desastres Modelo para Armar. Colección de Piezas de un Rompecabezas Social. Elizabeth Mansilla Editora. Red de Estudios en Prevención de Desastres en América Latina. 1996. (<http://www.desenredando.org>), pp. 11 - 12.



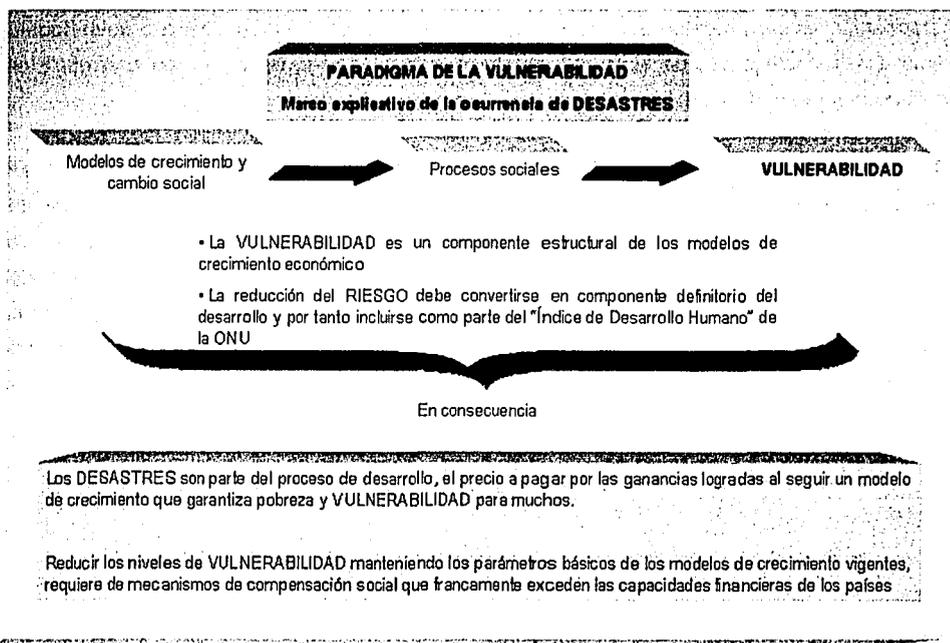


Figura 2. Esquema conceptual elaborado a partir de los postulados de A. Lavell.
Fuente: Lavell, A. "Desastres y Desarrollo: Hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un Desastre. El caso del Huracán Mitch en Centroamérica". En Garita, N. Y Nowalski, J. (compiladores). Del Desastre al Desarrollo Sostenido: El caso de Mitch en Centroamérica. BIDS y CIDHS, 2000.

Un repaso de la geografía de riesgos en el mundo da cuenta que el origen de los fenómenos naturales que finalmente desembocan en desastres presenta una localización indiferenciada, lo cual refuerza la idea de que los desastres derivan de condiciones socioeconómicas y de la capacidad financiera y de infraestructura de que se dispone para enfrentarlos. La magnitud real del desastre está asociada, en consecuencia, a condiciones de pobreza.⁵

Aunque la visión predominante de los desastres los considera, entre otros, como eventos inesperados e inciertos, es decir, como la antítesis de la vida cotidiana, en los países en desarrollo, la agudización de las condiciones de pobreza y marginación de importantes sectores de la población los está convirtiendo en parte de la "normalidad" y sinónimos de subdesarrollo.

⁵ Torres Torres, F. et al. Delgadillo Macías, J. (coordinador). Desastres naturales. Aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México. UNAM, Universidad Autónoma de Sinaloa, Centro de Ciencias de Sinaloa, CONACYT y Sistema de Investigación del Mar de Cortés. México, 1996. Coordinadores Garza Salinas, M. y Velázquez Rodríguez, D. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana. México, 1998. pp. 22-23.

Algunos analistas los consideran incluso, como procesos sociales masificados en los países pobres, debido a que se expresan bajo tres variantes distintas:

- Incidencia cíclica (fenómenos de temporada como huracanes).
- Ocurrencia súbita (terremotos, erupciones volcánicas, explosiones).
- Como reflejo de su incidencia permanente (hambre, sequías, guerra).⁶

Un desastre no puede entenderse, si no es como parte de un proceso social, ya que se requiere de la presencia del daño para tipificarlo como tal.

A MAYOR DEBILIDAD DE LA ESTRUCTURA PARA PREVENIRLOS:

- MAYORES LOS EFECTOS
- MÁS CORTA LA FRECUENCIA REPRODUCTIVA DE SU GENERACIÓN
- MÁS AMPLIAS LAS POSIBILIDADES DE RECUPERACIÓN

Torres Torres, F. et al, Delgadillo Macías, J. (coordinador). Desastres naturales. Aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México. p. 19.

Durante DIRDN (Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales) se reconoció en Ginebra en 1999, que la *vulnerabilidad social* es un problema global que se manifiesta con mayor agudeza en los países en desarrollo, en los cuales la complejidad de los desastres muestra lo mucho que hay por hacer para reducir las condiciones de riesgo existentes.⁷

Sin embargo, a pesar de reconocimientos como el anterior, sigue privando entre los investigadores del tema y los responsables de las tareas de gestión, una exígua atención a la comprensión social del problema, entre cuyos resultados, pueden citarse dos señalamientos muy interesantes hechos por Hewitt. El primero, en el caso concreto de la geografía, conduce a que ésta reduzca su labor a la reconstrucción y análisis del fenómeno generador (huracán, terremoto, etc.), sin ingresar al terreno de la diferenciación social del impacto, con lo que se contribuye al simple e indiferenciado manejo del desastre, que a su vez da pie a la segunda consideración: "el manejo del desastre",

⁶ Torres Torres, F. et al. Delgadillo Macías, J. (coordinador). Desastres naturales. Aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México. Op. cit. p.18.

⁷ La "globalidad" de los desastres es otro de los aspectos que suele omitirse, sin embargo –siguiendo a Wolf, Braudel y Wallerstein- estamos, señala Velázquez Rodríguez, ante un proceso social interconectado a nivel mundial, en el que los países del norte han transferido la vulnerabilidad y los riesgos inherentes al capitalismo hacia los países del sur (destacando los desastres de origen tecnológico), pero sin que a nivel global se registre un avance similar al de los primeros, en materia de condiciones de seguridad, por lo que las soluciones tecnocráticas resultan insuficientes para prevenir los desastres a escala mundial, pues evidentemente no se solucionan las contradicciones inherentes a la lógica capitalista de destrucción y deterioro del medio ambiente y de la fuerza de trabajo; asunto que incluso fue reconocido en la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres Naturales de 1994, comandada por la ONU. p. 26 en: Garza Salinas, M. y Velázquez Rodríguez, D. (coordinadores). Los Desastres en México, una perspectiva multidisciplinaria. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana. México, 1998.

que se convierte en un contrasentido en sí mismo, dado que el propósito exclusivo es el retorno inmediato a la "normalidad", aún cuando para ello, el sólo y simple control de los daños de por resultado la reproducción del sistema preexistente.

"... casi cualquier informe de un desastre por terremoto ... después de presentar estadísticas brutas de muertos, lisiados y de las pérdidas económicas, a la presentación de medidas, modelos y mapas sísmicos que son usados para delimitar y definir causas esenciales, magnitudes y patrones del evento. Cuando se trata de retomar el tema de los daños, se hace en términos de alguna *Escala de Intensidad*. La geografía de los daños es transformada en un mapa isosesimal de intensidad pulcramente presentado con la distancia al epicentro (aunque el trabajo de campo revela que ésta es una visión altamente abstracta de los patrones reales de daño).⁸

Los daños por deslizamientos en una aldea del Himalaya, se vuelven profundamente dependientes de su geografía social y de las circunstancias de vida de la población en riesgo; sin embargo éstos tienden a ser ocultados por la prevalecencia de los enfoques ambientalistas ... o por la forma de percibir la marginación económica de las poblaciones de las montañas.

Hewitt, K. "Daños ocultos y riesgos encubiertos: haciendo visible el espacio social de los desastres." p.15.

De acuerdo con lo hasta ahora expresado, incluir en la identificación de espacios en riesgo, análisis sociodemográficos y económicos vinculados con la generación y agudización de las condiciones de pobreza y marginación de los mismos, resulta imprescindible.

De manera que la participación de la dimensión socioeconómica en la gestación del riesgo demanda la precisión de algunos conceptos vinculados con el establecimiento de las condiciones de *vulnerabilidad social*, nos referimos en principio, a los términos pobreza y marginación.

Pobreza es un término difícil de establecer a través de una simple definición, dado que lo más significativo en su caso, es determinar los referentes con base en los cuales se va a medir la pobreza, tema respecto del cual Julio Boltvinik⁹ insiste cotidianamente, argumentando que la pobreza no sólo se define por el nivel de ingresos o por la posibilidad de tener acceso a un mínimo

⁸Hewitt, K. "Daños ocultos y riesgos encubiertos: haciendo visible el espacio social de los desastres." Op. cit. p. 13.

⁹ Julio Boltvinik es profesor-investigador del Centro de Estudios Sociológicos del Colegio de México y es uno de los principales estudiosos del tema *Pobreza* en México. Su libro más reciente *Pobreza y distribución del ingreso en México* fue escrito en colaboración con Enrique Hernández Laos y publicados por editorial Siglo XXI en 1999.

de satisfactores (determinados por un ¿alguien?) sino que entran en juego además de las necesidades, una serie de variables adicionales, entre las que se encuentran: satisfactores, preferencias, realizaciones y oportunidades, expresadas éstas por los diferentes grupos sociales.

De ahí que medir el número de pobres no resulte sencillo y existan para ello distintos métodos y diferencias considerables en los resultados. Lo indudable es que de la década de los 80's a la fecha, la producción más eficiente en México siguiendo los modelos económicos dictados por la corriente neoliberal ¹⁰ ha sido la de ciudadanos pobres (72 % de la población nacional en el 2000 cálculos de Boltvnik, 54% de los mexicanos de acuerdo con SEDES0 en 2002).

La pobreza mostró una tendencia fuertemente decreciente de 1963 hasta 1981, fecha a partir de la cual se registró un brusco cambio, en el que el fenómeno pobreza no sólo dejó de disminuir, sino que empezó a aumentar aceleradamente, al grado de que actualmente, de acuerdo con mediciones de Boltvnik ¹¹ nos estamos acercando a los niveles de pobreza de 1977, lo que significa que en materia de lucha contra la pobreza, la denominada década pérdida se ha ampliado a dos y posiblemente pronto, hasta tres décadas.

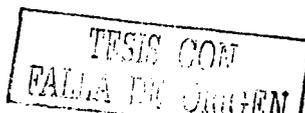
En la conceptualización de la marginación se define "la situación de exclusión" en relación a las condiciones medias en que viven y se reproducen los grupos y ciudadanos participantes de la sociedad que se estudia. La consideración general es reconocer el derecho de todos los ciudadanos y grupos sociales a integrarse en todas las prácticas del proceso de desarrollo y disfrutar de sus beneficios económicos, los cuales se valoran en términos del grado de desarrollo alcanzado por el país.

La población marginada a su vez, es entendida como integrante de una sociedad en la que por diversas causas la organización socioeconómica y política vigente la integra en el subsistema económico (producción-distribución de bienes y servicios) pero la excluye total o parcialmente del acceso al consumo y disfrute de bienes y servicios, y de la participación en los asuntos públicos. Así, la marginación social puede ser entendida como fenómeno estructural múltiple, que integra en

¹⁰Modelo de extracción de beneficio financiero en estado puro", se caracteriza por la desregulación de los mercados financieros, su liberalización, la desintermediación y la creación de nuevos productos financieros que han multiplicado las posibilidades de obtener beneficios puramente especulativos mediante los cuales se incrementa el capital sin que sea necesaria la inversión en actividades productivas. La rentabilidad del capital se encuentra más garantizada por inversiones financieras que a través de la inversión industrial. Asimismo, el modelo se acompaña de una fuerte tendencia hacia la flexibilización del trabajo. En los países de la Organización para la Cooperación del Desarrollo Económico (OCDE) se incrementan las posibilidades de contratación temporal, de uso de mano de obra interina, de horarios flexibles y la reducción de los costos por despido, reduciendo poco a poco, las garantías laborales resultado de un siglo de lucha social. Boltanski, L. y Chiapello, E. El nuevo espíritu del capitalismo. Ed. Akal Cuestiones de Antagonismo. España, 2002. pp. 20-23.

De manera que se asiste a una convergencia en la baja de las remuneraciones tanto en los países del mundo desarrollado, como del mundo subdesarrollado, donde el resultado, aunque en proporciones distintas, es el empobrecimiento de la población.

¹¹ Boltvnik, J. Y Hernández Laos, E. Pobreza y distribución del ingreso en México. p. 88. Ed Siglo XXI. México, 2001.



una sola valoración las distintas dimensiones, formas, e intensidades de exclusión o no participación en el proceso de desarrollo y en el disfrute de sus beneficios.¹²

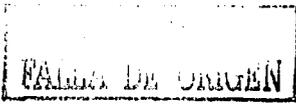
Lo importante en el presente caso es reconocer que esas condiciones de pobreza y marginación son las incubadoras de agudos niveles de *vulnerabilidad* de comunidades y regiones, y que por lo tanto, es necesario analizar esos panoramas de pobreza y marginación en que viven amplios segmentos de la población del país para vincularlos con la proclividad que esas condiciones les imponen (riesgo) para ser víctimas de desastres. En este sentido, la estructuración de las políticas y los programas para su atención requieren del reconocimiento de que la desigualdad económica y la injusticia social constituyen factores participantes del problema; y por tanto, las estrategias de prevención deben estar sustentadas en un diagnóstico socioeconómico de la situación de vulnerabilidad de las diversas regiones.

Como ejemplo concreto, citemos los resultados de un análisis realizado por el Consejo Nacional de Población¹³, a propósito de las intensas lluvias que se presentaron entre septiembre y octubre de 1999 y que afectaron a los estados de Puebla, Hidalgo, Veracruz y Tabasco, las cuales provocaron el reblandecimiento de algunas formaciones geológicas, problemas de colapso de laderas y una serie de inundaciones que afectaron a un gran número de poblaciones; donde el 58% de los municipios afectados (88) registraban niveles altos y muy altos de marginación.

Asumiendo los anteriores argumentos, resulta vital estimar las condiciones de *vulnerabilidad social*, así como diferenciar ésta dentro de la zona de estudio a través del análisis geográfico de las variables demográficas, económicas y sociales correspondientes. En este sentido, como parte de la metodología de trabajo propuesta para apoyar la concepción del nuevo paradigma planteado para la *Gestión de Desastres* se incluye el análisis espacial de algunas de éstas variables, requiriéndose para empezar, de la identificación de los "indicadores" que reflejan o expresan ciertas fragilidades, para correlacionar éstas, con las condiciones de la dinámica del medio físico-geográfico y poder así, identificar las áreas en donde se están gestando situaciones de riesgo, como recursos de información básicos para la intervención dentro de las fases de prevención y mitigación, vistas éstas a su vez, como partes inherentes del proceso de desarrollo socioeconómico del país. (*vid supra* Figura 1 y Figura 3).

¹² CONAPO y Comisión Nacional del Agua. Indicadores Socioeconómicos e Índice de Marginación Municipal, 1990. Primer informe técnico del proyecto "Desigualdad regional y marginación municipal en México". México, 1993.

¹³ CONAPO. "Población, fenómenos naturales, riesgos y desastres". En La situación demográfica de México. México, 2000. p. 210.



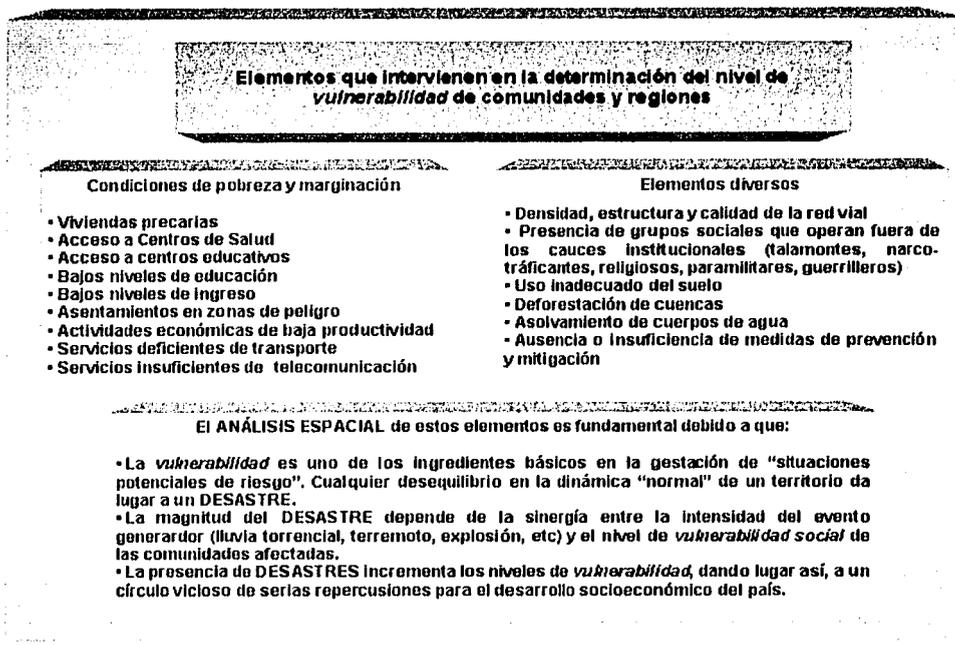


Figura 3. Agregados de información que participan en la determinación y diferenciación espacial de los niveles de vulnerabilidad social.

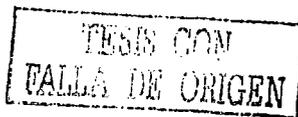
La información sociodemográfica considerada como básica para caracterizar desde esta perspectiva un espacio geográfico, se enlista en el Cuadro 1¹⁴, en donde además se exponen, su desagregación y la identificación de los denominados "indicadores de vulnerabilidad", cuya finalidad como categoría de detalle, es la de contribuir a precisar la determinación de los niveles de vulnerabilidad social, así como a la diferenciación espacial de los mismos; lo cual en consecuencia permite establecer planes de intervención preventiva y de atención de emergencias (mejor sustentados) acordes a las distintas necesidades de actuación (previamente identificadas), en nuestro caso, a lo largo de las redes carreteras.

¹⁴ La presente lista no considera que el esfuerzo en materia de identificación de variables se encuentre acabado, por el contrario, consideramos que a la misma deberá irse agregando información que enriquezca los diagnósticos socioeconómicos de las áreas en estudio y ayude a afinar la determinación de los niveles de vulnerabilidad (casos por ejemplo de información relacionada con problemas derivados de especulación urbana, de falta de ordenamientos territoriales integrales, corrupción; servicios deficientes de transporte y servicios insuficientes de telecomunicación, entre otros), sin embargo creemos que el primer paso es incorporar en la definición de los espacios en riesgo a las variables sociodemográficas y que la información ahora incluida, además de ser la de fácil disponibilidad, comprende a los elementos esenciales para la definición de condiciones de fragilidad del espacio social.

Cuadro 1. Información sociodemográfica e indicadores de Vulnerabilidad social

GRUPOS DE INFORMACIÓN	INFORMACIÓN PARA ANALIZAR	INDICADOR DE VULNERABILIDAD SOCIAL
ACCESIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> * A puntos específicos : Cabeceras municipales Centros de salud, caminos Centros de abasto. * Considerando pendiente del terreno 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expresada en distancia ▪ Expresada en tiempo de recorrido
MARGINACIÓN (nivel localidad)	<ul style="list-style-type: none"> * Grado de Marginación * Pobl. > 15 años analfabeta * % de pobl. > de 5 años sin instrucción * % pobl. en viviendas sin agua * % pobl. en viviendas sin drenaje * % pobl. en viviendas sin energía *% pobl. en viviendas con hacinamiento * % de pobl. comunicada a través de un camino a nivel municipal * % de pobl. a distancia "x" de un camino 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pobl. > 15 años analfabeta ▪ % de pobl. > de 5 años sin instrucción ▪ % viviendas con deficiencia de servicios ▪ % de pobl. comunicada a través de un camino ▪ % de pobl. a distancia "x" de un camino
DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN (nivel municipal)	<ul style="list-style-type: none"> * Relación de localidades urbanas y rurales (dispersión/concentración) 	<ul style="list-style-type: none"> • % pobl. Localidades urbanas • % pobl. Localidades rurales
ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y NIVEL DE PERCEPCIÓN ECONÓMICA	<ul style="list-style-type: none"> * % de PEA por sector económico * Proporción de población < de 2 salarios mínimos Principales actividades económicas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ % población con menos de 2 salarios mínimos
SERVICIOS BÁSICOS (nivel localidad)	<ul style="list-style-type: none"> * Infraestructura para atención de la salud <ul style="list-style-type: none"> ▪ Niveles de servicio * Infraestructura educativa <ul style="list-style-type: none"> ▪ Niveles de servicio * Infraestructura para el abasto <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de servicio 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de instalaciones ▪ Número de planteles ▪ Número de instalaciones
OTROS COMPONENTES DEMOGRÁFICOS (nivel localidad)	<ul style="list-style-type: none"> * Población por grupo de edad * % de hablantes de lengua indígena * Saldo neto migratorio * Tasa de masculinidad (?) 	

El reconocimiento de la significación de incluir en la determinación de las condiciones de riesgos variables sociodemográficas, poco a poco va incrementándose dentro de las áreas de



investigación académica del problema, un ejemplo de ello es el trabajo "Población, fenómenos naturales, riesgos y desastres" de CONAPO ¹⁵, en donde se menciona que: "el volumen, la dinámica, la composición y la distribución de la población son elementos fundamentales que requieren ser integrados en la construcción de los mapas de riesgo. En esta línea resulta imprescindible avanzar en el conocimiento de las características demográficas de los asentamientos expuestos a diversos tipos de amenazas, las consecuencias poblacionales que traen consigo los fenómenos naturales que devienen en desastres, y los perfiles que contribuyen a potenciar o reducir el grado de vulnerabilidad interna según el tipo de amenaza. ... la contribución de la demografía en el estudio de los desastres y en las tareas de prevención y mitigación de su impacto presenta amplias y diversas posibilidades, entre las que destaca la identificación de poblaciones y subpoblaciones actualmente vulnerables por tipo de amenaza, así como la previsión de la vulnerabilidad a través de las proyecciones demográficas y las proyecciones derivadas".

Conforme a lo expresado, a través de los métodos de la geografía no sólo se persigue caracterizar sociodemográficamente un espacio, sino diferenciarlo en función de los distintos niveles de *vulnerabilidad social* encontrados en él, a partir de los indicadores establecidos para el efecto; aunque hasta el momento, la estimación del concepto "vulnerabilidad" sea preponderantemente de carácter cualitativo-descriptivo, reconociendo que convendrá trabajar posteriormente en la construcción de algún método que permita expresar cuantitativamente algunas de las expresiones que integran dicho concepto, a fin de facilitar la precisión de los grados del problema y la diferenciación de la intensidad espacial del mismo. Cuantificaciones cuyo propósito será el de revelar en forma más directa, los resultados argumentados de las primeras estimaciones, nunca sustituirlos.

En virtud de que la vulnerabilidad en sí misma carece de significado, su tratamiento debe en consecuencia incorporarse al concepto integrado de *situaciones de riesgo*, cuya construcción e identificación concreta son posibles sólo gracias a los recursos metodológicos de la ciencia geográfica; de modo que el análisis espacial trasciende la categoría de conveniente para convertirse en requisito obligado, dado que es el instrumental necesario para el ensamblaje de las piezas que en espacio y tiempo conforman las condiciones de riesgo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¹⁵ CONAPO. "Población, fenómenos naturales, riesgos y desastres". Op. cit. p. 191.

¿De qué manera el análisis geográfico participa en la identificación del riesgo?

- Localiza la presencia de condiciones de riesgo.
- Diferencia territorialmente en términos de características, intensidades y niveles de desarrollo el fenómeno *riesgo* y sus componentes (*amenazas y vulnerabilidades*).
- Precisa qué elementos y bajo qué arreglos se producen las condiciones de riesgo en cada caso.
- Distingue y ayuda a explicar las formas de interrelación o influencia presentes en el espacio geográfico, es decir, cómo lo que ocurre en una área impacta o interviene en lo que ocurre en otra, bien sea a nivel de una misma dimensión espacial (ejemplo, el riesgo de inundación de Villahermosa, Tabasco a causa del deterioro ecológico de su región inmediata de influencia) o bien de escalas de intervención distintas (el mismo ejemplo considerando, como parte de los factores explicativos, las causas del deterioro ecológico, vistas éstas desde el universo de la política de explotación de los recursos petrolíferos del país).
- Establece la evolución en el tiempo, del comportamiento territorial, tanto de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos, como de los desastres ocurridos; a la vez que ayuda a definir posibles tendencias.

Saber dónde y cómo se están gestando condiciones de riesgo, constituye la base primaria del saber que hacer a tiempo y de manera precisa en materia de *Gestión de Desastres*, por lo que cabe insistir en que, sin la intercesión y contribuciones del análisis geográfico es imposible revelar la presencia de riesgos, dado que éste permite:

- Identificar las áreas en donde existen, se están gestando o incrementando condiciones de riesgo.
- Contextualizar y describir el fenómeno riesgo en función de los elementos principales que en cada caso lo producen y/o agudizan.
- Identificar patrones espaciales de comportamiento.
- Monitorear la evolución del problema, dado que en materia de *amenazas, vulnerabilidades y riesgo*, las circunstancias son dinámicas y por tanto cambiantes a través del tiempo.

Todos ellos, requisitos de conocimiento necesarios para orientar intervenciones coordinadas y oportunas, que además de atender el ámbito de las especificidades en materia de riesgo y de sus componentes, permitan construir también, estrategias de acción con mayores alcances en términos de contextos territoriales más vastos y de mayor número de variables causales implicadas.

2. Vulnerabilidad de la infraestructura carretera

El concepto de "vulnerabilidad de la infraestructura carretera", no sólo constituye uno de los componentes que dan forma al paradigma de *Gestión de los Desastres* propuesto, sino que es concretamente al que compete la comprensión específica del problema en materia de protección y atención del patrimonio carretero.

Este concepto tiene la intención de identificar los puntos o segmentos estratégicos de una red carretera, con base en distintos indicadores. Entendiendo por estratégicos aquellas partes que tienen un papel medular en la conectividad de la red y en la operación del sistema de transporte, por ejemplo: los segmentos de mayor tránsito vehicular, las rutas con mayor valor de la carga o los puntos que conectan un mayor número de itinerarios; en virtud de que son éstos, los que en caso de avería entorpecen o paralizan el funcionamiento de porciones importantes del sistema vial. En otras palabras, son los que determinan la vulnerabilidad del sistema de transporte.

Cabe subrayar que en la formulación del presente concepto, no obstante ser la infraestructura carretera el objeto de interés, no es por sí sola lo importante, su relevancia la adquiere en relación con las funciones que favorece y las distintas actividades que posibilita, tanto para la operación del sistema de transporte, como de éste hacia la organización y funcionamiento del espacio geográfico humanizado en general.

Con base en lo anterior, la construcción del concepto de vulnerabilidad se estructura sobre dos premisas estrechamente vinculadas entre sí: la primera atiende a la idea de que no sólo es importante el daño en sí mismo, sino el **dónde** se produce éste, y la segunda tiene que ver con la trascendencia de la suspensión del servicio de una red carretera cuando su funcionamiento se ve interrumpido por daños en alguno o algunos de sus segmentos.

Cuando afirmamos que no sólo es importante el daño, sino el sitio en el que éste se produce, se considera que los mayores impactos operativos y económicos de un desastre se sitúan en los efectos derivados de los perjuicios causados, y no tanto en los costos directos que éstos representan. La magnitud del fenómeno expresa las consecuencias registradas en la operación del sistema de transporte y se encuentra en función directa de los daños a sus componentes estratégicos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La dimensión del daño está en función no sólo del número de hechos destructivos registrados sobre la infraestructura, sino también y en alto grado, de la trascendencia en las desconexiones que esas averías provocan en la red.

En este punto ingresamos al terreno del **no servicio** de una red de transporte, el cual alude a la serie de funciones y tareas que el sistema deja de cumplir cuando alguno de sus componentes se ha visto afectado. Las repercusiones del **no servicio** son las que terminan definiendo las dimensiones del desastre, en función tanto de las distintas actividades económicas y sociales que en un espacio geográfico se ven alteradas, como de los costos indirectos que todo ello genera, a la vez que, en términos estrictos, son las que delimitan la zona clasificada como de desastre.

De acuerdo con lo antes expresado, cabe aclarar que el concepto de "vulnerabilidad de la infraestructura carretera", no adquiere viabilidad sólo cuando un desastre ha ocurrido, por el contrario, su relevancia estriba en la importancia de poder detectar, como parte de las acciones preventivas, cuáles son los puntos de una red carretera clasificados como estratégicos y que en consecuencia deben ser supervisados y atendidos en forma prioritaria a fin de garantizar, en lo posible, la correcta operación del sistema de transporte.

La insistencia en el punto obedece además, al hecho de que dentro de las estrategias de atención actuales, que instamos a superar, los objetivos se ciñen, como se ha señalado reiteradamente a lo largo del presente documento, a reparar daños (en este caso para reestablecer el paso) y a cuantificar el evento destructivo en función exclusiva de los costos directos, esquema bajo el cual el problema se restringe a un asunto de daños específicos que deben ser reparados para volver a la condición de "normalidad" anterior al suceso destructivo. Bajo esta lógica en donde el desastre carece de historia y de génesis, y las consecuencias desaparecen con borrar los daños físicos que le dieron forma, lo único que puede esperarse, como de hecho ocurre, es la presencia continua y cada vez más frecuente de nuevos desastres.

El concepto de "vulnerabilidad de la infraestructura carretera" intenta apoyar y orientar la serie de tareas que se deben realizar para llevar a cabo una cabal *Gestión de Desastres* por parte de los responsables de proteger el patrimonio carretero. En este sentido, lo primero por aclarar es que la responsabilidad que intentamos promover, no se concentra en reparar daños y reestablecer la

circulación, sino en evitar que los perjuicios ocurran y para ello, las labores de mantenimiento son fundamentales. Sin embargo, la efectividad de éstas será mayor en la medida en que los encargados de realizarlas dispongan de la información sobre condiciones de riesgo y puntos estratégicos de las redes carreteras, necesaria para definir y programar con mayor precisión las acciones a emprender.

En este marco, la información que da forma al concepto de "vulnerabilidad de la infraestructura carretera" tiene como función primordial apoyar las fases de prevención y mitigación a través del reforzamiento y mayor direccionamiento de las labores de mantenimiento. No obstante, su utilidad se pone al servicio también de las fases posteriores al desastre para las que conocer la ubicación de los puntos estratégicos resulta de gran ayuda no sólo en la definición del orden en que el paso debe ser reestablecido y los daños reparados; sino especialmente para atenuar en menor tiempo, los efectos negativos provocados en la operación del sistema de transporte, así como en la organización y funcionamiento del territorio al que éste sirve.

La atención preeminente de los puntos estratégicos de una red carretera, en el entendido del papel que éstos representan en el funcionamiento conjunto de los territorios siniestrados, constituye un hecho relevante en la sistematización de atención del problema, que se reflejará en una más pronta reactivación de la dinámica de los espacios afectados e indudablemente en una disminución de los costos indirectos del desastre.

Para lograr el propósito de identificar y ubicar los puntos que definen el gado de vulnerabilidad de una red carretera, referidos como puntos estratégicos, aún cuando en un primer acercamiento, más que sitios concretos logremos definir tramos carreteros más vastos o menos específicos, el análisis geográfico vuelve a aparece como el recurso metodológico adecuado para llevar a cabo dicha tarea. En esta ocasión realizada con información directamente vinculada con las características de la infraestructura y la operación del sistema de transporte, pero particularmente complementando y apoyando su participación con los aportes de análisis específicos previos, como son los casos de los análisis de redes y de los análisis de rutas.

Las tareas precisas del análisis geográfico están, como se ha señalado, dirigidas a determinar los puntos o las partes estratégicas de una red, para ello, el proceso metodológico respectivo propone en primera instancia, la definición de una serie de indicadores que posibiliten tales propósitos (algunos ya identificados, Cuadro 2). Adicionalmente y sobre todo en apoyo a la ausencia (hasta el momento) de indicadores específicos para algunas variables de información que se considera pertinente analizar, se estimo conveniente establecer un conjunto de categorías para cada una de ellas y otorgarles valores numéricos de 0 - 3 y de 0 - 5, según sea el caso, a fin de tener elementos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

que permitan diferenciar los componentes de una red desde la perspectiva de su papel estratégico en el funcionamiento del sistema de transporte, es decir, de la vulnerabilidad de la infraestructura.

Variable "condición de la superficie de rodamiento":

Calificación	Valor numérico
Buena	1
Regular	2
Mala	3

Variable "tránsito diario promedio anual (TDPA):

TDPA	Valor numérico
0 - 100	1
101 - 500	2
501- 1500	3
1501 - 3000	4
Más de 3000	5

Desde luego que para llevar a cabo la calificación de los componentes de una red carretera sería conveniente definir la unidad espacial de análisis en relación a la cual se hará la cuantificación, sin embargo, la variabilidad en el nivel de detalle entre los distintos tipos de información a manejar dificulta considerablemente este propósito, de manera que trataremos de ajustar, en lo posible, esa diversidad al concepto de "tramo carretero" que maneja la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT.

La idea de la calificación es que entre más alto sea el puntaje, mayor la condición de vulnerabilidad del tramo carretero y/o su categoría de parte estratégica dentro de la red. Así, en el caso de los ejemplos anteriores, puede decirse que la variable "TDPA" contribuye a identificar tanto a los componentes estratégicos, como a determinar su vulnerabilidad; mientras la "condición de la superficie de rodamiento" participa básicamente en la definición de la condición de vulnerabilidad de la vía, puesto que entre más deteriorada se encuentre ésta, mayor será su propensión a sufrir daños y/o a promoverlos.

El análisis de estas dos variables se utiliza como ejemplo del procedimiento propuesto, en el entendido que éste debe incluir un número mucho mayor de componentes de información (Figuras 4, 5 y 6).

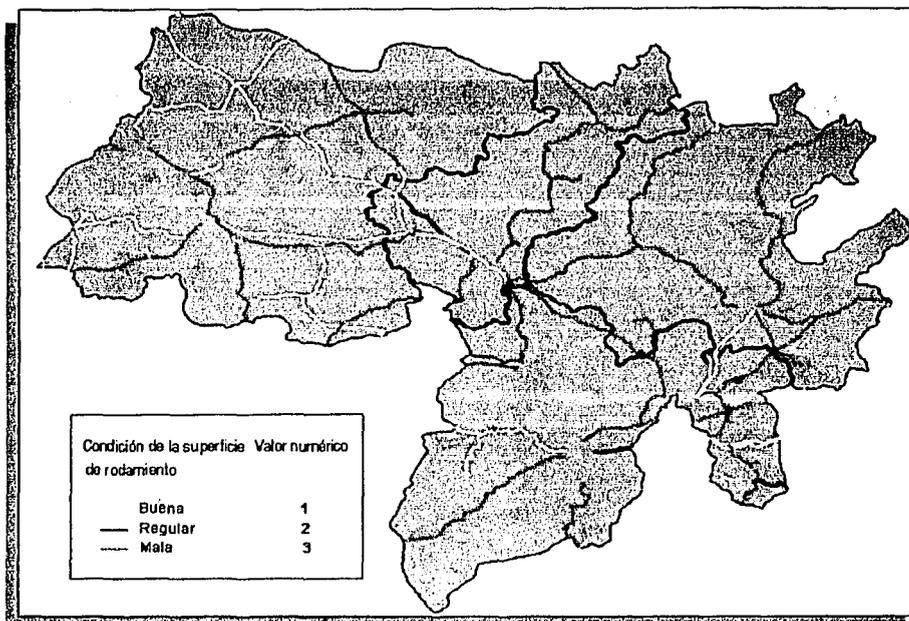


Figura 4. Condición de la superficie de rodamiento

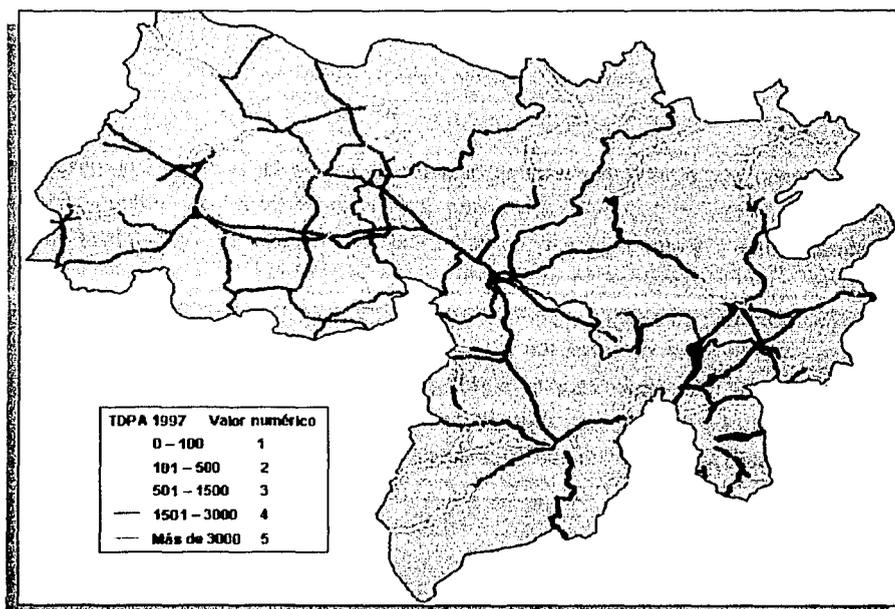


Figura 5. Tránsito diario promedio anual por tramos carreteros.



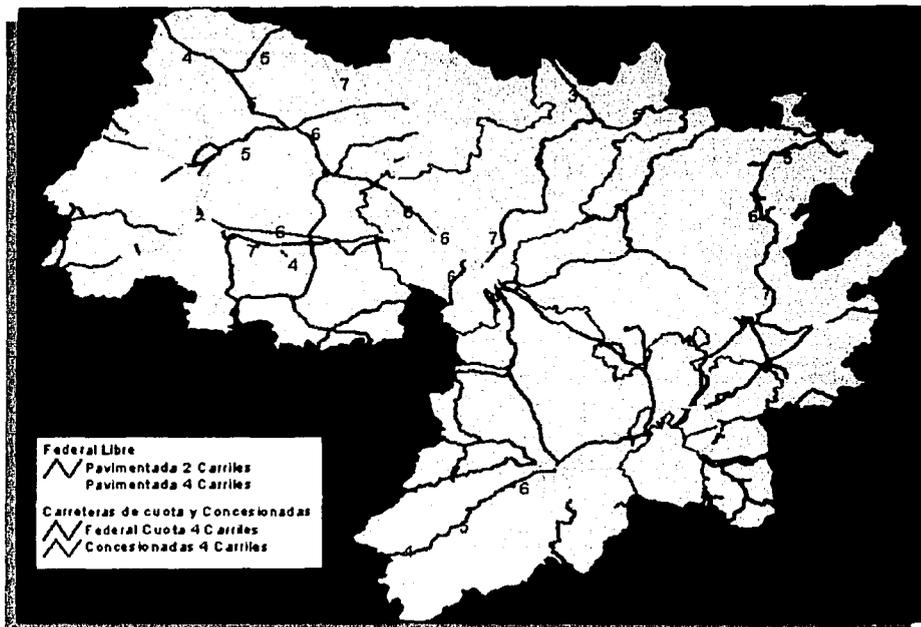


Figura 6. Ejemplo de cuantificación de tramos carreteros con base en las variables "condición de la superficie de rodamiento" y "tránsito diario promedio anual".

Entre la información que se contempla como necesaria (Cuadro 2), al menos de inicio, para dar lugar a la construcción de los indicadores que aluden al concepto de "vulnerabilidad de la infraestructura carretera" y que en concreto permiten además identificar a los componentes de una red catalogados como estratégicos, se encuentran:

- Características físicas de la infraestructura
- Condiciones de operación y mantenimiento de la red carretera
- Datos relacionados con la morfología de la red
- Identificación de rutas alternativas
- Datos relativos al número de localidades y población comunicada
- Producto Interno Bruto de los espacios enlazados.

Cuadro 2. Información relativa a la red vial e indicadores de Vulnerabilidad de la infraestructura carretera

GRUPOS DE INFORMACIÓN	INFORMACIÓN PARA ANALIZAR	INDICADOR DE VULNERABILIDAD
Morfología de la red	Nivel de desarrollo de la red Núm. de nodos y arcos Rutas alternativas	Índice de conectividad de la red
Cobertura e integración espacial	Población comunicada Localidades enlazadas PIB (municipal)	Población comunicada/ población total (camino pavimentado y rural) Núm. cabeceras municipales comunicadas Núm. Localidades > 2,500 habitantes comunicadas
Características físicas de la infraestructura carretera	Número de carriles Características geométricas Condiciones de la superficie de rodamiento Número de puentes Estado de los puentes Acciones de mantenimiento	Núm. puentes por km de carretera
Condiciones de operación de la infraestructura carretera	TDPA Composición vehicular Valor promedio de la carga	

En el caso del primer gran apartado de información, relativo a los elementos de conocimiento que se derivan de los análisis morfológicos de una red carretera, puede decirse que éstos dan luz respecto a los niveles de conectividad y accesibilidad existentes en una red carretera, de ahí su importancia para nuestros propósitos.

Los análisis de la forma y conexión de las redes, así como de los niveles de jerarquización de sus enlaces puede realizarse mediante la aplicación de la Teoría de Grafos, ya que ésta permite identificar problemas geográficos a partir de las relaciones entre las localidades y las redes de transporte, en función de la relación topológica de conectividad y no de las dimensiones de esta

TESIS COM
FALLA DE ORDEN

última.¹⁶ La utilización de esta teoría constituye un buen marco para detectar ciertas insuficiencias en la red carretera de un territorio.

Cuando una red se expresa a partir del conjunto de sus vértices (puntos de origen y destino de los intercambios) y de sus arcos (enlaces entre los vértices), un aspecto fundamental de análisis es el grado en el que todos los pares de vértices se encuentran interconectados, concepto de conectividad de la red, el cual expresa una de las propiedades más importantes de una red (Figura 7).

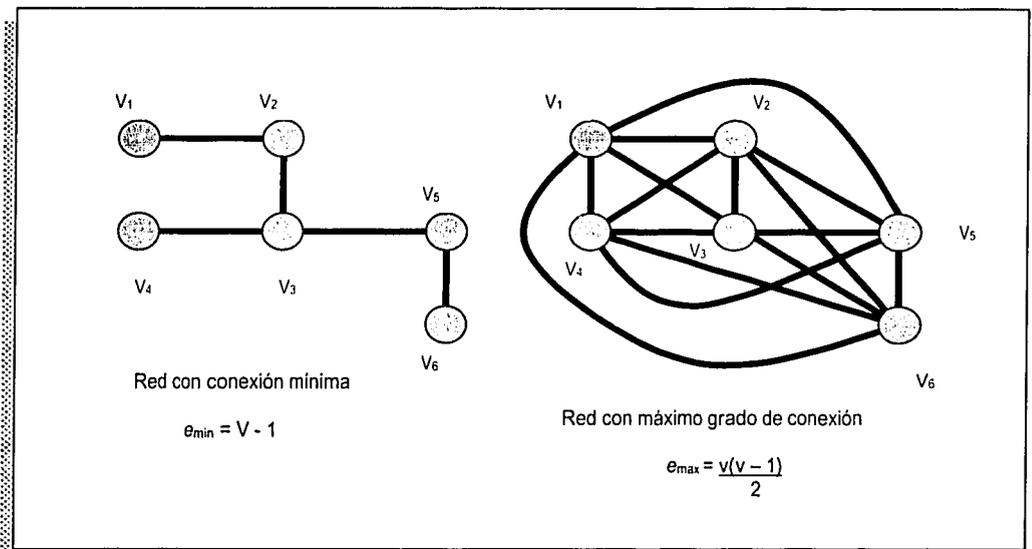


Figura 7. Ejemplos de redes con distinto nivel de conexión.
Elaborado con base en: Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E. Geography of Transportation. Prentice Hall. New Jersey, E.E. U.U. 1996. pp. 250 y 251.

El desarrollo de las redes de transporte esta asociado a los procesos económicos, políticos y sociales presentes en un espacio geográfico, de manera que la morfología de las primeras expresa la condición de desarrollo de esos territorios, en este sentido, pueden encontrarse redes con grados mínimos de conexión y otras en cambio absolutamente interconectadas (Figura 8).

¹⁶ Haggett, 1976 citado por Seguí Pons, J. y Petrus Bey, J. Geografía de redes y sistemas de transporte. Ed. Síntesis. Colección Espacios y Sociedades. Serie general núm. 16. Universidad Complutense de Madrid. España. p. 49.

Las redes de transporte expresan la organización de los territorios que articulan, "...la red se hace y se deshace al mismo tiempo que evoluciona el espacio económico y social. La red no impone su ley, sino que es signo de las leyes de la organización espacial".

Dupuy, citan : Seguí Pons, J. y Petrus Bey, J. Geografía de redes y sistemas de transporte. pp. 47 - 48.

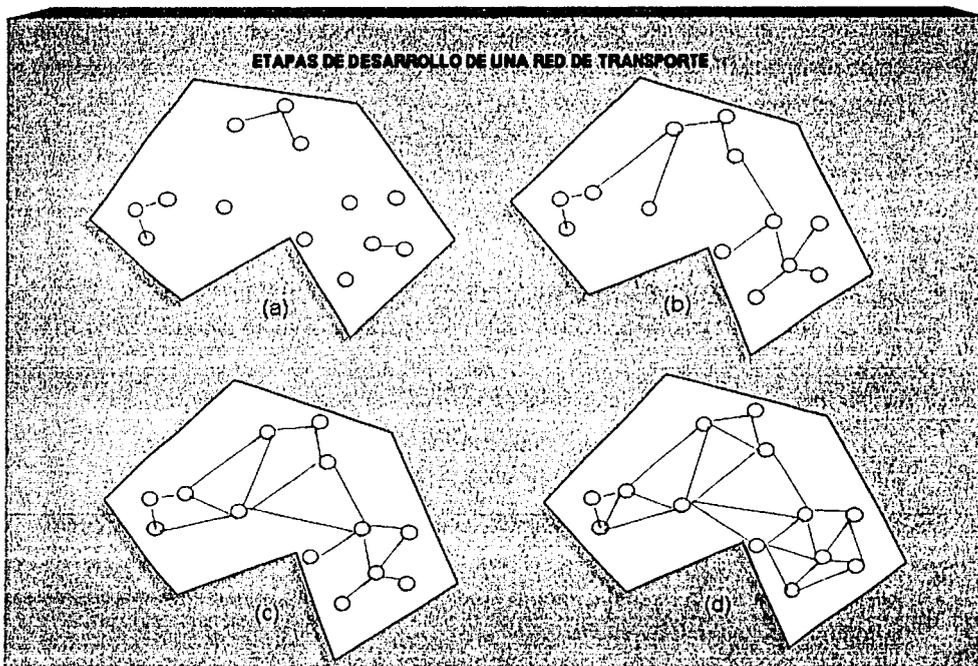


Figura 8. Las etapas de desarrollo pueden ser descritas en términos de su conectividad, desde (a) donde ésta es mínima hasta (d) donde cada uno de los vértices se enlaza con el resto de ellos.
Elaborado con base en: Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E. Geography of Transportation. Prentice Hall, New Jersey, E.E. U.U. 1996. p. 253.

TFSE 2007
FALLA DE ORIGEN

Los índices relacionados con el concepto de conectividad permiten determinar el grado de intercomunicación entre los vértices de una red. Este grado de conexión constituye una medida que hace posible valorar la complejidad de los intercambios socioeconómicos de una región.

Entre los índices que miden el grado de conexión de las redes se encuentran:

- Índice de Prihar relaciona los arcos con los vértices en una red no plana y no direccionada. El valor máximo es la unidad, cuando el número de arcos es el máximo posible.¹⁷

$$e = [v(v - 1) / 2 \cdot a]$$

Donde: a son los arcos o enlaces

v los vértices o nodos

- Índice Gamma de Kansky. Útil para evaluar la conectividad relativa de una red plana y no direccionada. Establece la relación entre el número de arcos o enlaces existentes y el mayor número posible de éstos.¹⁸

$$\gamma = \text{arcos actuales} / \text{arcos máximos}$$

El máximo número de enlaces se denomina e_{\max} , para una red:

$$e_{\max} = 3(v - 2)$$

- Número ciclomático permite conocer el número de circuitos de las redes.¹⁹

$$[a - v + 1] \text{ siendo } [(v - 1)(v - 2) / 2] \text{ su número máximo}$$

- Índice Alfa de Kansky es una especie de número ciclomático corregido
(número ciclomático / $2v - 5$)

$$\text{también } (a - v + 1) \cdot 100 / 2v - 5 \text{ caso donde muestra}$$

la complejidad de la red a través del cálculo del número de rutas alternativas (circuitos).

- Índice Beta de Kansky señala cómo a medida que aumenta el número de arcos se eleva la conectividad entre los vértices.

$$\beta = a/v$$

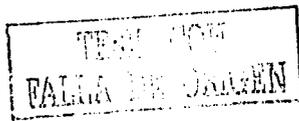
Donde: a son los arcos o enlaces

v los vértices o nodos

¹⁷ Seguí Pons, J. y Petrus Bey, J. Geografía de redes y sistemas de transporte. Op. Cit. p. 50.

¹⁸ Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E. Geography of Transportation. Prentice Hall. New Jersey, E.E. U.U. 1996. p. 253.

¹⁹ Seguí Pons, J. y Petrus Bey, J. Geografía de redes y sistemas de transporte. Op. cit. p. 51.



Sus valores varían entre 0 y 3:

$\beta < 1$ - árboles y grafos no conexos

$\beta = 1$ - redes con un solo circuito

$1 < \beta < 3$ - redes complejas

Los valores de estos índices pueden utilizarse como indicadores simples de las redes o bien constituirse como variables dependientes dentro de un análisis de regresión, de otras variables independientes (Producto Interno Bruto, niveles de bienestar de la población, entre otras) relacionadas con los niveles de desarrollo de los territorios servidos por las redes de transporte.

El índice Gamma, antes referido, que categoriza a las redes según su nivel de conectividad, puede correlacionarse con una clasificación morfológica utilizada en ingeniería y reflejar el grado de desarrollo de una red ²⁰, donde las menos interconectadas tienen forma de árbol o espina de pescado; las más desarrolladas y con más altos niveles de conexión adquieren forma de malla; en tanto las redes que forman *Deltas* entre sus vértices, caracterizadas por una alta densidad de enlaces en relación al número de éstos, es decir por la existencia de varias rutas entre pares de nodos, son las que representan los mayores niveles de conexión y desarrollo (Figura 8).

<i>FORMA</i>	<i>Índice Gamma</i>	<i>Rangos de configuraciones de las redes</i>
<i>Espina</i>	$(V - 1) / 3 (V - 2)$	$\frac{1}{3} \leq \gamma < \frac{1}{2}$ donde $V > 4$
<i>Malla</i>		$\frac{1}{2} \leq \gamma < \frac{2}{3}$ donde $V > 4$
<i>Delta</i>	$(2V - 3) / 3 (V - 2)$	$\frac{2}{3} \leq \gamma < 1.0$ donde $V > 3$

Fuente: Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E. Geography of Transportation. Prentice Hall. New Jersey, E.E. U.U. 1996. p. 254.

Otros conceptos vinculados al análisis de redes son los de accesibilidad y centralidad que examinan la estructura espacial de los componentes de una red, es decir, las asociaciones entre los vértices o nodos y sus enlaces o bien el papel de los primeros en términos de sus funciones y su accesibilidad respecto al resto de la red.

²⁰ Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E. Geography of Transportation. Op. Cit. p. 253.

Entre los índices de accesibilidad destaca el de Shimbél, el cual corresponde a la suma de las distancias entre cada vértice y todos los demás. Esta distancia se obtiene a partir de la matriz de recorridos mínimos, que permite conocer la carga de cada uno de los arcos a partir de las veces que éstos son utilizados para acceder, por el camino mínimo, al conjunto de los vértices de la red. Los que cuentan con mayor carga son los que jerarquizan el territorio y suelen coincidir con valores reales, por ejemplo los tramos carreteros que registran los mayores volúmenes de tránsito.²¹

Otro índice que representa resultados similares a los del índice de Shimbél en cuanto a la jerarquización de los vértices (Figura 9), es el Índice de accesibilidad topológica relativa elaborado por Stutz:²²

$$\frac{A_y - A_*}{A^* - A_*} \times 100$$

A_y Valor de accesibilidad topológica absoluta de cada vértice

A* Valor mínimo de Shimbél de la red considerada

A^{*} Valor máximo

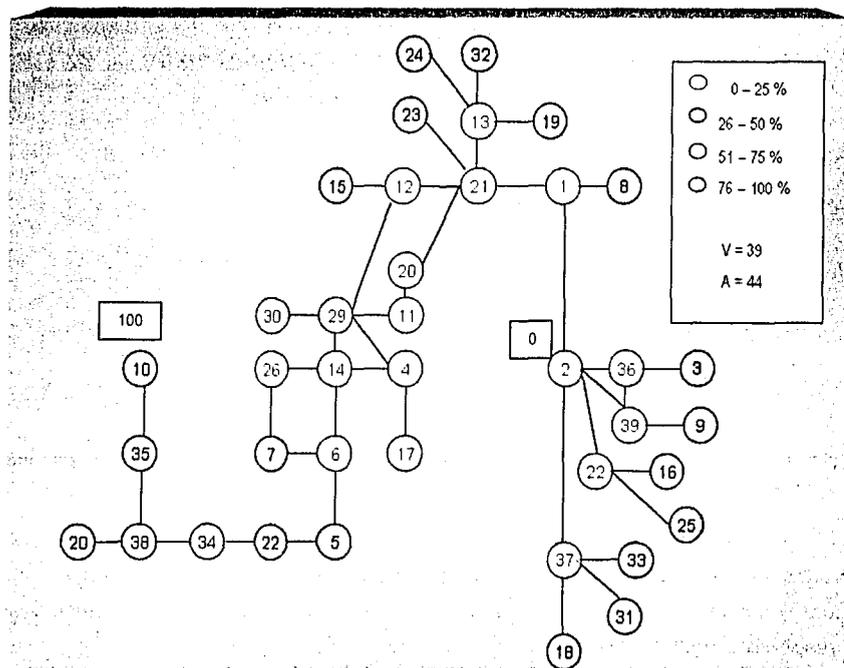


Figura 9. Accesibilidad relativa de una red de transporte público. Donde 0 corresponde al nodo más accesible y 100 al de menor accesibilidad

Fuente: Caso tomado de Seguí Pons, J. y Petrus Bey, J. Geografía de redes y sistemas de transporte. Ed. Síntesis. Colección Espacios y Sociedades. Serie general núm. 16. Universidad Complutense de Madrid. España. p. 56.

²¹ Seguí Pons, J. y Petrus Bey, J. Geografía de redes y sistemas de transporte. Op. cit. pp. 55 - 56.

²² *Ibid.*, p. 58.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La matriz de distancias topológicas también permite obtener la distancia de todos los vértices de la red con relación a un punto determinado, así como el trazado de líneas con el mismo nivel de accesibilidad (isoaccesibilidad) respecto a esos puntos específicos.

Los arcos, por su parte, pueden ponderarse en función de la jerarquía del vértice que enlazan, del tipo de ruta a la que se asimilan o del tipo de flujo a que dan lugar.

Las distancias topológicas atribuyen a cada arco el valor de la unidad y sirven para la comparación de redes en abstracto. Las distancias más usadas en los estudios de redes son las de longitud de la red y las de tiempo de recorrido de la misma, siendo ambas complementarias y necesarias para la elaboración de las matrices de recorridos mínimos.

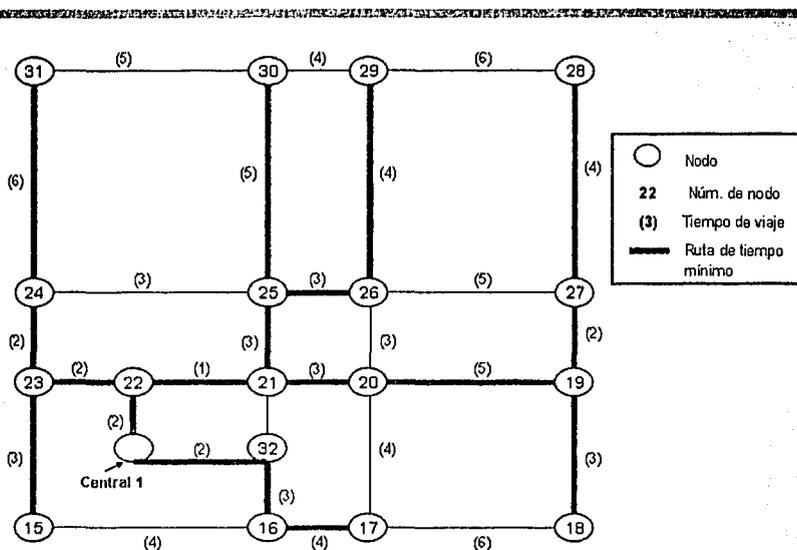


Figura 10. Cálculo de rutas por el método del tiempo mínimo

Fuente: Lane, Powell y Smith, citado en Seguí Pons, J. y Petrus Bey, J. Geografía de redes y sistemas de transporte. Ed. Síntesis. Colección Espacios y Sociedades. Serie general núm. 16. Universidad Complutense de Madrid. España. p. 59.

Estas matrices de longitudes y tiempos mínimos pueden obtenerse automáticamente, mediante algoritmos de cálculo, a partir de la introducción de los valores de los arcos entre vértices adyacentes y son de gran utilidad para la evaluación e identificación de deficiencias en las redes, además de que permiten obtener otros indicadores como: la centralidad espacial media, que

COPIA CON
DEL ORIGINAL

establece la posición de los vértices de la red en relación con la distribución espacial existente entre éstos y las carreteras, y la centralidad temporal media, así como cartografiar los tiempos de recorrido (isocronas) por medio de las cuales es posible apreciar las dificultades de acceso a un punto, así como su proximidad o lejanía en tiempo desde un lugar de la red respecto a todos los demás.²³

El cálculo de indicadores como los señalados permite detectar problemas derivados de la morfología de la red, así como de su integración al sistema socioeconómico al que sirve, de manera que sus resultados ayudan por ejemplo, a mejorar la localización de equipamientos y servicios con el propósito de extender y hacer más eficiente la cobertura territorial de los mismos.

"La forma en que cada área geográfica configura sus redes refleja el grado de desarrollo económico y de interacción socio-espacial que cada una ha alcanzado.

Seguí Pons, J. y Petrus Bey, J. Geografía de redes y sistemas de transporte, p. 64.

En el caso del presente estudio, los análisis morfológicos de la red proporcionan información útil relacionada con la organización del sistema de transporte que sustenta, así como del espacio socio-económico que atiende; sentido en el que incluso, algunos de estos índices podrían considerarse también, como parte de los indicadores de vulnerabilidad social.

En relación con los objetivos del concepto "vulnerabilidad de la infraestructura carretera" los resultados de estos análisis ayudan a identificar tanto a las partes estratégicas de la red, como a determinar la condición de vulnerabilidad de la red carretera en su conjunto.

Respecto al segundo grupo de información enlistado en el Cuadro 2 se debe mencionar que su propósito es el de indagar desde los métodos del análisis geográfico, cuál es la cobertura territorial de una red en términos, ya no de su estructura ni de su forma, sino del número de localidades enlazadas, así como del número de habitantes comunicados (Figuras 11, 12, 13 y 14).

Por otra parte, y dado que entre las funciones del transporte, la económica²⁴ es de enorme importancia y trascendencia, se consideró relevante establecer alguna asociación entre presencia

²³ Ibid, pp. 58 – 60.

²⁴ La función económica del transporte consiste esencialmente en posibilitar la realización del proceso económico, al permitir el desplazamiento físico de los elementos fundamentales que intervienen en éste: las personas y las mercancías. El Transporte genera utilidad en lugar, tiempo y calidad; en otras palabras los bienes económicos adquieren, gracias a él, valor en espacio y tiempo. Si bien el transporte no transforma las características físicas de un producto, su contribución al valor

de caminos y algún dato que aluda a la importancia económica de un área geográfica. La variable elegida correspondió entonces, al Producto Interno Bruto (PIB), en virtud de tratarse de información que refleja en forma amplia la relevancia económica de un espacio. El indicador correspondiente puede establecerse en torno a la relación entre longitud de carreteras pavimentadas y el PIB a nivel municipal, por ser éste el nivel mínimo de agregación de la información disponible.

En relación al propósito de los presentes análisis, los resultados de este conjunto de información contribuyen a la determinación de la condición de vulnerabilidad de la infraestructura debido a que, entre más localidades enlace una carretera o más población comunique ésta, más vulnerable y estratégica será, de manera que en caso de sufrir algún daño, mayor será el impacto del **no servicio**.

En el mismo sentido, los tramos carreteros que comuniquen espacios con valores más altos de PIB serán también los que representen a las partes estratégicas y más vulnerables de la red; caso similar al de aquellos tramos por los que circulen los mayores valores de la carga transportada.

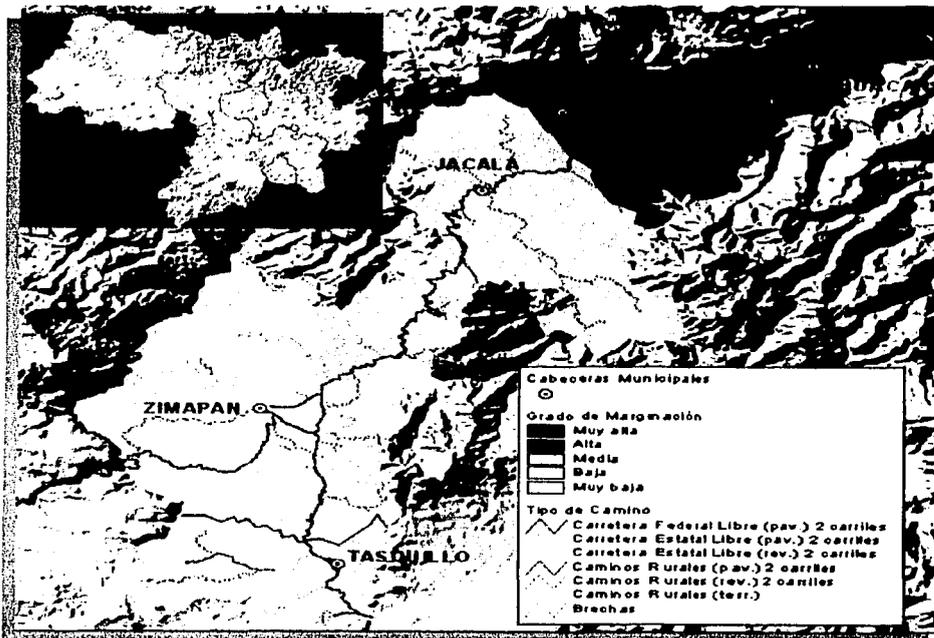


Figura 11. Ubicación del tramo carretero en análisis.

TEST CON
FALLA DE ORIGEN

TEST CON
FALLA DE ORIGEN

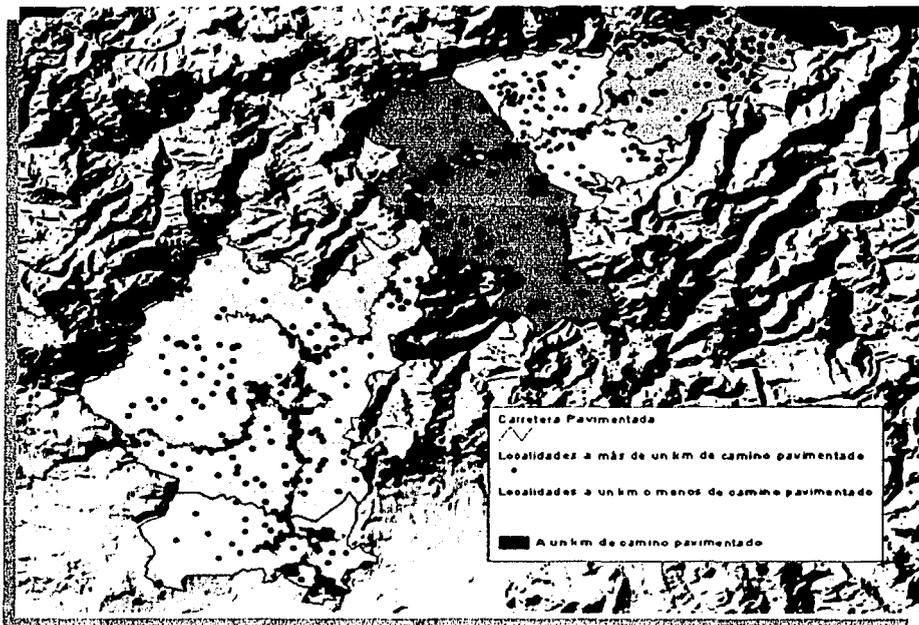


Figura 12. Localidades situadas a menos de un kilómetro de caminos pavimentados

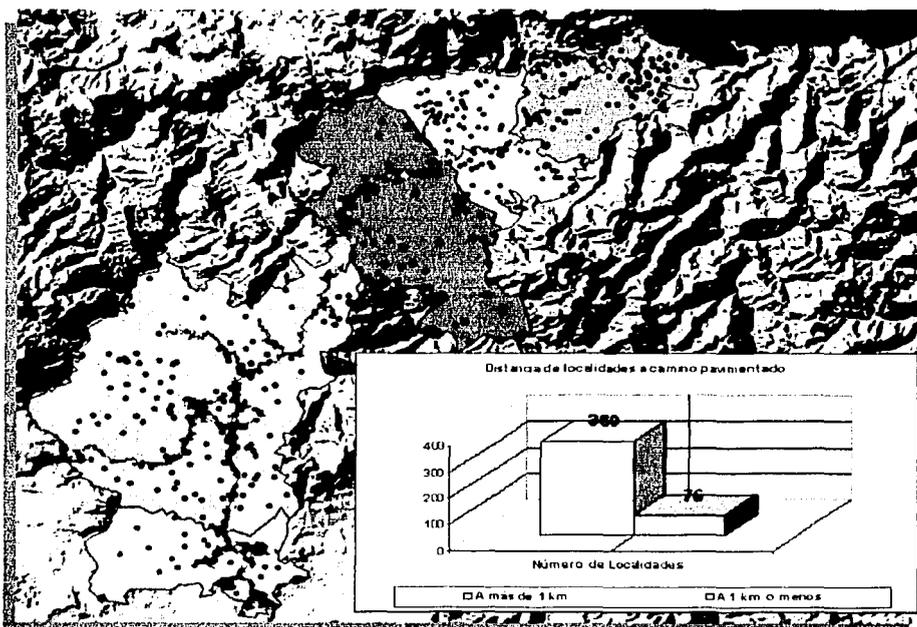


Figura 13. Relación de localidades del área comunicadas por caminos pavimentados

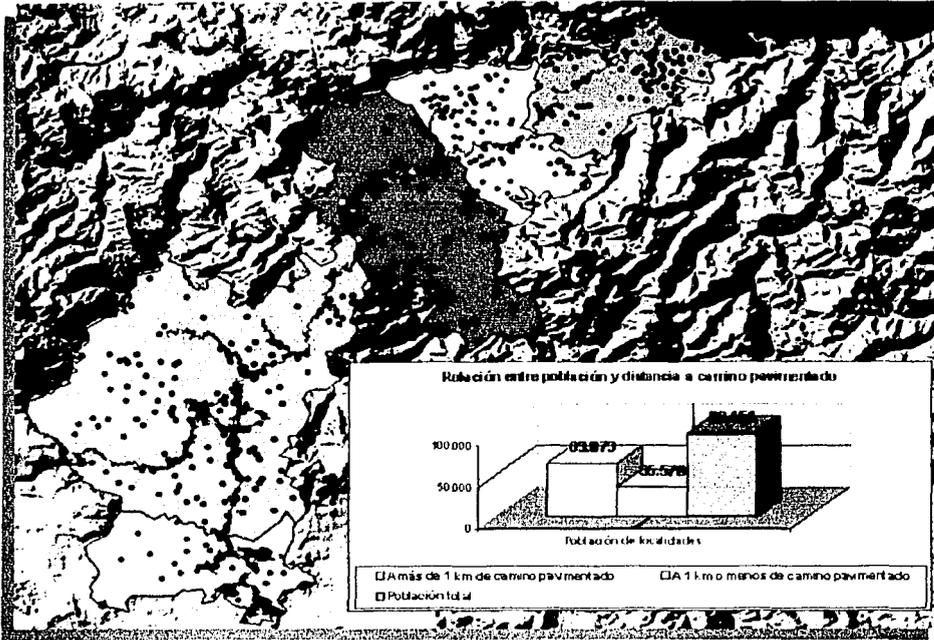


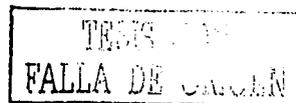
Figura 14. Población comunicada por caminos pavimentados

En virtud de la importancia de la función económica del transporte y de los efectos del **no servicio** en caso de daños a la infraestructura carretera, se considero conveniente hacer referencia a la "Metodología de estimación económica" adaptada al caso de España, a partir de los conceptos desarrollados en el "Master Plan for California, 1973" y expuesta en el informe "Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España"; la cual fue aplicada por el Dr. Díaz Pineda al caso específico de la vulnerabilidad de las carreteras ante peligros geológicos.¹

Dicha metodología se basa en el análisis de la casuística de los riesgos y daños ocurridos, proyectando las pérdidas según distintas hipótesis para un período de años elegido. Los datos, así como la secuencia de trabajo y los índices que la metodología busca calcular se detallan en la Figura 13, donde se plantea como primer requisito la necesidad de los datos relativos al peligro, la población afectable y el período de análisis; en segundo término los datos históricos de los eventos ocurridos y sus consecuencias; para posteriormente determinar la gravedad de los eventos a partir de clasificarlos según su potencial de peligrosidad.²

¹ Díaz Pineda, J. "Introducción al problema de la vulnerabilidad de las infraestructuras de carreteras". En *Carreteras*. Revista Técnica de la Asociación Española de la Carretera. 4ª época, núm. 106. Enero - Febrero de 2000, pp. 26 - 28.

² 0- Sin información o no clasificado, 1 - peligrosidad nula o inexistente, 2- peligrosidad baja, 3 - moderada y 4 alta.



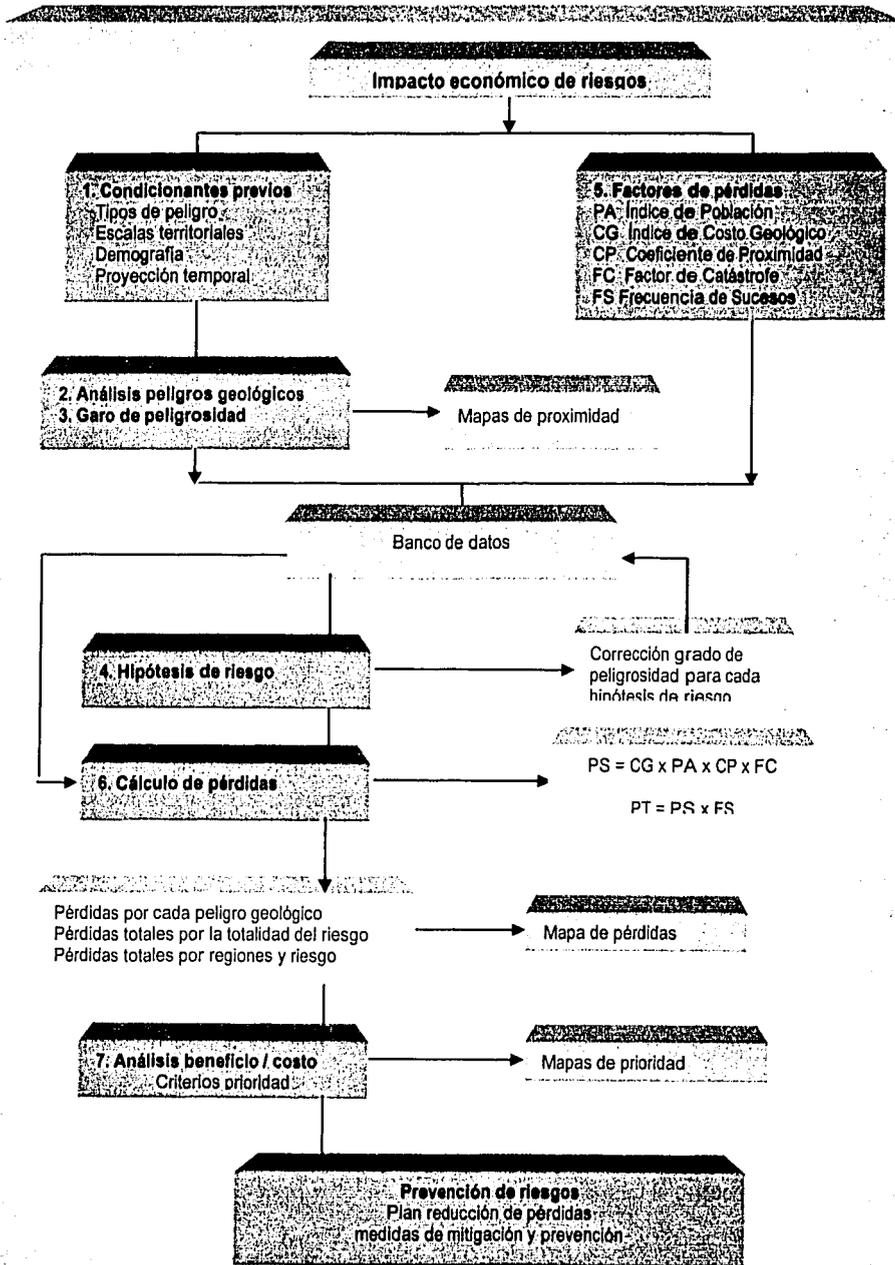


Figura 13. Díaz Pineda, J. "Introducción al problema de la vulnerabilidad de las infraestructuras de carreteras". En Carreteras. Revista Técnica de la Asociación Española de la Carretera. 4^º época, núm. 106. Enero - Febrero de 2000. p. 26

Con base en el análisis de la información anterior se diseñan los mapas de peligrosidad de la zona y se da inicio a la estimación del riesgo previsto, para luego estimar los "Factores de Pérdida":

Índice de Población (PA).- Población residente por área determinada (el territorio se divide en celdas uniformes).

Índice de Costo (CG).- Cuantifica las pérdidas económicas por suceso y persona en función del grado de peligrosidad de los eventos considerados.

Coefficiente de Proximidad (CP).- Mide el alcance que el riesgo presenta ante una población determinada.

Factor de Catástrofe (FC).- Refleja el poder destructivo que tendría un riesgo determinado, así como las consecuencias que tendría para la población.

Frecuencia de Sucesos (FS).- Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno determinado.

Con toda la información hasta aquí recabada, procesada y generada se conforma un banco de datos a partir del cual es posible calcular las pérdidas derivadas de cada suceso:

$$PS = CG \times PA \times CP \times FC$$

para finalmente calcular el valor de *Pérdidas Totales (PT)*:

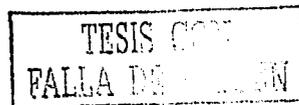
$$PT = PS \times FS$$

y lograr con todos estos cálculos e hipótesis:

- o Determinar los costos por pérdidas totales según tipo de peligro (inundación, sismo, actividad volcánica, corrimiento de tierras, etc.).
- o Diferenciar espacialmente las *condiciones de vulnerabilidad*.
- o Clasificar los riesgos de acuerdo a los costos generados.

Volviendo a la información considerada como necesaria para identificar las partes estratégicas de una red de caminos o la vulnerabilidad de ésta (Cuadro 2), las características físicas de la infraestructura, así como las condiciones de operación de la misma, constituyen dos conjuntos de insumos por demás imprescindibles. El primero, en virtud de que establece las capacidades de funcionamiento del sistema de transporte, y el segundo, porque expresa la situación de operación real del mismo.

Siendo el análisis geográfico, reiteramos, el recurso que permite concretar la tarea y cumplir con el propósito del análisis de vulnerabilidad de la infraestructura carretera.



Capítulo V. Instrumentos de análisis y representación geográfica de utilidad para la Gestión de Desastres

Dado que el análisis espacial es uno de los componentes del modelo de gestión aquí propuesto, detallar la utilidad y los aportes de sus principales herramientas de trabajo resulta necesario, particularmente cuando uno de sus objetivos es precisamente su materialización en un sistema informático de manejo, consulta y análisis de información geográfica.

1. Los modelos cartográficos

Del mismo modo que la palabra hablada o escrita permite a la humanidad expresar sus puntos de vista y comunicarse, un mapa nos permite ampliar nuestro rango de visión, y observar y entender las relaciones espaciales que existen en grandes áreas o los detalles de pequeños territorios. Un mapa es más que una representación a escala de la realidad. Es un cuidadoso instrumento diseñado para registrar, calcular, desplegar, analizar y en general entender las relaciones espaciales existentes entre los objetos representados. No obstante su principal función es la visualización de los objetos.
Robinson, A., Sale, R. et. al. Elements of Cartography, 1984. p. 4.

Como medios de comunicación y expresiones gráficas de lo que ocurre en un territorio a través del tiempo, la información que se despliega en un modelo cartográfico potencia la capacidad informativa de los datos representados, lo que los convierte en una muy útil herramienta para el mejor conocimiento de un territorio y una mayor comprensión de los procesos que en él se desarrollan; en este caso particular, por ejemplo, de las amenazas naturales o de la conformación de situaciones de riesgo. De manera que en un mapa es posible expresar y sintetizar el resultado de investigaciones científicas detalladas, así como representar éstos de manera que sean comprensibles, tanto para los conocedores del tema, como para los niveles no especializados.

El mapa es un modelo de la realidad y en manos de un buen geógrafo, es un vehículo para expresar y comunicar sus procedimientos científicos. Si sobre la base del modelo inicial, el mapa, el geógrafo es capaz de expresar gráficamente su propio modelo de interpretación, se habrá avanzado significativamente en el proceso de hacer llegar el mensaje a otras ciencias y a la sociedad en general.

Córdoba y Ordóñez, J. "Geografía y Cartografía: reflexiones sobre el estatus científico de una simbiosis necesaria", 2001, p. 47

Los principales aportes de la representación cartográfica se resumen en:

- La posibilidad de precisar la localización geográfica del evento o proceso en estudio.

COPIA
DE ORIGEN

- La observación de los patrones de distribución.
- El establecimiento de la tendencia de distribución (en tiempo y espacio) que sigue un proceso.
- Posibilidad fundamental de realizar procesos de análisis espacial.

De esa comprensión que se alcanza a través de la visualización del comportamiento territorial de un hecho o fenómeno en estudio, derivan las significativas ventajas de su utilización; tales como, el incremento de la capacidad de análisis, el profundizar en el entendimiento de un problema, a la vez que ayudan a plantear y a guiar intervenciones más pertinentes, cuando así es requerido. El empleo de modelos cartográficos por tanto, no es un recurso privativo de los especialistas en manejo territorial, incluso dada su utilidad, éstos están ampliando sus fronteras e incrementando considerablemente el número de usuarios, particularmente a raíz de la revolución tecnológica que ha experimentado la cartografía.

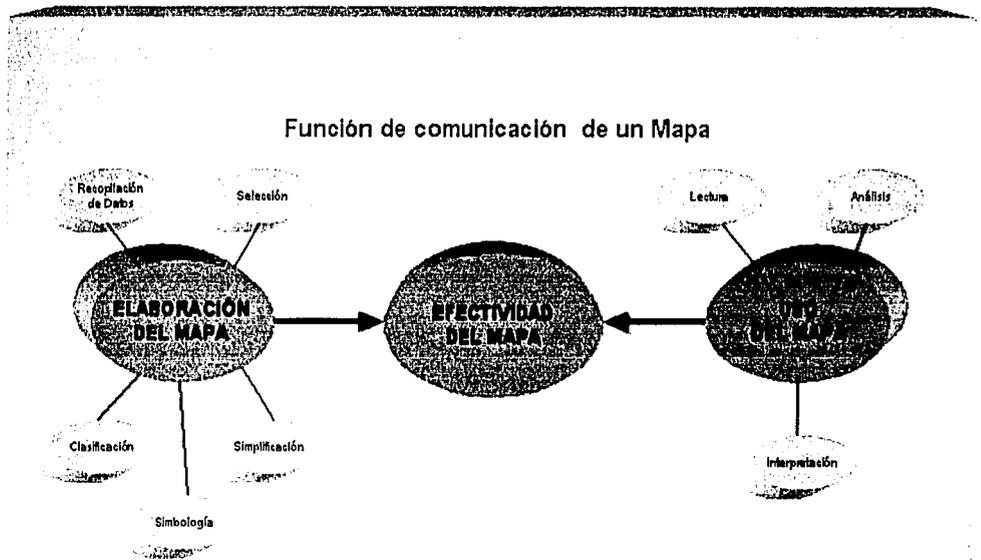


Figura 1. Características básicas de la función de comunicación del material cartográfico. Como quehacer primordial de la cartografía, la comunicación efectiva se logra a través de la utilización del mapa.

Fuente: Robinson, A., Sale, R., et. al. *Elements of Cartography*. Wiley and Sons. Estados Unidos de Norteamérica, 1984. p. 16.

Aún cuando las ventajas de utilización del material cartográfico, como fuente de información y/o medio de representación de resultados de trabajo, son indiscutibles e incluso, dentro de lo que Cardona denomina "*Enfoque de las ciencias aplicadas*", el uso amplio de modelos cartográficos se destaca como parte significativa de esta etapa de desarrollo en la comprensión de la *Gestión de Desastres*.¹, los registros históricos relacionados con la atención del problema no dan cuenta amplia del empleo de estos instrumentos.

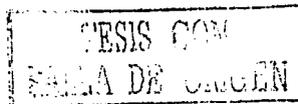
Los primeros Atlas de Riesgos de que se tiene registro en el país fueron elaborados por la Dirección General de Prevención y Atención de Emergencias Urbanas de la SAHOP durante 1979 y 1981 y se circunscribían a zonas urbanas. Posteriormente en 1991, la Secretaría de Gobernación editó el Atlas Nacional de Riesgos y de 1992 a 1995 se elaboraron alrededor de 23 Atlas Estatales, siendo los primeros, los correspondientes al Distrito Federal, Baja California, Chiapas, Michoacán y Sonora. Asimismo en el transcurso del decenio de los 90's, el esfuerzo por identificar y ubicar riesgos permeó hasta el nivel municipal, por lo que distintos municipios del país disponían de estos recursos de información. En últimas fechas la significación del problema ha multiplicado los esfuerzos y de entre todos ellos cabe destacar la nueva edición del Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, titulado "Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México" por ser en cierto sentido, el compendio de trabajo de poco más de diez años de labor del Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Por otra parte, es importante subrayar que si bien el material cartográfico es de suma utilidad, no se debe perder de vista, como es en el caso de la *Gestión de Riesgos* que son un buen recurso de información, pero que por sí solos y en sí mismos no resuelven nada, menos aún cuando no tienen la calidad debida, lo cual inutiliza sus ventajas, distorsiona su utilidad y hasta puede llegar a entorpecer las acciones a realizar.

El manejo y elaboración del material cartográfico no esta exento de riesgos, de manera que es necesario tomar siempre precauciones, tanto cuando se usan como material de consulta, como cuando son usados como parte del proceso de trabajo y/o expresan los resultados del mismo. Entre los aspectos a cuidar sobresalen:

- Necesidad de objetivos claros de lo que se quiere representar y a quien va dirigido.
- Manejo adecuado de escalas de representación.

¹ "Disciplinas como la geografía, la planificación urbana, la economía y la gestión del medio ambiente, entre otras, ...fortalecieron este enfoque de los desastres... Se empezaron a producir de manera más frecuente "mapas" con la participación de geólogos, ingenieros geotecnistas, hidrólogos, etc., quienes aportaron insumos para la identificación de zonas de peligro o amenaza, según el área de influencia de los fenómenos naturales". Cardona A., O. "La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la Gestión". Artículo y ponencia para International Work-Conference on Vulnerability in Disaster. Theory and Practice. En Disaster Studies of Wageningen University and Research Centre. Holanda 2001.



- Como medio de comunicación, su elaboración debe cuidar la calidad de la información, el procesamiento de los datos y las formas de representación.
- Claridad en los conceptos subyacentes, ya que influyen directamente en la calidad del mapa.

1.1 Uso del material cartográfico en la Gestión de Desastres

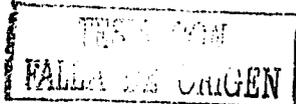
La cartografía de peligros, está mucho más concentrada en los procesos físicos subyacentes, no obstante, la buena geografía nunca pregunta dónde, sin preguntar también, por qué.
Mark Monmonier. Cartographies of Danger, 1997.

Las ventajas de visualización y análisis del material cartográfico se han impuesto y es cada vez más común, que como parte de los proyectos de prevención y mitigación, se preparen mapas diversos, bien para identificar áreas con presencia de amenazas o con el fin de establecer restricciones, por ejemplo, en materia de uso del suelo, para sugerir la ejecución de intervenciones de carácter estructural en las edificaciones. Sin embargo, ligados al problema de la imprecisión de conceptos en materia de *Gestión de Desastres*, al que se ha hecho referencia en apartados precedentes, se observan también inexactitudes en las definiciones de lo que son los mapas de riesgos, de amenazas y de vulnerabilidades; respecto a lo cual se cita por ejemplo, el trabajo de CONAPO "Población, fenómenos naturales, riesgos y desastres", en donde se menciona que: "La necesidad de incorporar las diferentes dimensiones relevantes en la generación de situaciones de riesgo llevó a un grupo de expertos sobre desastres de Naciones Unidas a la elaboración de una propuesta global, que contemple una serie de riesgos específicos desagregados (según sus distintas amenazas y vulnerabilidades específicas) y la cantidad de elementos en riesgo.

Esta visión integradora ha requerido por una parte, de la elaboración cuidadosa de los llamados mapas de riesgo, que en realidad son mapas de amenazas, los cuales identifican procesos peligrosos como erupciones volcánicas, derrumbes, aludes, inundaciones y hundimientos, entre otros. Esta información al articularla con datos sobre las características físico-geográficas de las regiones, permite identificar el posible alcance territorial de cada tipo de amenaza. Sin embargo, únicamente cuando esta información se relaciona con un abanico suficientemente amplio de vulnerabilidades internas, se está hablando efectivamente de mapas de riesgo. El volumen, la dinámica, la composición y la distribución de la población son elementos fundamentales que requieren ser integrados en la construcción de los mapas de riesgo."²

Los mapas de riesgo constituyen el escenario de la distribución espacial de los efectos potenciales que puede causar un evento de una intensidad definida sobre un área geográfica, de acuerdo con

² CONAPO. "Población, fenómenos naturales, riesgos y desastres". en La situación demográfica de México. México, 2000. pp. 190 -191.



el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto. Estos mapas, en consecuencia, no sólo son de fundamental importancia para la planificación de la intervención a través de los planes de desarrollo, sino también para la elaboración de los planes de contingencia. Es importante anotar que un plan operativo elaborado con base en un mapa de riesgo es más eficiente que si se realiza en ausencia de la imagen del escenario donde se registran los efectos potenciales, dado que éste último permite definir procedimientos de respuesta más precisos para atender a la población en caso de desastre.³

Para prevenir o mitigar los efectos de los desastres es necesario en primer lugar conocer la amenaza y ubicarla geográficamente con el propósito de analizar la vulnerabilidad del entorno y posteriormente preparar los mapas de riesgo. A partir de los cuales es posible:

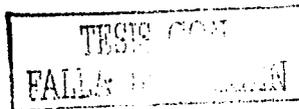
- Adoptar medidas de orden legal para el ordenamiento urbano y la planeación del desarrollo en general.
- Poner en práctica consideraciones especiales para el diseño de nuevas edificaciones y el reforzamiento y mejoramiento de las existentes.
- Construir obras de ingeniería para limitar los efectos destructivos.
- En casos extremos, como medida de prevención, puede decidirse la reubicación total o parcial de un asentamiento humano.

No obstante lo anterior, es conveniente una precisión apoyados en un señalamiento de Lavell, "... los mapas de amenazas, los de riesgos y los de vulnerabilidad, tan de moda hoy en día, no constituyen en sí mismos, medidas de prevención o de mitigación. Son instrumentos técnicos o insumos que informan acerca de posibles actividades de prevención y mitigación. Representan sistematizaciones de conocimiento sobre la realidad, pero no actúan de forma directa sobre la misma. Su incorporación a la prevención y a la mitigación depende de los mecanismos a través de los cuales el conocimiento generado se incorpora a las prácticas concretas de los actores sociales, los cuales promueven e implementan actividades de mitigación y prevención *per se*."⁴

Por otra parte, además debe tomarse muy en cuenta, que la elaboración de mapas nos enfrenta ahora a la necesidad de contar con mapas de vulnerabilidad y mapas de riesgo, en donde la concepción dinámica del problema debe ser considerada y resuelta, "... la noción de que el riesgo es dinámico y cambiante y que los tradicionales mapas de riesgo utilizados para captar su

³ Cardona A. Omar D. "Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la Planeación del desarrollo". En La Red. Los desastres no son naturales. Maskrey, A. compilador. ITDG. Lima, 1993. Documento consultado en: <http://osso.univalle.edu.co/tmp/lared/public/libros>

⁴ Lavell, A. "La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría" En Estado, Sociedad y Gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido. Allan Lavell y Eduardo Franco, editores. La Red - FLACSO - ITDG-Perú. Perú, 1996.



existencia, muestran grandes fallas y requieren ser dinamizados con la participación amplia de la población misma sujeta al riesgo".⁵

La elaboración de un mapa no debe ser un objetivo en si mismo, sino más bien la generación de "un instrumento eficaz" para la planificación del desarrollo y para la formulación de actividades de preparación institucional y comunitaria en materia de prevención y mitigación de desastres.

Organización Panamericana de la Salud. "Hacia un mundo más seguro frente a los desastres naturales."

En este contexto los Sistemas de Información Geográfica (SIG) resultan una muy apropiada herramienta de trabajo, al permitir: una actualización rápida de la información, la incorporación flexible de datos provenientes de fuentes diversas y facilitar la construcción de escenarios posibles a través del manejo de las variables clave, lo que favorece y agiliza la disposición de un panorama actualizado y un monitoreo constante de la situación en estudio.

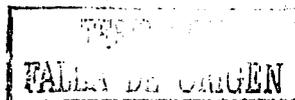
Un ejemplo del uso de SIG's en el manejo de las diferentes fases del ciclo de los desastres, incluyendo prevención y mitigación, es el denominado Sistema Integrado de Información para Emergencias (SIE) de la Comisión Nacional de Emergencias de Costa Rica. Este sistema apoya dos ejes básicos en el proceso de planificación: el "Atlas de Amenazas Naturales y Antropogénicas del Territorio Nacional" y el "Inventario de Recursos Estratégicos para la Preparación, Respuesta y Rehabilitación ante Desastres", dirigidos a autoridades de gobiernos locales y público en general.

"Ya sea previniendo, respondiendo o mitigando los efectos de daños causados por el hombre o la naturaleza, los SIG son una invaluable herramienta para todos aquellos organismos encargados de la seguridad de las comunidades", dice Jack Dangermond,⁶ quien refiere además, otros ejemplos de uso de los SIG, en el análisis de riesgos y de respuestas en caso de emergencia. "Cuando un desastre ocurre, mapas precisos son esenciales para ayudar a guiar el rescate, la ayuda y las operaciones de reconstrucción".⁷ Bajo esta premisa, ESRI en coordinación con el United States Geological Survey (USGS), apoyaron con sus conocimientos, experiencia y capacidad tecnológica,

⁵ Lavell, A. "Desastres durante una Década: Lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990 - 1999)" FLACSO y LA RED. Artículo publicado en Anuario Política y Social de América Latina, núm. 3, 2000 Secretaría General de la FLACSO, p. 21. Tomado de la página de La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. (<http://www.desenredando.org>).

⁶ Director de ESRI, una de las principales empresas desarrolladoras de Sistemas de Información Geográfica comerciales en el mundo (*ArcInfo* y *ArcView*).

⁷ Dangermond, Jack. "Risk Analysis and Response. GIS and Public Safety". *ArcUser* The magazine for ESRI Software Users. Vol. 3, núm. 1, January - march, 2000. California, United States.



el desastre ocurrido en Centroamérica ante el paso del huracán Mitch, elaborando para ello un Atlas de Riesgos de Centroamérica.

Vulnerabilidad y sustentabilidad son dos conceptos claves en materia de riesgos y protección de las comunidades expuestas, frente a lo cual, la posibilidad de crear distintos escenarios factibles, otorgada por un SIG, representa una valiosa oportunidad para la evaluación de las condiciones de vulnerabilidad de una comunidad o región. Razón por la que, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de Estados Unidos (FEMA), concibió y puso en marcha el "Proyecto Impacto" cuya meta es identificar las áreas vulnerables y ayudar a desarrollar cada vez más comunidades sustentables. La protección de las comunidades incluye entre otros aspectos, los relacionados con el mantenimiento de la infraestructura, especialmente de aquella asociada con el apoyo a las emergencias. El SIG del "Proyecto Impacto", denominado "HAZUS", desarrollado también por ESRI es otro ejemplo del uso de estas herramientas, en este caso dirigido a la elaboración de mapas y reportes analíticos que describan las pérdidas potenciales de una comunidad.

Como ejemplo de apoyo a la atención de amenazas a la seguridad pública, se encuentra "CATS" (Consequences Assessment Tool Set) utilizado para apoyar emergencias, contingencias, la elaboración de planes logísticos y el manejo de las consecuencias. CATS se ha empleado para responder en las fases de pre y postdesastre en el caso de 20 huracanes, el terremoto de Northridge, California en 1994 y la *Cumbre del Grupo de los 8* en Denver, Colorado, entre otros.

Caso interesante del apoyo de un SIG en la prevención de riesgos en la infraestructura carretera, lo representa la propuesta del Dr. Díaz Pineda, quien parte del hecho de que ante el aumento de desastres que afectan el territorio español y de la necesidad de fortalecer las acciones preventivas, dada la gravedad de las consecuencias de estos eventos, es conveniente trabajar en el desarrollo de una metodología específica que evalúe la vulnerabilidad de las infraestructuras del territorio español, en función del tipo e intensidad de las catástrofes que tienen mayor probabilidad de ocurrir.

Determina que es fundamental diferenciar "... entre el qué y el dónde, de tal manera que la sistemática que se diseñe posibilite la diferenciación entre el colapso de diez estructuras en un itinerario, y el colapso de una estructura en diez itinerarios".

Díaz Pineda, J. "Desastres Naturales. Riesgos, emergencias y catástrofes". Programa de análisis resistente de las infraestructuras de carreteras a los desastres naturales, 2000.

Ante tales planteamientos, ha concebido una aplicación informática que evalúa la vulnerabilidad del sistema de transporte carretero frente a desastres potenciales, desencadenados por fenómenos naturales. La herramienta de trabajo orientada al apoyo del "Programa de Análisis Resistente" que propone, tiene como sustento las funciones y capacidades de un SIG. De ahí que mediante la aplicación de estas herramientas persiga: evaluar en qué medida un determinado entorno natural puede influir negativamente en la vida útil de una infraestructura, generar perfiles de vulnerabilidad a los distintos peligros naturales, con el fin de arribar en lo posible "al óptimo del diseño de la red carretera de una zona, región o país, en función de la opción que minimice los efectos negativos que en el sistema de transporte carretero provocarían diferentes hipótesis de colapso".

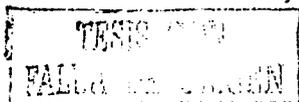
El reconocimiento de la trascendencia y pertinencia de atender el problema de los desastres y asumiendo que la prevención es la clave del mismo, ha llevado a la Asociación Española de Carreteras no sólo a incluir estudios de esta naturaleza, sino también el desarrollo de aplicaciones informáticas dirigidas a apoyar la atención del problema, dentro de los contenidos de investigación del Quinto Programa - Marco de la Unión Europea.

1.2 Las diferentes escalas

*La escala determina la generalización de la información
y en consecuencia, la utilidad de un mapa.*

Otro aspecto muy importante a considerar en el análisis de amenazas y de situaciones de riesgo, desde la perspectiva geográfica que se hace extensivo al análisis del problema por parte de cualquier otra disciplina, es el manejo de las escalas, tanto de representación gráfica, como de las escalas distintas para abordar el problema. Una pequeña reflexión al respecto la plantea Calvo García-Tornel en su trabajo "*Algunas cuestiones sobre Geografía de Riesgos*" donde queda de manifiesto que en el estudio de los riesgos es necesario el manejo de escalas ópticas diferentes. Un fenómeno natural generador de situaciones de riesgo actúa a la escala impuesta por sus parámetros físicos, delimitando así los "territorios de riesgo potencial" que en el caso de inundaciones, se determinan, por ejemplo, mediante cálculos de magnitud y recurrencia, cartografiados sobre una base topográfica. A partir del establecimiento del ámbito físico del fenómeno, todas las investigaciones encaminadas al análisis del impacto social de éste deberán hacerse a escalas distintas, bien mayores o menores. Por su parte, los efectos generados por el riesgo, por las políticas de prevención o sus sucedáneos parecen demandar análisis sobre territorios más extensos.

Al respecto Arguello y Lavell citan: El riesgo es dinámico y cambiante y su expresión más acotada se capta en unidades territoriales y sociales de pequeña escala. Entre más grande es una escala



de medición más se pierde la especificidad del riesgo, producto de la interacción dialéctica y compleja de condiciones físicas particulares y características específicas de vulnerabilidad. Sin embargo, aun cuando el riesgo se expresa más precisamente en el ámbito local o micro social, las causas del riesgo muestran una mucho mayor complejidad y una más basta circunscripción territorial de los actores involucrados. La concatenación de escalas territoriales y de procesos sociales diferentes, en la generación de las condiciones de riesgo que enfrenta la población, hace del riesgo una condición compleja cuya superación requiere de la convergencia y negociación entre actores distintos con circunscripciones territoriales distintas, que van desde lo local hasta lo internacional, y que, agregaríamos nosotros, no debe seguirse ignorando si el objetivo real es hacer frente a la presencia de desastres.

La geografía siempre se ha preciado de ser una disciplina consciente de la utilización de la escala como instrumento de análisis.

El análisis de cualquier objeto requiere del establecimiento de un parámetro de relación para hacer que el objeto sea abarcable y aprehensible por el observador, que éste pueda "ponerlo en foco" y obtener de esa manera el nivel de resolución requerido por su particular óptica de análisis.

"... la escala es una herramienta metodológica antes que una dimensión preestablecida".

Reboratti, C. "La Geografía entre lmites, escalas y fronteras", 2001, p149.

En el mundo actual donde las decisiones extraterritoriales dominantes impactan en la vida de las poblaciones locales, este problema se hace más complejo cada día. Esta interacción de procesos se ve en la forma en que aquellos que derivan de las grandes visiones o ideologías del desarrollo humano conducen a una serie de procesos dinámicos, como lo son el mismo proceso de acumulación, el proceso de urbanización, la dinámica poblacional, y los patrones de utilización del ambiente, los cuales generan a su interior otros procesos que terminan "explicando" en gran parte los grados de exposición y vulnerabilidad que sufre la población en el ámbito local, y en fin el riesgo. Así, para poder explicar, por ejemplo, el riesgo que enfrentan poblaciones pobres habitando las riberas de ríos urbanos no es suficiente explicarlo por su nivel de ingreso y exclusión de los mercados formales de tierra urbana, sin pasar por una larga cadena explicativa que comienza con los grandes modelos de acumulación forjados por los grupos dominantes de la sociedad, los cuales explicarán la exclusión social y la pobreza, la existencia de grandes contingentes de pobres en las

ciudades del mundo subdesarrollado y en fin la ubicación y condiciones sociales de existencia de la población expuesta al riesgo.⁸

Parece razonable que si se trata de conocer la vulnerabilidad de las poblaciones asentadas en áreas de riesgo, el análisis debiera realizarse a la escala de mayor detalle posible, a partir de la referencia proporcionada por los parámetros físicos. En cambio, otros aspectos derivados de situaciones de desastre y que trascienden a territorios más extensos que el propio escenario de la catástrofe demandan escalas bastante menores que las determinadas por el marco natural. Esto no significa que en un mismo ámbito de riesgo los rasgos naturales del fenómeno que lo produce sean homogéneos. Lo que se pretende indicar es que las características del evento catastrófico, y entre ellas su mayor o menor gravedad, dependen más bien de las diferencias en los rasgos de la ocupación humana en el interior de dicho espacio y por otra parte del contexto mucho más amplio en el que la sociedad trata de administrar este tipo de acontecimientos.

"La vulnerabilidad como eje integrador del debate y del análisis sobre los riesgos y desastres, no limita sus alcances a su dimensión sectorial o social, sino que incluye también el plano territorial. Entonces, cuando los procesos que generan la vulnerabilidad pueden tener dimensiones espaciales distintas, desde lo local hasta lo internacional, la vulnerabilidad como tal se expresa en el territorio correspondiente a las pequeñas unidades poblacionales y económicas. Se concreta en esas esferas particulares, y es ahí donde sus efectos son sentidos. Este hecho que da una naturaleza fractal al riesgo y la vulnerabilidad, se ha utilizado para sostener el argumento de que los desastres, denominados de ese modo por su magnitud no dejan de ser, en última instancia, una serie ilimitada de pequeños eventos que afectan de forma diferenciada a comunidades, familias e individuos. Desde allí, el arte del análisis reside en ligar procesos globales de cambio, con las manifestaciones concretas de vulnerabilidad, sentidas en el nivel local. La importancia de estas consideraciones reside no solamente en lo que implican para la intervención en el problema de los desastres, sino también en las opciones y niveles en los cuales deberían ser enfocados los esfuerzos para modificar los procesos de conformación del riesgo".⁹

El cambio de escala no nos hace ver, como se ha afirmado en ocasión de otros objetivos de análisis, problemas diferentes. Más bien proporciona perspectivas distintas que hacen la comprensión del fenómeno mucho más coherente. Incluso el autor de esta reflexión propone que: "... es posible que sea el uso preferente de la escala impuesta por el contexto natural, la principal causa de que el análisis de los riesgos naturales no se desarrolle en toda su potencialidad, y con

⁸ Arguello Rodríguez, M. y Lavell A. "Internacionalización y Globalización: Notas sobre su Incidencia en las Condiciones y Expresiones del Riesgo en América Latina". A publicarse en la revista *Quorum* de la Universidad de Alcalá, España. pp. 3 - 4. Texto tomado de (<http://www.desenredando.org>).

⁹ Lavell, A., *Desastres durante una Década: Lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990-1999)*. Op. cit. pp. 15 - 16.

ello se favorezca la pervivencia de comportamientos estereotipados de incidencia muy negativa: por ejemplo recurrir exclusivamente a la gran infraestructura frente al riesgo de inundación o primar la solidez del edificio ignorando la planificación urbana en el caso de terremotos".¹⁰

El debate sobre la prevención y la mitigación destaca durante los años recientes, la necesidad de fomentar y fortalecer los niveles locales y la participación de la población, así como la discusión sobre el espacio de la causalidad del riesgo y de la vulnerabilidad, a diferencia del espacio del impacto. Dado que los móviles del riesgo se encuentran muchas veces fuera de la jurisdicción de lo local, extendiéndose al plano regional, nacional e internacional, el propósito de complementar los esquemas de intervención y gestión local con la concatenación de políticas de otras escalas, se convierte en una necesidad imperativa. La mitigación de base local solamente puede asumir las características de intervenciones que reducen las amenazas (diques, presas, etc) y en la esfera de la planificación del uso de la tierra y en la organización y el aumento en los mecanismos de ajuste y adaptación. Pero la causalidad ubicada en los procesos económicos y sociales globales, está fuera del alcance de lo local y exige un acercamiento integral y holístico. Significa una vez más que la reducción del riesgo en un sentido permanente, es un objetivo de la política económica y social y no un problema de ajustes al margen, con acciones parciales, muchas veces ingenieriles.¹¹

El manejo simultáneo de visualizaciones del riesgo a escalas distintas, confirma una vez más que se trata de un problema complejo, que exige un cambio de paradigma en la comprensión, que del problema del riesgo y los desastres priva entre los responsables de afrontarlo, si el propósito franco es reducirlo.

Del mismo modo, la construcción de los modelos cartográficos que intentan representar el problema a fin de situarlo, acotarlo y representarlo, no pueden reducirse a la simple ubicación de amenazas, ni siquiera a la sola identificación de vulnerabilidades o a la delimitación de zonas de afectación en caso de desastre, el reto en este campo se sitúa en la capacidad de poder expresar cartográficamente la complejidad de la génesis y dinámica de las "situaciones de riesgo", las cuales son resultado de procesos diversos que operan a escalas territoriales distintas. En este sentido, la elección de escalas adecuadas para el análisis del riesgo y la representación de resultados confirma su importancia; especialmente durante las fases de recopilación y procesamiento del material cartográfico, constituido como fuente que proporciona la información pertinente para la identificación de las condiciones de riesgo en una región.

¹⁰ Calvo García-Tornel, F. "Algunas cuestiones sobre Geografía de los Riesgos". En *Script Nova*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Núm. 10, 15 de nov. de 1997. Universidad de Barcelona, España. (<http://www.ub.es/geocrit>)

¹¹ Lavell, A., Desastres durante una Década: Lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990-1999). Op. cit. p. 28.

"El análisis de cualquier espacio geográfico, de cualquier elemento que interviene en su composición, y de cualquier combinación de procesos que actúan en y sobre el espacio, no deviene inteligible más que si tiene lugar en el interior de un sistema de escalas de magnitud".

Dollfus, O. El espacio geográfico. 1976. p. 23.

Aunque en México son ya muchas las instituciones públicas y privadas generadoras de material cartográfico, del cual una buena parte incluso se encuentra en formato digital, aún enfrentamos problemas, en ocasiones de calidad y actualización, pero fundamentalmente en el detalle de la información. Concretamente en el caso de la información relativa a los peligros naturales promotores de posibles desastres, gran parte corresponde a pequeñas escalas y en cuanto a la información socioeconómica necesaria para los análisis de vulnerabilidad social, ésta exhibe en no pocos casos, altos niveles de agregación geográfica.

De manera que la atención geográfica del problema requiere de recursos diversos de información, tales como imágenes de satélite y encuestas, además de herramientas de trabajo como los Sistemas de Información Geográfica y de Posicionamiento Global que apoyen las tareas de recopilación y procesamiento de la información.

Dados algunos impedimentos como los señalados respecto a la información y en virtud de que la exploración del "problema riesgos" no muestra en el país, grandes avances, ni precisiones, baste revisar la escala (1:16.000.000) de las representaciones cartográficas del "Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana" elaborado por el CENAPRED, la identificación de las condiciones de riesgo en la región de estudio (integrada por el territorio de las entidades de Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y el Estado de México), se efectuarán a nivel de gran visión.

"... el problema de la escala interviene de dos maneras: a nivel de las comparaciones -que es esencial para comprender la generalidad, y en consecuencia la originalidad de un fenómeno o una situación - y a nivel de las transferencias de escalas dentro de un mismo conjunto".

Dollfus, O. El espacio geográfico. 1976. p. 24.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. Los Sistemas de Información Geográfica

Ligados en sus orígenes al manejo de grandes bases de datos y a la cartografía automatizada, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han desbordado esos campos y situado su función en el manejo y análisis de la información que los define. Al respecto, Burrough ¹² ha señalado, los SIG son resultado de la amalgama de desarrollos de cómputo llevados a cabo por diversas disciplinas y técnicas relacionadas con el procesamiento de datos espaciales (cartografía, fotogrametría, tecnología de sensores remotos, geometría computacional, representación gráfica, entre otros). Como herramienta técnica desarrollada en el campo del quehacer geográfico, los SIG han destacado, por el hecho de facilitar las tareas básicas características de la Geografía, análisis, integración y síntesis de los procesos espaciales.

Los SIG son instrumentos tecnológicos de capacidades múltiples, diseñados y habilitados para registrar y almacenar información geográfica, a partir de la cual, desarrollan y ejecutan la serie de funciones de análisis espacial que los distinguen. Son en consecuencia, herramientas útiles a todas aquellas labores relacionadas con la planeación, el ordenamiento y la administración de procesos y actividades con clara presencia territorial.

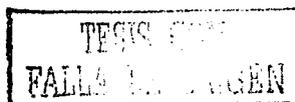
¿Qué es un sistema de Información Geográfica?

Técnicamente se definen como "... una tecnología computacional compuesta por equipo (hardware), programas (software) y datos, empleados para capturar, editar, representar y lo más importante ANALIZAR INFORMACIÓN GEOGRÁFICA..."

Lewis S. Y Fletcher, D., 1991.

La posibilidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de manipular datos geográficos, les permite apoyar el análisis de todo proceso de carácter territorial, examinar sus tendencias y elaborar, si es necesario, proyecciones sobre los mismos; insumos de conocimiento útiles al análisis de procesos sociales y a las tareas de planeación y administración de actividades económicas y funciones de gobierno, como por ejemplo: la distribución de áreas industriales, la ubicación de mercados potenciales, la identificación de nuevas rutas de transporte, de necesidades de mejoramiento de algunas vías o de construcción de nuevos caminos, así como para la dotación de servicios básicos a las comunidades (agua, luz, drenaje, etc.), la organización espacial de los

¹² Burrough, P.A. *Principles of Geographic Information System for Land Resources Assessment*. Oxford University Press. Inglaterra, 1987



servicios de educación y salud, y desde luego para la prevención de desastres y la atención de emergencias.

LOS SIG SON HERRAMIENTAS DISEÑADAS PARA:

- **INVENTARIAR INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**
- **REALIZAR ANÁLISIS ESPACIALES**
- **EXPRESAR CARTOGRÁFICAMENTE LOS RESULTADOS**

ÚTILES EN LAS TAREAS DE:

ORDENAMIENTO Y ADMINISTRACIÓN DEL TERRITORIO Y SUS RECURSOS

"Los SIG son el área común entre el procesamiento de información y la multitud de campos de trabajo que necesitan de técnicas de análisis espacial"

Tomlinson, 1972.

Las definiciones tradicionales describen a los SIG como un conjunto de hardware, software, datos, personas y procedimientos; organizados para capturar, almacenar, actualizar, manejar, analizar y desplegar eficientemente rasgos de información geográficamente referenciada. Una definición más actual y puntual, señala que se trata de sistemas que por medio de computadoras y datos geográficos ayuda a nuestro mejor entendimiento del mundo en que vivimos y nos permite resolver los problemas que diariamente afrontamos.

Aunque a la fecha son utilizados preponderantemente para elaborar mapas, los SIG están concebidos y equipados para hacer mucho más, especialmente en el terreno del análisis geográfico que es su principal fortaleza. A través de estos instrumentos es posible comprender la organización territorial de algún elemento en estudio, actualizar constantemente la información, evaluar la precisión de la misma y desde luego crear nueva información relevante; a fin de profundizar en la comprensión de la dinámica de un lugar, en el entendimiento de la distribución espacial de un fenómeno, para orientar la toma de decisiones o bien para preparar de antemano las condiciones para futuros eventos.

2.1 Componentes de un Sistema de Información Geográfica

Todo SIG se integra por cuatro grupos de elementos:

- **Datos**
- **Equipo (hardware)**

- Programas de operación (software)
- Factor humano y estructura organizacional

2.1.1 Datos

Son el insumo básico, de su calidad, veracidad, cobertura y exactitud, dependerá la eficiencia de la operación y la precisión de los resultados obtenidos. En la conceptualización y organización de los SIG, los datos se clasifican y estructuran en *locacionales* y *no locacionales o atributos* (Figura 2).

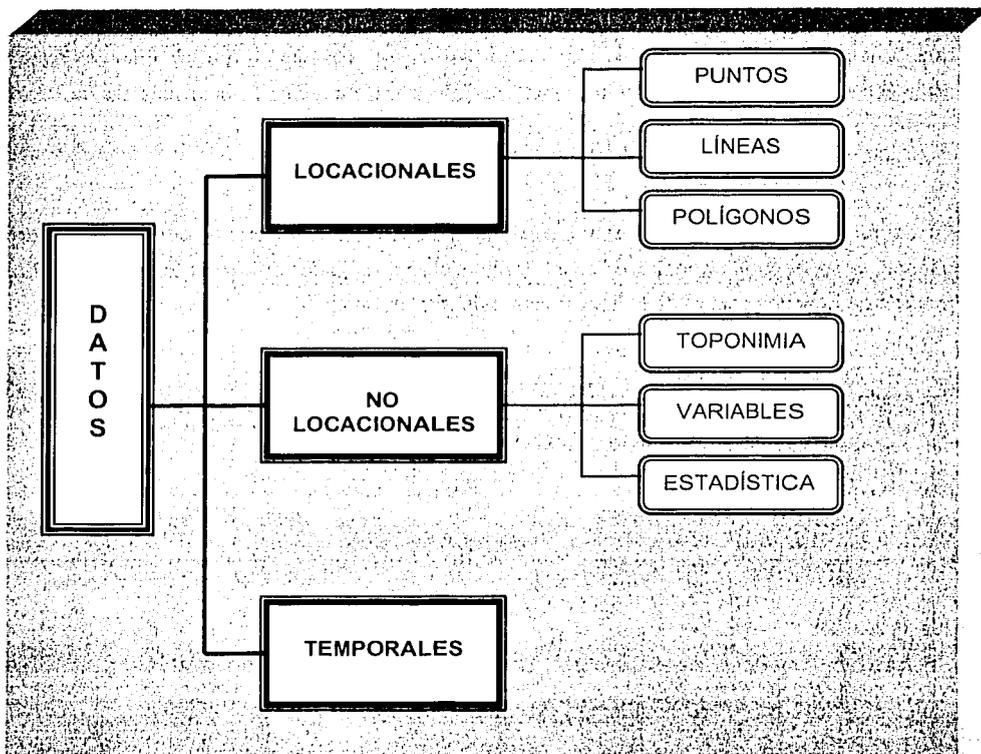


Figura 1. Clasificación y organización de los dentro de un SIG.

Los datos *locacionales* aluden a la ubicación y configuración de entidades individuales en términos de la relación lugar-posición de cada una de ellas y son registrados por el sistema a través de una serie de pares de coordenadas. Gráficamente se representan por medio de puntos, líneas y polígonos, según el rasgo de que se trate, definidos conforme a la serie de coordenadas que los integran.

Los datos **no locacionales** son los elementos descriptivos que aluden a características o variables de las entidades espaciales (nombres, estadísticas censales, valores, referencias técnicas, etc.). El componente temporal es inherente a buena parte de estos datos y es tan importante, que se dice incluso, que los datos manejados por un SIG son tan específicamente espaciales como temporales, afirmando a su vez, que los componentes básicos de la información son: **el tema, la localización y el tiempo**.

Conviene destacar que los **datos locacionales**, además de contar con sus respectivas conexiones de localización están referidos a un sistema de coordenadas que permite representar la ubicación real de las entidades espaciales en la superficie terrestre, utilizando para ello distintos sistemas de proyección cartográfica. Por medio del proceso de transformación de coordenadas, la información almacenada en un SIG acrecienta su valor al alcanzar una nueva categoría, se trata ahora de información con **calidad geográfica**.

La conformación de la base de datos es condición primordial para la operación de todo SIG, constituye de hecho la construcción del propio sistema, cuyo funcionamiento dependerá en buena medida de la organización de la información que lo alimenta.

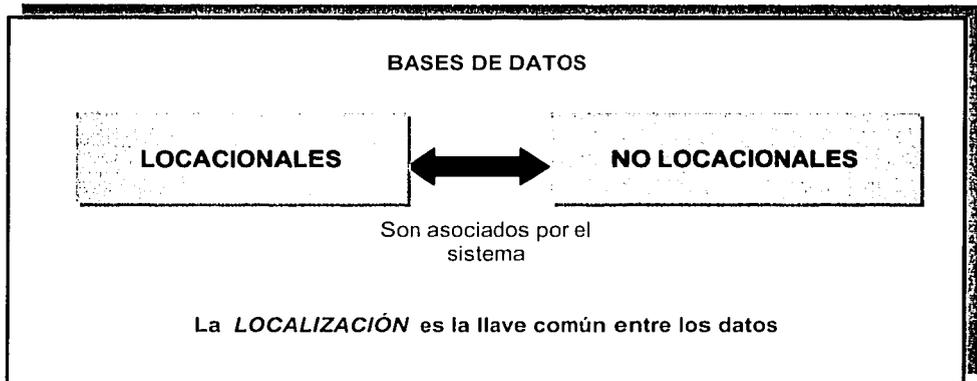


Figura 2. El sistema vincula a través de sus propios mecanismos, los datos locacionales con los no locacionales o atributos.

A este respecto, se debe mencionar que el acopio o generación de datos, en el formato, escala y proyección cartográfica adecuada, suele ser la etapa de mayor consumo de tiempo y costo; El proceso de integración de la información necesaria puede consumir hasta el 85% del costo total de

un proyecto de aplicación de SIG.¹³ Inclusive, cuando las bases de datos han sido completadas, el énfasis se traslada hacia su mantenimiento y actualización, dado el carácter multianual de la mayoría de los proyectos SIG; en estos casos, la administración de la información puede ser todavía más costosa y compleja que el acopio inicial.

Por lo anterior, se afirma que uno de los grandes problemas en la instrumentación de un SIG es la información. El proceso de automatización de datos es tal vez la componente crítica de los proyectos y una buena recomendación en el proceso de conversión de datos y de homogeneización de escalas y proyecciones es tener un buen sistema de control de calidad, dado que la información proviene de fuentes y métodos de captura muy diversos, es decir, de materiales impresos, mapas digitales, datos capturados por medio de receptores GPS (Sistema de Posicionamiento Global, abordados en apartados posteriores), imágenes de satélite, ortofotos, etc.

2.1.1.1 Estructuras de las bases de datos

La estructura es el formato de organización que aloja a las bases de datos traducidas en registros digitales. En el caso de los SIG éstas son de dos tipos, *teselar o raster* y *vectorial* y su utilización depende de las propiedades de la información y del propósito de la aplicación.

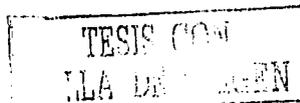
En el formato *teselar o raster*, el espacio geográfico se divide en celdas (teselas) de forma regular, contiguas, indivisibles y mutuamente exclusivas, cuyos límites son independientes del objeto o fenómeno representado y adquiere un valor único por cada atributo. En el formato vectorial, los rasgos del paisaje están representados por conjuntos de pares de coordenadas que describen puntos, líneas y polígonos; los elementos lineales se definen por sus coordenadas de inicio y fin o por algún punto de intersección o nodo, los rasgos superficiales lo hacen a partir de sus líneas de frontera o bordes.

Las características de cada uno de ellos ofrecen ventajas distintas y particulares a los diferentes procesos relacionados con el análisis espacial, por ejemplo, el trabajo con superficies geográficas opera de manera más eficiente bajo una estructura *raster*, no así en el caso de elementos organizados en forma de redes, en donde un SIG de estructura vectorial resulta más eficiente.

2.1.2 Equipo (hardware)

Representa el componente instrumental de los SIG's, cuya operación requiere de equipos con alta velocidad de procesamiento y buena capacidad de almacenamiento de datos.

¹³ Daratech 2000 Geographic Information Systems: Markets and Opportunities. Cambridge, Massachusetts.



Además del equipo central forman parte del hardware, los equipos periféricos que complementan las funciones de los SIG's, tales como impresoras, plotters, mesas digitalizadoras, GPS's y unidades de almacenamiento principalmente.

2.1.3 Programas de operación (software)

Representan a la tecnología de procesamiento de la información. Comprenden la serie de instrucciones necesarias para ejecutar una tarea determinada.

Entre la gran oferta de SIG en el mercado, el software varía en la diversidad y capacidad de sus funciones, no obstante en términos generales se integran por cuatro subsistemas esenciales, con base en los cuales es posible la ejecución de las funciones características de estas herramientas (Figura 4).

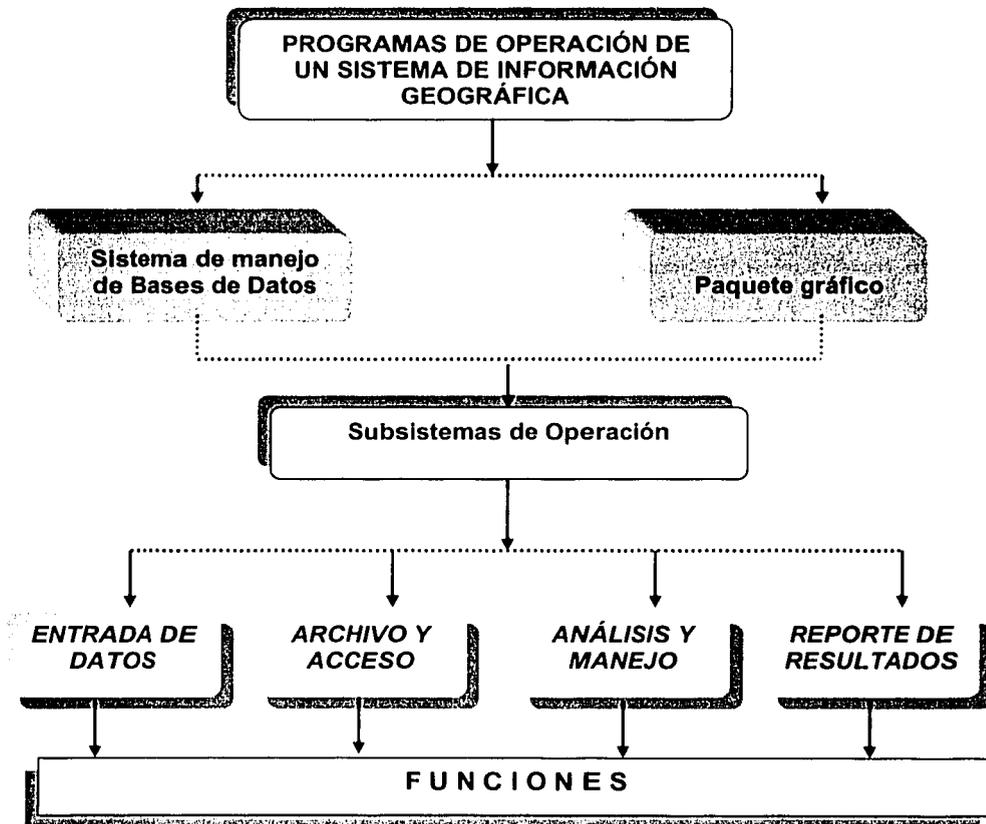


Figura 3. Programas generales de operación de un SIG.

Con el incremento en la diversidad de campos en donde la utilización de los SIG se ha convertido en recurso pertinente de trabajo, nuevas demandas reclaman la sofisticación de sus funciones, casos de la incorporación de programas para el procesamiento de imágenes, mayores capacidades para la transformación de proyecciones cartográficas, más y mejores posibilidades para la elaboración de mapas y visualización de la información espacial en tres dimensiones (3D).

En este sentido, la tabla adjunta muestra a manera de ejemplo, algunos de los softwares más usuales y expone parte de la gran variedad y disponibilidad existente en el mercado, en donde cada SIG varía en términos de su funcionalidad y costo.

Cuadro 1. Principales Sistemas de Información Geográfica

Software	Desarrollador	Costo	Funcionalidad	Características principales
Arc/Info	Environmental Systems Research Institute (ESRI)	Alto	Alta	Modular. Manejo de grandes Volúmenes de datos. Manejo de Información en formato vectorial y raster. Interfaz gráfica mejorada. Altamente flexible. Curva de Aprendizaje lenta. Soportado para plataformas Unix, Windows y Windows NT.
ArcView	Environmental Systems Research Institute (ESRI)	Medio	Alta	Modular. Manejo de grandes volúmenes de datos. Manejo de Información en formato vectorial y raster. Interfaz gráfica muy amigable. Altamente flexible. Curva de Aprendizaje rápida. Soportado para plataformas Unix, Windows y Windows NT.
Genasys	Genasys Inc	Alto	Alta	Plataforma para servicios de localización con terminales móviles. Modular. Manejo de grandes volúmenes de datos en formato vectorial y raster. Excelentes índices espaciales. Aceptable Interfaz gráfica. Curva de aprendizaje lenta. Soportado múltiples plataformas Unix y Windows NT
GeoMedia y Modular GIS Environment (MGE)	Intergraph Corp.	Alto	Alta	Modular. Manejo de grandes volúmenes de datos. Manejo de información en formato vectorial y raster. Buena Interfaz gráfica. Soportado para Windows NT y para las máquinas propietarias de Intergraph con sistema operacional Unix propietario.
Mapinfo	Mapinfo Inc.	Medio	Medio	Muy usado en aplicaciones urbanas para estadística demográfica. Buena interfaz Gráfica. Soportado para Windows.
Erdas Imagine	Erdas Inc.	Alta	Alta	Modular. Es un SIG Raster. Muy usado en procesamiento de imágenes de satélite y radar. Integra datos vectoriales en formato nativo Arc/Info. Excelente Interfaz gráfica. Soportado para Unix y Windows NT
EASI/PACE	PCI Remote Sensing Corp	Alta	Alta	Modular. Es un SIG Raster. Muy usado en procesamiento de imágenes de satélite y radar. Soportado para Unix y Windows NT.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Continúa

Software	Desarrollador	Costo	Funcionalidad	Características principales
Ilwis	International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, ITC	Medio	Medio	Manejo de Información raster. Permite digitalización y cálculo de áreas. Soportado para DOS y Windows.
ArcCAD	Environmental Systems Research Institute (ESRI)	Medio	Medio	SIG Vectorial. Necesita de Autocad. Soportado para DOS y Windows.
PC-Arcinfo	Environmental Systems Research Institute (ESRI)	Medio	Medio	SIG Vectorial. Soportado para DOS y Windows y Windows NT. Modular. Manejo de grandes Volúmenes de datos. Manejo de Información en formato vectorial y raster. Interfaz gráfica mejorada.
Idrisi	Escuela de Geografía de la Universidad de Clark	Bajo	Bajo	SIG raster. Muy usado para educación e investigación en sensores remotos.
GRASS	Armada de los EEUU	Bajo	Bajo	SIG Raster. Fue desarrollado para cumplir funciones muy específicas.

Consigna los paquetes que fueron evaluados para elegir la plataforma de desarrollo del *Sistema de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET)* en el Instituto Mexicano del Transporte.
Fuente: Backhoff P., M. A. El Sistema de Información Geoestadística para el Transporte. Desarrollo y aplicaciones Multitemáticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. UNAM. 2002. p. 18.

Hoy día, más de 100 sistemas o paquetes comerciales se ofrecen en el mercado con las capacidades de un SIG; la empresa de análisis mercadotécnico *Daratech* reportó para el año 2000 que en el mundo entero el valor de la industria SIG (Software, hardware y servicios) alcanzó casi \$7,000 millones de dólares, con un crecimiento anual del 10%.¹⁴

Considerando que una de las características más asombrosas de los SIG, aunque no pocas veces frustrante, es la velocidad de innovación y desarrollo, conviene clasificar el universo de paquetes y programas, de acuerdo a sus funciones y capacidades; en cuyo caso, se pueden distinguir seis tipos principales de SIG (Cuadro 2), y adicionalmente, considerar como tecnologías paralelas a los servidores de bases de datos espaciales y a los sistemas de diseño asistido por computadora, CAD.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¹⁴ Daratech 2000 Geographic Information Systems: Markets and Opportunities. Op. Cit.

Cuadro 2. Tipos distintos de Sistemas de Información Geográfica

Tipos de SIG	Autodesk	ESRI	Intergraph	MapInfo	GE Smallworld
Internet	MapGuide	ArcIMS	GeoMedia Web Map, GeoMedia Web Enterprise	MapXtreme, MapXsite	Smallworld Internet Application Server
Explorador o visualizador	AutoCAD LT	ArcExplorer	GeoMedia Viewer	ProViewer	<i>Por Especificación o Customized</i>
Biblioteca para desarrollo o Component	<i>Incluido en diversos paquetes</i>	MapObjects	<i>Parte de GeoMedia</i>	MapX, MapJ	<i>Parte de Smallworld GIS</i>
Portátil o Hand-held	OnSite	ArcPad	<i>En desarrollo</i>	MapXtend	Scout
SIG de escritorio o Desktop	World	ArcView	GeoMedia	MapInfo professional	Spatial Intelligence
Professional	AutoCAD/World	ArcInfo	GeoMedia Pro	MapInfo professional	Smallworld GIS
Servidor de Bases de Datos	Vision	ArcSDE	Utiliza Oracle Spatial	SpatialWare	<i>Parte de Smallworld GIS</i>
CAD	AutoCAD MAP	ArcCAD	<i>Incluido en diversos paquetes</i>	<i>Incluido en diversos paquetes</i>	<i>Parte de Smallworld GIS</i>

Fuente: Longley, P.A. Geographic Information Systems and Science. Wiley & Sons, England, 2001.

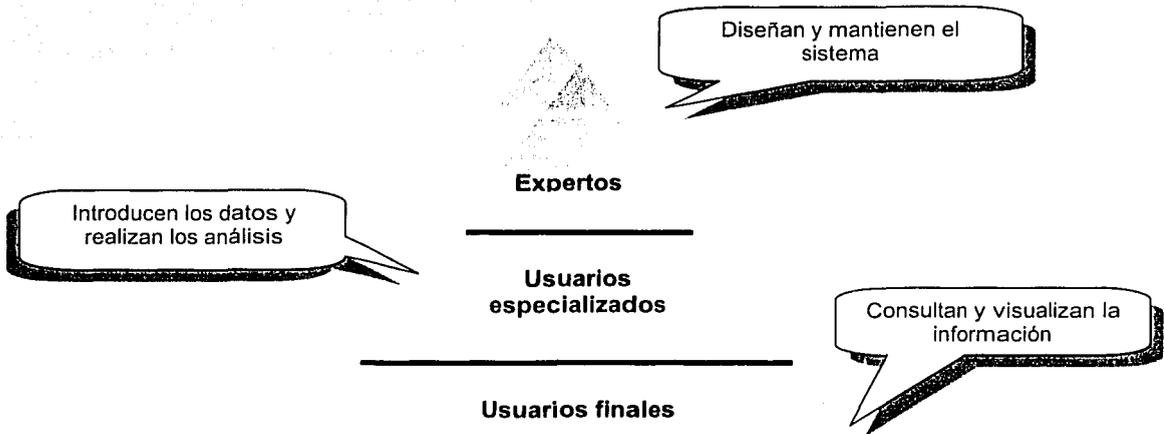
2.1.4 Factor humano y estructura organizacional

"Los integrantes más importantes de un SIG son las personas que lo hacen posible. El nivel de calificación de ellas será más determinante para el éxito o fracaso del sistema que cualquier otra decisión técnica".

Lewis y Fletcher, 1991.

El operador o el usuario deben concebirse como parte del sistema, dado que se requiere de conocimientos claros en ambos casos; por parte del operador, para seleccionar de la caja de herramientas que es un SIG, los instrumentos idóneos para resolver cada problema específico; en tanto que del usuario, conocer con certeza lo que necesita del SIG para alcanzar sus objetivos.

Actualmente y de manera general las personas vinculadas a los SIG's se clasifican en:



García Ortega, M. G., 2003

Figura 4. Recursos humanos vinculados a los SIG's

La adquisición de un SIG por sí sólo no garantiza resultados satisfactorios, si éste no se incorpora plenamente en el contexto de la organización a la que servirá.¹⁵ Es decir, se requiere de mecanismos de interacción entre expertos, usuarios especializados y tomadores de decisiones (que pueden ser en este caso, unos de los usuarios finales), con el propósito de integrar al sistema en la estructura organizacional prevaleciente.

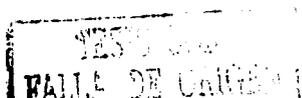
2.2 Subsistemas de operación de los Sistemas de Información Geográfica

Los SIG son por definición sistemas abiertos de entrada, procesamiento y salida de información, cuya particularidad es ser geográfica y aunque existe una gran variedad de programas de operación entre los SIG's, en términos generales, éstos deben cumplir con cuatro subsistemas básicos, que son los que a su vez definen y posibilitan la ejecución de las funciones propias de los Sistemas de Información Geográfica. (Figura 5).

Subsistema de entrada de datos se encarga del acopio, transferencia, verificación y edición de todas las categorías de datos obtenidos de fuentes diversas, así como de su transformación a un formato digital compatible.

Subsistema de archivo y acceso, organiza y estructura los datos de manera que el acceso a la información para su consulta, manejo y análisis sea rápido y eficiente.

¹⁵ Burrough, P.A. Principles of Geographic Information System for Land Resources Assessment. Op. cit.



Subsistema de análisis y manejo, comprende la mayoría de las funciones inherentes a los SIG, tales como: operaciones cartográficas, capacidades para la integración de datos, de análisis estadístico, de registro espacial y de medición de rasgos.

Subsistema de reporte de resultados, corresponde al subsistema de salida, el cual posibilita la presentación gráfica de los resultados de trabajo, bien sea en forma impresa o en formato digital para transferencias computarizadas.

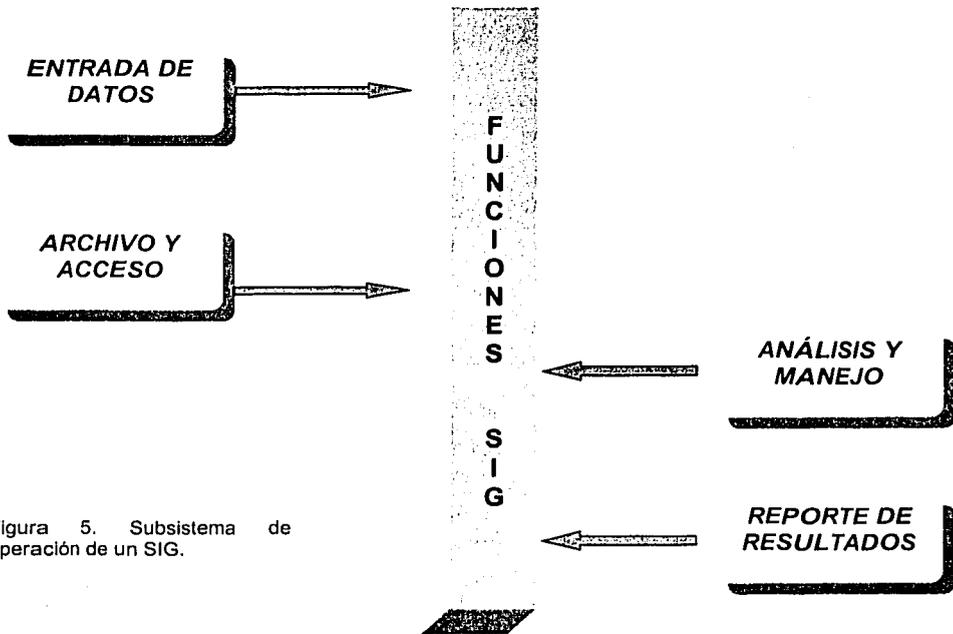


Figura 5. Subsistema de operación de un SIG.

2.3 Características y funciones de los Sistemas de Información Geográfica

Como parte de su diseño y de su filosofía de operación, los SIG se integran por un conjunto de herramientas, que facultadas por las características de procesar y analizar datos en términos de la posición geográfica que ocupan los elementos codificados y de las relaciones topológicas que guardan entre ellos, son capaces de realizar la serie de funciones de análisis espacial que los caracterizan y distinguen.

PRINCIPALES FUNCIONES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

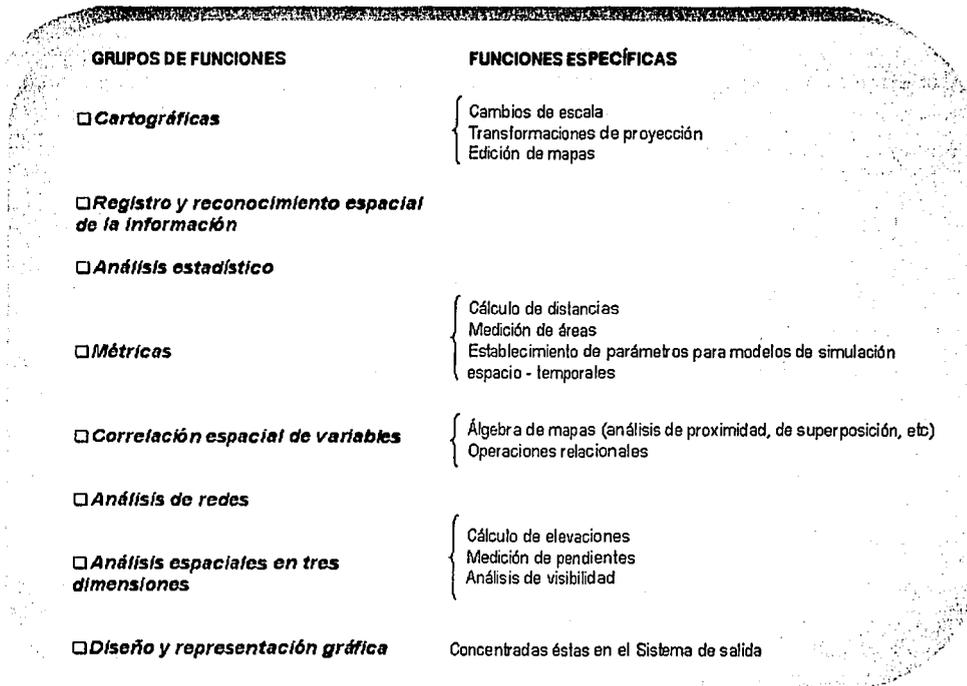


Figura 6. Funciones de un SIG.

2.3.1 Funciones de análisis espacial

Entre las funciones de un SIG, concentradas en buena medida dentro del subsistema de análisis y manejo, destacan en conformidad con los propósitos de estas herramientas, las vinculadas con los procesos de *análisis territorial* de variables.

El análisis de la información espacial ocupa el nivel jerárquico superior dentro de las funciones realizadas por un SIG. Esta circunstancia implica que para su correcto desarrollo se debe disponer de un banco de datos conformado con información georreferenciada, precisa, que sea operativa y significativa, de acuerdo a los objetivos marcados, la cual también deberá encontrarse libre de errores tanto en su componente locacional como temático, de manera que su procesamiento no arrastre desfases e incoherencias que desvirtúen los resultados finales.

Es conveniente, antes de detallar los diferentes procesos de análisis espacial que llevan a cabo los SIG, hacer referencia a las relaciones topológicas de los datos geográficos dentro de estos sistemas. Se trata básicamente de cuatro tipos de relaciones topológicas: adyacencia y proximidad, contención, conectividad e intersección.

Adyacencia y proximidad

Adyacencia es la relación de vecindad entre dos o más entidades geográficas que comparten límites comunes. La relación de adyacencia se presenta entre entidades cuando los rasgos geográficos percibidos como líneas o áreas sean parcial o totalmente contiguos o coincidentes. La relación de proximidad, por su parte, registra los objetos situados en torno al elemento geográfico de interés dentro de un margen determinado de distancia (Figura 7).

Contención

Comprende la localización de entidades geográficas (puntos, líneas, polígonos) dentro de los límites de una entidad de mayores dimensiones (polígono). En otras palabras, cualquier elemento del mapa está ubicado dentro de un polígono, bien sea porque:

- a. El polígono contiene en forma completa otro grupo de elementos puntuales. Por ejemplo las localidades de un municipio.
- b. Objetos contenidos completamente en un polígono. Caso por ejemplo de las áreas erosionadas localizadas al interior de un distrito agrícola.

Conectividad

Es la relación de conectar físicamente entidades geográficas, se presenta cuando existe una intersección planimétrica entre los rasgos involucrados, arcos y nodos. Comprende operaciones relacionadas con la conexión entre las entidades geográficas representadas (Figura 7).

Intersección

Es la relación que existe entre entidades espaciales cuando el total o parte de ellas coinciden en una misma ubicación geográfica y cada entidad o elemento está diferenciado por su propia base de datos geográficos. Esto es, que dos rasgos geográficos comparten al menos un punto o alguna área común (Figura 7).

Relaciones topológicas de los elementos espaciales en un SIG

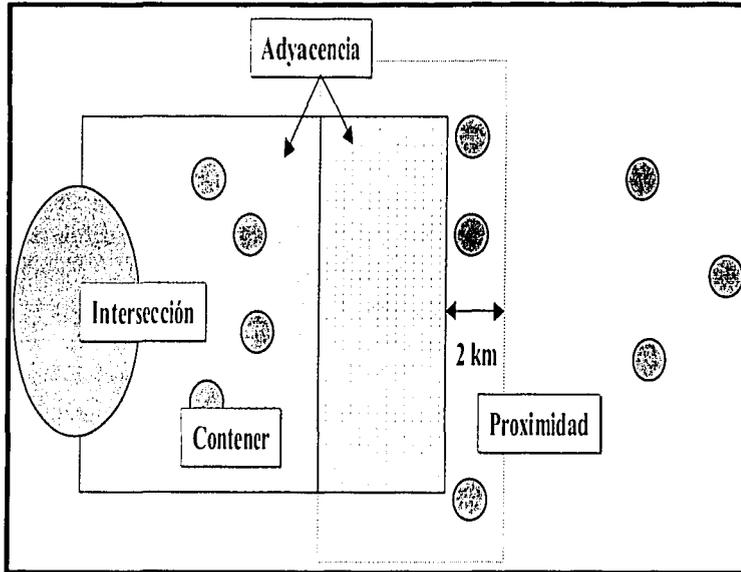


Figura 7. La construcción y existencia de las relaciones topológicas existentes entre los datos locacionales, brinda al sistema la posibilidad de tener un registro explícito de las relaciones espaciales existentes entre dichos datos; condición indispensable para el manejo espacial de la información.

La referencia topológica define las relaciones físicas existentes entre los rasgos geográficos. En un SIG como *ARC/INFO* son tres los conceptos topológicos considerados: conectividad, definición de áreas y adyacencia.

Fuente: Tomado de Backhoff, M. A: Sistema de Información Geoestadística para el Transporte. Desarrollo y aplicaciones Multitemáticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. UNAM. 2002. p. 41.

El análisis espacial dentro de los SIG comprende un conjunto de procedimientos para el manejo de los datos geográficos, cabe señalar que dicho análisis tiene un importante soporte en la estadística espacial, cuyas técnicas han sido heredadas de la estadística descriptiva e inferencial. En este campo, los SIG actuales cuentan con cinco herramientas analíticas primordiales, bajo las cuales realizan su trabajo, se trata de los análisis de: proximidad, superposición, conglomerados, redes y rutas, y de terreno.¹⁶

Análisis de proximidad

En los análisis de proximidad se buscan los objetos situados alrededor del elemento geográfico que se encuentre a una distancia determinada. Puede ser a través de una instrucción con la que se pretenden seleccionar los elementos ubicados a "x" distancia o por medio de la definición de áreas de influencia denominadas "*buffers*", cuyo propósito es delimitar dicha área. La proximidad es entonces, la relación que comparte y al mismo tiempo separa un área de interés, con respecto a una entidad o grupo de entidades representadas en el mismo plano geográfico (Figura 8).

¹⁶ Las descripciones subsiguientes, relativas a las herramientas de análisis espacial de los SIG, se desarrollan con base en Backhoff P., M. A. Sistema de Información Geoestadística para el Transporte. Op. cit. pp. 53 – 58.



Figura 8. Análisis como el del ejemplo (Identificación de riesgos geomorfológicos e hídricos localizados dentro de la zona, definida por la distancia de cinco km a ambos lados de la carretera), son posibles gracias a las funciones de geoprocésamiento realizadas por los SIG, entre las que se encuentra la que determina la relación de proximidad entre diferentes tipos de elementos.

Análisis de superposición

La superposición es la función más utilizada en los SIG, de hecho, la propia estructura de los datos dentro de éstos adopta una organización de coberturas o estratos de información, que conduce a que la superposición sea una propiedad implícita de la naturaleza de estas herramientas, además de que el proceso de superposición engloba prácticamente la totalidad de las funciones de análisis desarrolladas por un SIG.

Este proceso comprende la integración de diferentes capas temáticas de información. La superposición (overlay) puede ser simple, si sólo se emplea para visualización, pero cuando involucra operaciones de análisis es necesario que las coberturas de información se integren físicamente, generando así nueva información gráfica y tabular y estableciendo con ello, nuevas relaciones entre los elementos geográficos.¹⁷ (Figura 9).

¹⁷ Yue-Hong Chou. *Spatial Analysis In Geographic Information Systems*, Onword Press. Santa Fé, United States, 1997, citado por Backhoff P. en *Sistema de Información Geoesestadística para el Transporte*. Op. cit. p. 55.

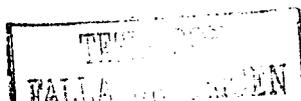




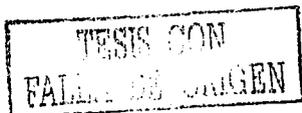
Figura 9. Integración de variables de información por medio del análisis de superposición.
Fuente: Backhoff P., M. A. El Sistema de Información Geoestadística para el Transporte. Desarrollo y aplicaciones Multitemáticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. UNAM. 2002.

La ejecución de los análisis realizados a partir de la superposición de coberturas de información se realiza mediante el uso combinado de operadores matemáticos (adición, sustracción, multiplicación, división y exponentes), y de los operadores *booleanos*, "y", "o", "ni", "no", etc.

Análisis de conglomerados

Es una variante del análisis de proximidad. Opera agrupando los rasgos geográficos a partir de la simple cercanía física o a partir de algún o algunos de los elementos que caracterizan a los objetos geográficos. Los ejemplos clásicos son:

- Distancias mínimas. El SIG agrupa todos los objetos de la misma clase que se encuentren a las distancias establecidas por el usuario.
- Los polígonos de Thiessen, en cuyo procedimiento se establecen las distancias medias entre dos o más puntos, con lo cual se definen los polígonos que delimitan áreas de influencia o de servicio.
- Generación de contornos (countouring). Es el proceso (similar al de Interpolación) empleado para generar contornos mediante isolíneas. Éstos son generados por la conexión de puntos de igual valor a través de líneas imaginarias (Figura 10).



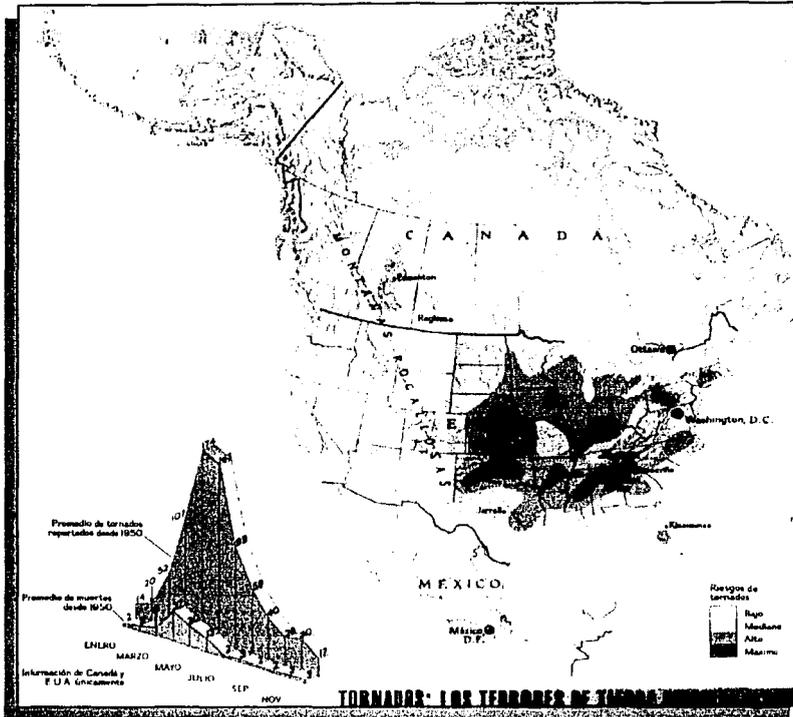


Figura 10. Los contornos tienen como objetivo conformar la representación espacial de una base de datos. Son muy usados en climatología. El ejemplo muestra la definición de la zona afectada por tornados en Norteamérica

Fuente: Parfit, M. "Los Peligros naturales" National Geographic. Vol. 3, núm. 1, julio de 1998. Washington, D.C.

- El análisis gravitacional aplica la base conceptual del *Modelo Gravitacional de Reilly*, el cual establece el nivel de interacción entre nodos o puntos de un sistema. La interacción es directamente proporcional al producto de las masas e inversamente proporcional a la distancia que los separa. Su mejor aplicación se relaciona a la definición de áreas tributarias o de influencia.

Análisis de redes y rutas más cortas

En una red de líneas conectadas (caminos, vías férreas o ríos), los SIG llevan a cabo diversas operaciones a fin de definir rutas posibles, como por ejemplo aquella o aquellas que presenten las menores distancias.

Se agregan atributos a cada línea a fin de caracterizar la red de acuerdo a distintas propiedades (límites de velocidad, condiciones del camino, etc.) y obtener así, las rutas más rápidas, las más

cortas, las menos caras. Este tipo de análisis son útiles a los servicios de emergencia, a los de asignación de tráfico y para la distribución de mercancías, de particular importancia en el caso de la definición de rutas para el transporte de materiales y residuos peligrosos.

Análisis del terreno

En los SIG más complejos o en algunos de sus módulos de procesamiento existen herramientas para realizar, los denominados análisis del terreno. En ellos, el sistema calcula las elevaciones, mide las pendientes y marca límites con base en la topografía. Dicho análisis, se basa en el procesamiento de la información digital correspondiente a las características topográficas (valores x, y, z) de la superficie terrestre, con la que se construyen los modelos digitales del terreno, que a su vez posibilitan la derivación de nuevas variables de información, tales como: orientación, visibilidad, definición de cuencas de drenaje, etc.

Algunas posibilidades de aplicación de estos modelos son:

- **Análisis de láminas de agua de una cuenca.** El SIG determina las elevaciones circundantes más altas y en consecuencia su línea divisoria, con lo que delimita el área que drena una corriente y sus afluentes.
- **Análisis de visibilidad.** Se determina el área que puede ser visualizada desde una ubicación específica, dada la topografía o algunos otros obstáculos en la línea de observación.
- **Pendiente y aspecto.** Algunos SIG incluyen el cálculo del perfil topográfico y determinación de la pendiente (Figura 11), así como la dirección de las caras de las pendientes (aspecto).

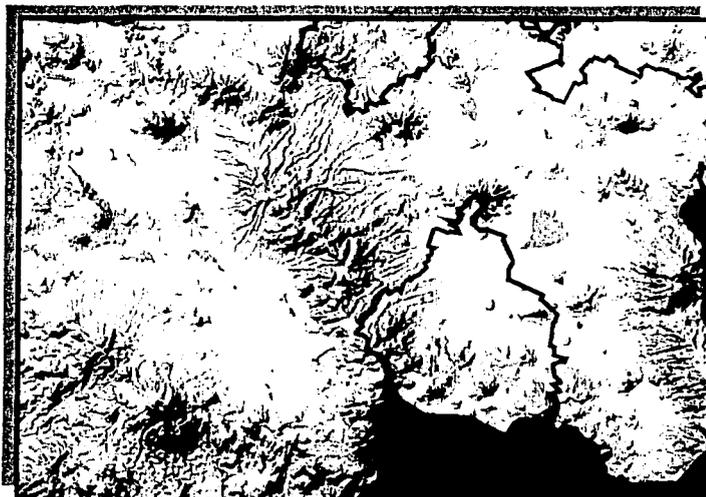


Figura 11. Carta de pendientes del proyecto "Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras". Instituto Mexicano del Transporte, 2002.

Mediante el ejercicio de las funciones para los cuales los SIG's están diseñados es posible responder a distintos cuestionamientos de carácter geográfico (Figura 12), sintetizados en cinco grandes interrogantes, cuatro de las cuales aluden directamente a los principios de la ciencia geográfica y una más, está orientada a las tareas de modelado y simulación de procesos espaciales, que también desempeñan estos sistemas.

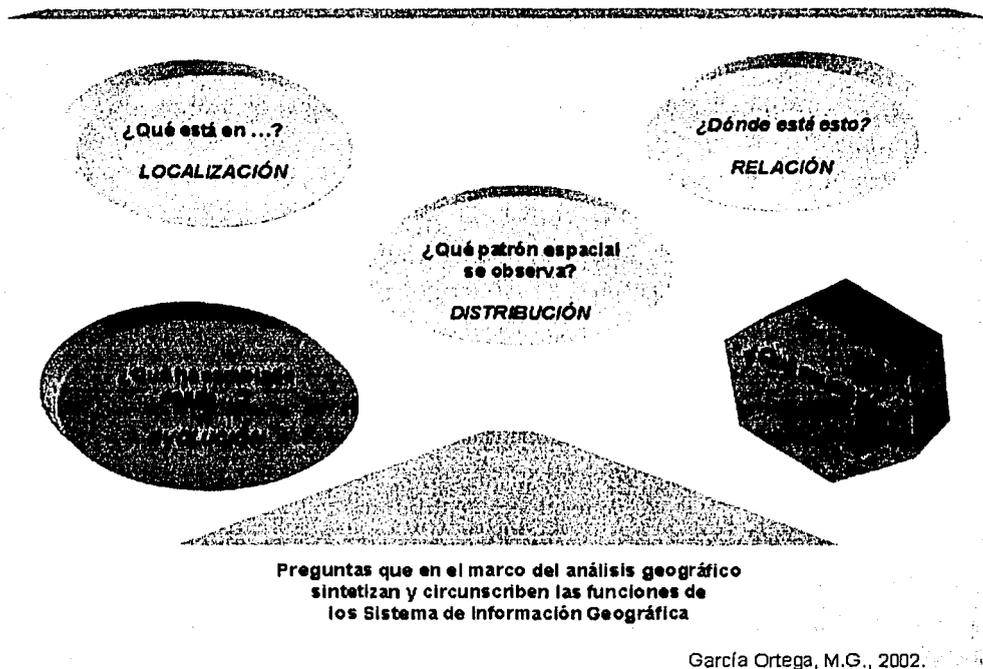


Figura 12. Cuestionamientos geográficos.

Diversos programas computacionales (Dbase o Excell, entre los más conocidos) pueden realizar algunos manejos de información geográfica y responder a preguntas como por ejemplo:

¿Cuántos habitantes residen en los municipios que integran la zona metropolitana de la ciudad de México?

En donde la respuesta no implica el manejo explícito de relaciones espaciales, ni está condicionada por la ubicación geográfica estricta de esos municipios

Pero a diferencia de un SIG, ninguno de ellos es capaz de realizar operaciones espaciales como por ejemplo:

¿Cuál es la población de los municipios pertenecientes a la zona metropolitana de la ciudad de México, donde más del 35% de su PEA se dedica a las actividades primarias y cuál el número de habitantes, donde más del 50% de la PEA municipal se encuentra ocupada en el sector terciario?

Esta respuesta sólo puede ser proporcionada por un SIG.

El campo de utilización de los SIG es tan amplio, como el del quehacer geográfico, de manera que lo mismo es aplicable en materia de servicios a la población, que de actividades económicas, protección del medio ambiente, planeación de uso del suelo, administración de recursos naturales, análisis demográficos o *Gestión de Riesgos*, entre otros.

Entre las ventajas que más se aprecian de estas herramientas, destaca la capacidad de generar escenarios e imágenes adecuados de los fenómenos y hechos en estudio; en otras palabras, el hecho de que son capaces de reflejar los sucesos que tienen lugar en un momento dado, sobre un territorio. "Un mapa con tal grado de relaciones de información alcanza la dimensión de *espacio geográfico virtual*." ¹⁸

En materia de Gestión de Desastres, la característica citada, potencia su atractivo de utilización, ya que a través de las funciones señaladas, el analista puede modelar el *espacio virtual como escenario vivo* de lo que puede ocurrir o está sucediendo, lo cual es de gran importancia para la toma fundamentada de decisiones.

Conviene reflexionar por último brevemente, en el hecho de que si bien, la utilidad de los SIG no enfrenta dudas, su uso cada vez más extendido, sí expone riesgos; uno de éstos, tal vez el más importante, es que se suelen confundir los aspectos conceptuales del quehacer geográfico con la operación de la herramienta tecnológica, de donde se derivan incongruencias como: privilegiar la cuestión técnica por encima de la conceptual y la producción hasta exagerada de nueva información no siempre confiable. El riesgo se sintetiza en consecuencia, en que dentro del

¹⁸ Pérez Santangelo, H. "Catastro y Catástrofes". *Geoinformación*, núm. 3 Enero - Febrero de 1999. Revista sobre Tecnología y Sistemas de Información Espacial Integrada. Argentina.

"Un espacio geográfico virtual, cita, es más que un mapa, más que un informe sobre el estado de las calles, más que una estadística sobre hechos delictivos, y más que su propia imagen geográfica captada por un satélite. Un espacio de estas características es un complejo sistema que supera la mera suma de sus componentes.

proceso de toma de decisiones "... a los SIG se les adjudique un papel decisivo, que rebase el de mero instrumento técnico, casi como si tuvieran vida propia".¹⁹

Lo importante ... es la Geografía

ESRI, 2000.

"Si no existen principios éticos claros (además de los conceptuales) en los actores sociales relacionados con los SIG, no se capturarán los datos relevantes, no se aplicarán los modelos pertinentes, no se utilizarán las unidades territoriales importantes, ni, mucho menos, se socializará la toma de decisiones. Todo quedará en un ejercicio supuestamente preciso, elaborado por expertos y autovalidado por su estructura". De manera que de no reflexionarse sobre el asunto y trabajar para modificar la tendencia, "... una herramienta potencialmente útil puede perder la credibilidad extrema que hoy detenta".²⁰

¹⁹ Bocco, G. Sistemas de información geográfica: ética y concepto. (<http://dgsca.unam.mx/jornada/1999/abr99/990405/cien-bocco.html>).

²⁰ Ibid.

3. El Sistema de Posicionamiento Global

Denominado en forma completa como *Navigation Satellite Timing and Ranging (NAVSTAR) Global Positioning System (GPS)*, el Sistema de Posicionamiento Global como mejor se le conoce (GPS de acuerdo con sus siglas en inglés) es un programa de navegación y posicionamiento basado en el uso de 24 satélites espaciales propiedad del gobierno de Estados Unidos y administrado por el Departamento de Defensa de ese país.²¹

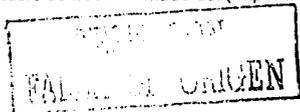
Este sistema fue diseñado al final del período de la "Guerra Fría" con fines estrictamente militares. En la Guerra del Golfo, Estados Unidos sorprendió al mundo con la increíble precisión de sus misiles computarizados. Diez años más tarde, exacerbados sus afanes bélicos, demuestra que ha afinado aún más su puntería, gracias básicamente, al desarrollo de la tecnología GPS. Hoy en día, esta tecnología se ha convertido en uno de los pilares del ejército norteamericano, tanto para los sistemas de guía de armas (el Joint Direct Attack Munition es un ejemplo, se trata de un sistema de guía que crea bombas "inteligentes" capaces de autodirigirse y dar en el blanco con un margen de error de sólo tres metros), como para la ubicación de sus hombres en campo (los miembros de las Fuerzas Especiales, además de rifles con visión térmica, cuentan con un GPS que les muestra su ubicación exacta en todo momento, y que a la vez les permite enviar información vía satélite en tiempo real a su cuartel general en Washington).²²

No obstante lo anterior, con el tiempo el GPS ha extendido su uso hacia aplicaciones civiles, destacando entre las primeras la navegación marítima; de hecho durante los años 80's la Armada de Estados Unidos puso en funcionamiento un Sistema de Navegación basado en las emisiones de un reducido grupo de satélites llamado *SATNAV* antecedente directo del actual Sistema de Posicionamiento Global.

La tecnología GPS se ha constituido en un lapso relativamente breve (alrededor de 10 ó 12 años) en la herramienta más completa para el registro geográfico de los rasgos o elementos presentes en algún lugar del planeta. Utilizada en principio para determinar la localización exacta de un lugar o elemento de la superficie terrestre, proporciona además información sobre tiempo y velocidad de objetos en movimiento, lo que le permite actuar a su vez como un sistema de navegación por radio, razón por lo que la tecnología GPS ha sido adoptada en aplicaciones de transportación terrestre, aviación civil, comercio marítimo, topografía, construcción, minería, agricultura, ciencias geológicas, energía eléctrica, telecomunicaciones y hasta en actividades recreativas.

²¹ Hurn, J. *GPS A guide to the next utility*. Trimble Navigation, USA, 1989.

²² Niezen, C. "La silenciosa revolución del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Señales del Cielo". *PCWorld*. Perú, octubre de 2001. Tomado de: (<http://www.elcomercioperu.com.pe/Pcworld/html/2001>)



3.1 ¿Cómo nace el GPS?

Los intentos por encontrar un método preciso para ubicarse en la Tierra son tan viejos como la civilización, allí están el sextante, la brújula y las estrellas para probarlo. En las últimas décadas del siglo XX, los sistemas de geoposicionamiento habían evolucionado mucho, pero distaban de ser confiables. Uno de los más usados, el *SATNAV* basado en mediciones "doppler" era sensible a pequeños movimientos en el receptor; el sistema Omega, basado en ondas de radio, tenía una precisión limitada y estaba sujeto a la interferencia radial; otros más precisos, como el *Loran*²³, tenían una cobertura limitada, en este caso, a las costas.

En aquellos días cruciales de finales de la Guerra Fría (años 80's), el Departamento de Defensa de Estados Unidos se propuso no seguir dependiendo de sistemas de posicionamiento tan poco fiables por cuestiones de seguridad. La habilidad para dar en los blancos enemigos era una de las variables más importantes en el balance del poder mundial. Pero para poder acertar en el blanco con misiles teledirigidos, era preciso conocer con exactitud la posición de lanzamiento. Eso era fácil para los soviéticos que tenían la mayor parte de sus misiles en tierra, pero no para los estadounidenses, cuyo arsenal nuclear se localizaba principalmente a bordo de submarinos en alta mar, de manera que Estados Unidos necesitaba urgentemente encontrar la manera de que sus submarinos pudiesen fijar su posición exacta en cuestión de minutos.²⁴

3.2 Componentes

Son tres los componentes de funcionamiento de un GPS:

- Segmento del espacio
- Segmento de control
- Segmento del usuario

El primer segmento está conformado por una constelación de satélites artificiales, 21 de ellos activos y 3 más en condición de reserva, uniformemente distribuidos en un total de 6 órbitas, es decir, 4 satélites por órbita, configuración que asegura el poder observare al menos 8 satélites desde casi cualquier punto de la superficie terrestre. Los satélites se localizan a una altitud aproximada de 20,180 km, con una inclinación de 55° (Figura 13) y se mueven en el espacio a una velocidad de 4km/s, lo que les permite recorrer dos órbitas completas cada día (describen un tipo de órbita tal, que "salen" y se "ponen" dos veces al día).

Cada satélite emite una señal de radio en la que transmite no sólo un código pseudoaleatorio con fines de medición de tiempo, sino también un conjunto de datos acerca de su localización orbital exacta y del estado del sistema en su totalidad. Esta señal es extremadamente resistente a la

²³ *Loran* es un sistema de ayuda a la navegación, principalmente marítima.

interferencia producida por el tiempo atmosférico, las señales de radio emitidas por estaciones terrestres y los equipos electrónicos.²⁵



Figura 13. Distribución de los satélites. Esta configuración asegura que puedan verse al menos 8 satélites desde casi cualquier punto de la superficie terrestre.

Fuente: Backhoff, M. A. El Sistema de Información Geostadística para el Transporte. Desarrollo y aplicaciones Multitemáticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. UNAM, 2002 con base en Dana, P. The Geographer's Craft Project. University of Texas. Austin, 1998.

El segmento de control está constituido por 5 estaciones terrestres distribuidas estratégicamente alrededor del mundo a lo largo del Ecuador para monitorear a los satélites y transmitir el denominado mensaje de navegación a fin de que los usuarios logren un empleo total de la información. Este mensaje (transmitido al menos una vez al día) está estructurado en varios segmentos-secuencias que especifican las efemérides o coordenadas espaciales de los satélites, los datos de corrección ionosférica, los datos de corrección del reloj, el almanaque de la constelación (efemérides de baja precisión) y el estado de los satélites. Información que es procesada por la estación maestra para la determinación de los datos orbitales (Figura 14).

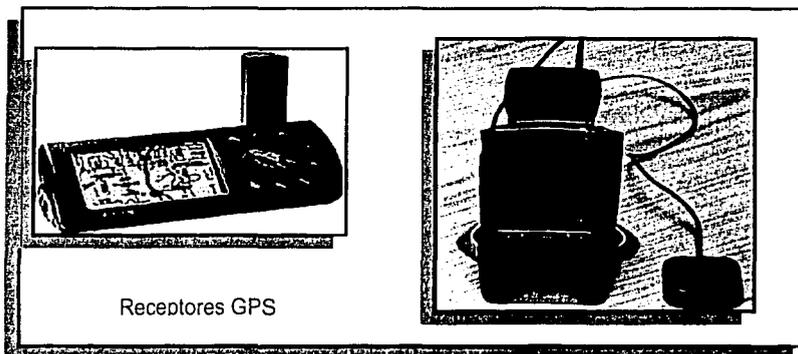
²⁴ Niezen, C. "La silenciosa revolución del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Señales del Cielo". Op. Cit.



Figura 14. Red de estaciones de monitoreo GPS. Las estaciones de control miden las señales procedentes de los satélites y son incorporadas en modelos orbitales para cada uno de ellos. Los modelos calculan datos de ajuste de órbita (efemérides) y correcciones de los relojes de cada satélite. La estación maestra envía las efemérides y correcciones de reloj a cada satélite. Cada satélite envía posteriormente subconjuntos de estas informaciones a los receptores de GPS mediante señales de radio.

Fuente: Backhoff, M. A. El Sistema de Información Geoestadística para el Transporte. Desarrollo y aplicaciones Multitemáticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. UNAM, 2002, con base en Dana, P. The Geographer's Craft Project. University of Austin Texas, 1998.

El último segmento comprende a los usuarios que emplean las señales GPS para distintos fines, bien sean cartográficos, de navegación, investigación, etc. EL funcionamiento de un receptor GPS, (Figura 15) es relativamente sencillo y su función primaria es adquirir señales, recuperar datos orbitales, hacer mediciones de distancias basadas en tiempos (técnica Doppler) y procesar esta información en tiempo real para obtener la posición, velocidad y tiempo del usuario.



Receptores GPS

Figura 15. Constan típicamente de una antena, dispositivos electrónicos para el procesamiento de la señal y un procesador digital.

Fuente: Backhoff, M. A. El Sistema de Información Geoestadística para el Transporte. Desarrollo y Aplicaciones Multitemáticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. UNAM. 2002

3.3 ¿Cómo funciona el Sistema de Posicionamiento Global?

Cada satélite de la constelación GPS emite continuamente dos códigos de datos diferentes en formato digital. Estos datos son transmitidos por medio de señales de radio. Uno de los códigos está reservado para uso exclusivamente militar y no puede ser captado por los receptores civiles de GPS. El otro código, (uso civil) transmite dos series de datos conocidas como: *Almanaque* y *Efemérides*, los datos ofrecidos por éstas informan sobre el estado operativo de cada satélite, su situación orbital, la fecha y la hora. Los satélites están equipados con relojes atómicos que garantizan una precisión casi total ofreciendo un error estimado en un segundo cada 70.000 años.

Los receptores GPS disponen en su memoria del *Almanaque* y las *Efemérides* actualizadas (si no lo están, éstas se actualizan automáticamente cuando el receptor sintoniza las señales emitidas por un mínimo de tres satélites), a fin de saber donde buscar los satélites en el firmamento.

Los satélites transmiten continuamente su situación orbital y la hora exacta. El tiempo transcurrido entre la emisión de los satélites y la recepción de la señal por parte del receptor GPS, se convierte en distancia mediante una simple fórmula aritmética (el tiempo, medido en nanosegundos, que tarda la señal de radio en viajar desde el satélite es multiplicado por la velocidad de la luz). Conociendo las coordenadas espaciales de los satélites en el momento de la observación (información proporcionada en el mensaje de navegación) y determinando la distancia de separación entre el satélite y la antena, es posible calcular las coordenadas de esta última.

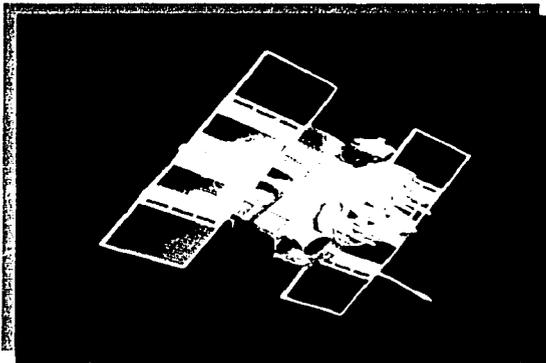


Figura 16. Satélite GPS. Transmite señales de radio a la Tierra con información acerca de su posición y el momento en que emite la señal. Esta información es captada por los receptores GPS, que decodifican las señales enviadas por varios satélites simultáneamente y combinan sus informaciones para calcular su posición en la Tierra, es decir, sus coordenadas de latitud y longitud con una precisión aproximada de 10 metros. Aunque hay receptores más sofisticados que pueden determinar la posición de los objetos o fenómenos con precisiones de milímetros.

Fuente: www.navtech.com

Al captar las señales de un mínimo de tres satélites, por triangulación, el receptor GPS determina la posición que ocupa sobre la superficie de la Tierra mediante el valor de las coordenadas de latitud y longitud (posición en dos dimensiones). La captación de cuatro o más satélites, proporciona además, la altura del receptor con respecto al nivel del mar, con lo cual se obtiene la posición en tres dimensiones (Figura 17). Las coordenadas de posición (pueden expresarse en

grados, minutos y/o segundos o en las unidades de medición utilizadas en otros sistemas geodésicos).²⁶

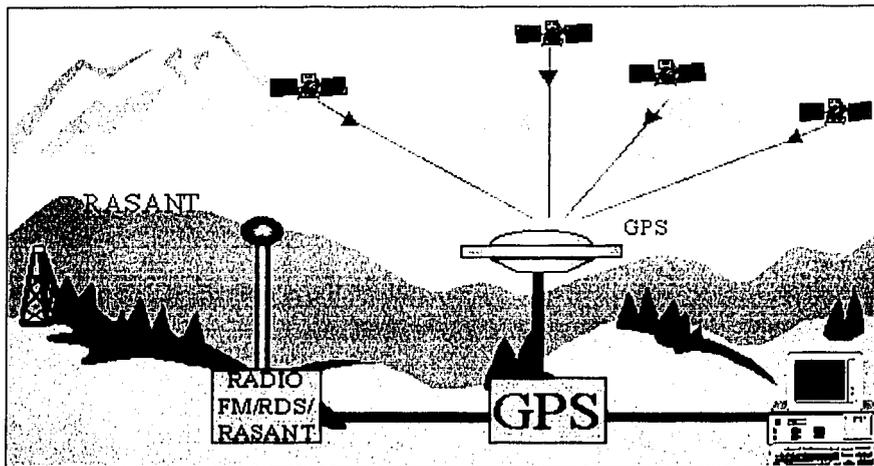


Figura 17. Sistema GPS en el momento de llegada de las señales de cuatro satélites para calcular los parámetros de posición en tres dimensiones (X, Y, Z), velocidad y tiempo (T).

Fuente: <http://www.qsl.net/ce6tra/gps.htm>

El sistema GPS se apoya en un modelo geométrico denominado *Sistema geocéntrico cartesiano*, que es un *datum* geodésico particular, el WGS84 (World Geodetic System, 1984) con un elipsoide específico, cuyo origen hipotético se encuentra en el centro de masa de la Tierra, de manera que los satélites NAVSTAR tienen coordenadas "x, y, z", en este sistema, calculadas por parte del subsistema de control y retransmitidas continuamente como efemérides a los usuarios en el mensaje de navegación.²⁷

²⁶ Texto tomado de: <http://www.qsl.net/ce6tra/gps>.

²⁷ Pinzón, J. Seminario de Generación y actualización de bases de datos GIS con tecnología GPS" (Apuntes). SIGSA. México, 2000. Citado por Backhoff, M. A. El Sistema de Información Geoestadística para el Transporte, Desarrollo y Aplicaciones Multitemáticas. Op. cit. p. 69.

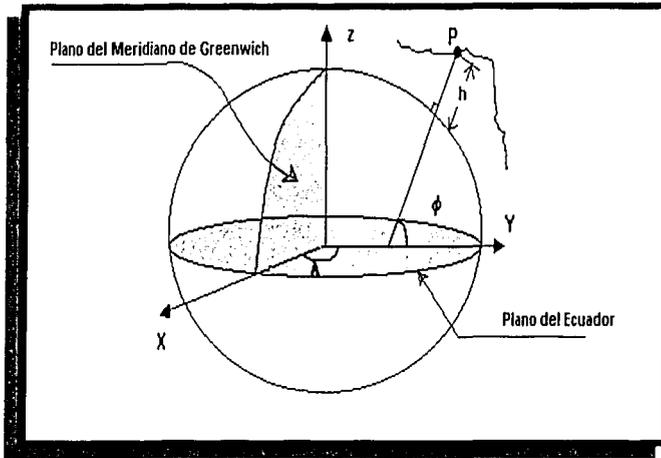


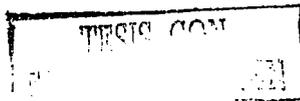
Figura 18. Transformación de coordenadas cartesianas a geodésicas. Cuando el receptor GPS contacta la señal de por lo menos cuatro satélites, calcula las coordenadas "x, y, z" en el Sistema geocéntrico cartesiano y mediante un algoritmo matemático las transforma en coordenadas geodésicas (latitud ϕ , longitud λ y altura sobre el elipsoide h).

Fuente: www.geocentro.com.mx, citado en: Backhoff, M.A. El Sistema de Información Geoestadística para el Transporte, Desarrollo y Aplicaciones Multitemáticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. UNAM, 2002. p.69

Secuencia del funcionamiento del Sistema de Posicionamiento Global

- Paso 1. La Triangulación
 - Distancia a los satélites
 - 4 satélites para 3 dimensiones
- Paso 2. Medición de distancias a los satélites
 - Velocidad de la luz (186,000 millas/seg)
 - Sincronización de los relojes
 - Código común de "pseudo-rango"
- Paso 3. Tiempo de viaje de la señal
 - Reloj atómico en los satélites
 - La clave = 4° satélite
- Paso 4. Parámetros orbitales
 - Monitoreados por el Departamento de Defensa de Estados Unidos
 - Actualización de *Efemérides*
- Paso 5. Corrección de errores y demoras
 - Ionosfera y Troposfera
 - Geometría de los satélites
 - Reflexión por obstáculos

Fuente: Backhoff, M. A. El Sistema de Información Geoestadística para el Transporte, Desarrollo y Aplicaciones Multitemáticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. UNAM, 2002. p.68.



3.3.1 Problemas de funcionamiento del GPS

Existen factores naturales y operativos que introducen errores en la precisión del posicionamiento, entre los cuales destacan, los efectos adversos de la atmósfera terrestre sobre la propagación de la señal del GPS, la geometría de la constelación de satélites, la desviación y reflexión de la señal por diversos cuerpos (como relieve, vegetación y grandes cuerpos de agua), así como la degradación de la señal o "*Disponibilidad selectiva*" introducida intencionalmente hasta antes de mayo de 2000 por el Departamento de Defensa de Estados Unidos y cuya eliminación, por decreto del presidente Clinton incrementó la precisión de los registros.

Otros errores, aunque menores, son los producidos por desajustes en los relojes atómicos de los satélites y en los de los receptores GPS, así como por desviaciones ligeras en las órbitas de los satélites que suelen no ser significativos y sí fácilmente corregibles. De hecho, los satélites actuales disponen de cuatro relojes atómicos, dos de Rubidio y otros dos de Cesio, que ofrecen una estabilidad de frecuencia equivalente a un error de un segundo en 30 000 años.

No obstante, buena parte de los errores introducidos por los factores antes mencionados, principalmente los derivados de la "*Disponibilidad Selectiva*" y los causados por la ionosfera, pueden ser eliminados utilizando la técnica conocida como *GPS Diferencial* ("Diferencial Global Positioning System").²⁸ Dicha técnica se basa en el registro simultáneo de las señales de satélite en dos o más receptores, debido a que las órbitas de los primeros se encuentren a alturas tales, que les permiten que la señal de un mismo satélite puede ser recibida por dos o más receptores en un área de hasta 500 km, lo que significa que los errores causados por la "*Disponibilidad Selectiva*" y la atmósfera son registrados al mismo tiempo.

El posicionamiento diferencial requiere de dos receptores. Uno ubicado en un punto de coordenadas conocidas con gran precisión, comúnmente llamado *estación base* ("reference" o "base station" y el otro situado en el lugar cuyas coordenadas se necesita conocer, denominado *unidad de campo* ("remote" o "field station"). Para efecto de la estimación de la diferencia en las coordenadas, ambas unidades deben registrar, durante el mismo período de tiempo, los datos de posición cuya diferencia sirve como índice para conocer cuál corrección hecha en los registros de la unidad base debe aplicarse a qué registro de los datos de campo²⁹.

Los datos de campo son corregibles si las unidades registran las señales de al menos cuatro satélites y las correcciones pueden ser aplicadas en dos formas: en tiempo real, caso en el que el receptor de campo recibe las correcciones del de base a través de una emisión simultánea de radio; y por medio del post-procesamiento donde los datos registrados por ambas unidades son

²⁸ www.garmin.com/aboutGPS

posteriormente procesados en una computadora, donde se corrigen primero, los datos de la estación base y luego, esas correcciones se aplican a los datos colectados en campo.

3.4 Uso actual del GPS

La diversidad de usos y el incremento de los usuarios avalan el éxito tecnológico y económico de los GPS, de manera que la política de la administración de Estados Unidos es mantener, hasta ahora, sin costo para el usuario el aprovechamiento de las señales GPS, potenciar sus aplicaciones civiles y mantener su carácter militar.

Las aplicaciones se orientan principalmente a la navegación, el desarrollo cartográfico, los deportes recreativos, patrones de tiempo y sistemas de sincronización y aplicaciones diferenciales que requieran mayor precisión.

El uso en la navegación es de los más relevantes, de manera que para el **transporte** el sistema GPS representa una muy útil tecnología de apoyo. La navegación marítima supone un mercado importante, embarcaciones de recreo, pesqueras, mercantes, petroleras, dragas y plataformas petrolíferas son candidatos perfectos al uso del GPS. En cuanto a la navegación aérea, la Administración Federal de Aviación de Estados Unidos (FAA) esta financiando el proyecto WAAS (Wide Area Augmentation System) ³⁰ que busca entre sus objetivos reforzar al sistema GPS; de tener éxito permitirá entre otros: aterrizajes con visibilidad casi nula, vuelos siguiendo la distancia más corta entre dos puntos de la Tierra sin tener que seguir las rutas actuales planteadas por las estaciones terrestres de navegación aérea, además de ser de utilidad para aproximaciones de clase I en Estados Unidos. No obstante, el principal usuario comercial de GPS en el mundo lo constituye la navegación terrestre, entre cuyas aplicaciones se cuentan los sistemas de navegación independiente, los sistemas de seguimiento automático, el control de flotas y la administración de servicios, entre otros. etc. ³¹.

²⁹ www.trimble.com/GPS

³⁰ Niezn, C. "La silenciosa revolución del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Señales del Cielo". Op. cit.

³¹ <http://personal.repositorio.unep.br/jelienza/pps/HISTORIA.htm>

Usos en el Transporte

- **Localizar** ¿Dónde se ubica algún elemento de infraestructura o equipo?
- **Navegar** ¿A dónde se dirige el vehículo?
- **Monitorear** ¿Dónde están las unidades móviles?
- **Cartografiar** ¿Dónde y cómo se distribuyen los componentes de un sistema de transporte?
- **Cronometrar** ¿Cuánto tiempo consumen las operaciones en un trayecto determinado?

Ejemplos: Inventarios de infraestructura, topografía y agrimensura en obras de infraestructura, sistemas de gestión de mantenimiento, sistemas inteligentes de transporte, despacho y control de flotillas, sistemas de información al conductor y controles de navegación, entre otros

Fuente: Backhoff, M. A. El Sistema de Información Geoestadística para el Transporte. Desarrollo y Aplicaciones Multitemáticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. UNAM, 2002. p.71.

En el caso de la *Gestión de Desastres* la tecnología GPS proporciona también considerables beneficios, tanto en las fases pre-desastre al apoyar, entre otras, las labores de monitoreo de los peligros geológicos e hidrometeorológicos identificados en una región; como en las fases posteriores al desastre proporcionando información que ayude a agilizar la atención de la emergencia.

Algunos ejemplos de estos aprovechamientos los brindan casos como el de la región de Seattle en Estados Unidos, donde la instrumentación de estaciones GPS permitió a los científicos alertar y preparar a los servicios de emergencia con relación al sismo de 6.8 grados de magnitud que se registró en febrero de 2001. La detección meses antes, por parte de un grupo de investigadores, de un corrimiento a lo largo de la placa de subducción "Juan de Fuca" sirvió de alerta a la posibilidad de ocurrencia de un futuro sismo.

En Nueva Zelanda, la Comisión de Terremotos, la Fundación de Investigación en Ciencia y Tecnología y el Instituto de Ciencias Geológicas y Nucleares de ese país han colaborado y patrocinado la construcción del denominado proyecto *GeoNet*.

GeoNet es la instrumentación de una moderna red diseñada para monitorear en tiempo real: terremotos, disturbios volcánicos, deformaciones e inestabilidades del terreno, actividad geotermal y maremotos a todo lo largo del territorio neozelandés. Asimismo, a través de *GeoNet* se pretende

contribuir al desarrollo de comunidades más seguras, al propiciar por un lado, la generación de información precisa que ayude a reducir su vulnerabilidad, mediante mejores medidas de planeación y mitigación, y por otro lado, al brindar información que permita responder oportunamente ante situaciones de desastre.³²

Un ejemplo más, lo constituye el uso combinado de las tecnologías SIG y GPS en el inventario y mantenimiento de infraestructura de apoyo, caso de las tomas de agua para combatir incendios en la localidad de Euless, Texas (Figura 19), como parte de los preparativos para la atención en los períodos de emergencia. El uso de GPS's no sólo ha logrado precisar la ubicación de la infraestructura hidráulica en cuestión, sino incluso ha mejorado la imagen de la red de agua de la ciudad y ha ayudado a redistribuir las tomas, entre otros apoyos a las tareas del Departamento de Obras Públicas de la localidad.³³

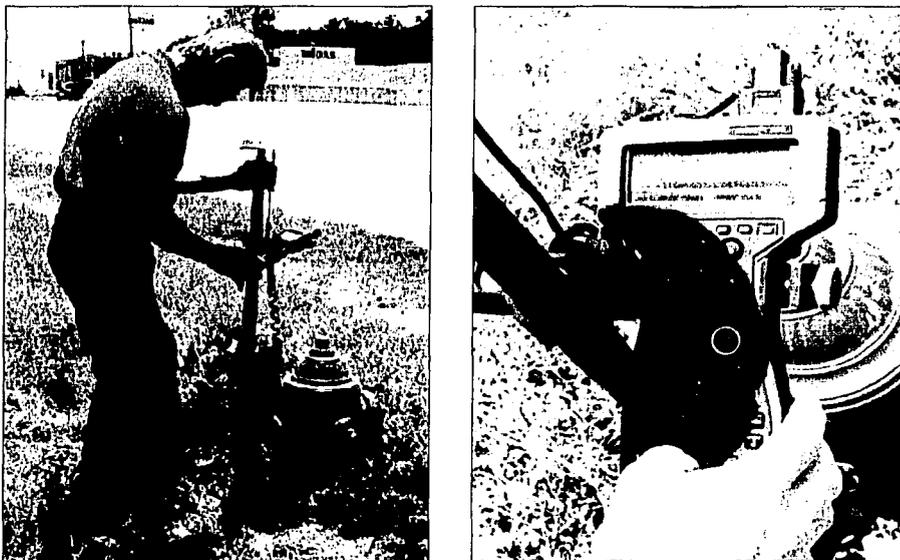


Figura 19. Uso de GPS enara el registro de grifos para el combate de incendios en Euless, Texas.
Fuente: Allen, D. "Fire Hydrant Maintenance. Using GPS and GIS". Pp. 28 – 29. *ArcUser*. Magazine for ESRI Software Users. Vol. 3, núm. 1, January – march, 2000. California, United States.

En el combate a incendios en Cedar City en Utha, Estados Unidos, el Cedar City Interagency Fire Center (CCIFC) ha diseñado un sistema de apoyo sustentado en SIG's y GPS's para agilizar y eficientar la respuesta ante un incendio. Cuando éste ocurre, el CCIFC obtiene el registro GPS del

³² Hugh Cowan. "GeoNet: Monitoring hazards in a new century" pp. 49 – 52. *TEPHRA*. Revista del Ministerio de Defensa Civil y Administración de la Emergencia de Nueva Zelanda. Vol. 19 Junio de 2002.

³³ Allen, D. "Fire Hydrant Maintenance. Using GPS and GIS". Pp. 28 – 29. *ArcUser*. Magazine for ESRI Software Users. Vol. 3, núm. 1, Jánuary – march , 2000. California, United States.

sinistroy y lo confronta con la información almacenada en el SIG, de cuyos análisis se obtienen las respuestas necesarias para establecer el plan de acción.

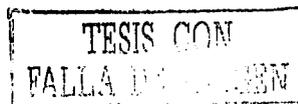
El área cartográfica de la Agencia contra Incendios (Fire Protection Agency) del Condado de Ventura ha creado una serie de adaptaciones (personalizaciones) de las extensiones de ArcView para importar datos GPS recabados por vuelos de exploración en torno a las áreas siniestradas, que combinados con la información del modelo *"Incident Command System symbology"* les brinda la capacidad de generar mapas para combatir el incendio dentro de los 30 minutos posteriores a la captura de la información del suceso.³⁴

De acuerdo con lo expresado en este capítulo, la Geografía, proporciona el marco y las técnicas para la organización e integración de información diversa, relativa a un mismo territorio y procedente de fuentes distintas, representándola a través de sus medios de expresión, los modelos cartográficos. Los SIG por su parte, constituyen el recurso tecnológico que facilita las labores de integración y de representación de la información espacial, en tanto los GPS contribuyen sustancialmente en las tareas de recopilación y actualización de la multicitada información geográfica.

En el caso del desarrollo informático que acompaña a la presente propuesta teórico-metodológica, el uso de la herramienta GPS se plantea como de gran utilidad para la recopilación de información en campo, fundamentalmente cuando el problema se sitúa en la fase de *Atención de la Emergencia*, donde es imprescindible inventariar los daños, localizar con precisión los segmentos carreteros afectados, distinguir los tipos de daños, así como las consecuencias operativas de los mismos (*vulnerabilidad del sistema vial*), todo ello con el propósito de guiar informadamente las acciones a emprender; priorizarlas y lograr intervenciones rápidas para tratar de reestablecer las condiciones de funcionamiento de los espacios afectados.

De hecho en el Instituto Mexicano del Transporte ya han tenido lugar, dentro del *Curso Internacional sobre desarrollo de aplicaciones del Sistema de Información Geoestadística para el Transporte*, celebrado en junio de 2002 y junio de 2003, la capacitación de personal de algunos Centros SCT en el uso de las nuevas formulas comerciales que integran SIG's y GPS's con aplicación directa a la atención de situaciones de emergencia.

³⁴ "Fire Agencies. Improve Response with GIS". pp.22 -25. *ArcUser*. Magazine for ESRI Software Users. Vol. 3, núm. 1, January - march, 2000. California, United States.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo VI. Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras. Ejemplo de organización y sistematización de la información.

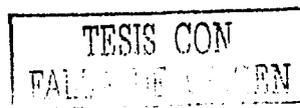
La magnitud del problema "desastres", como se ha señalado a lo largo del presente trabajo, ha llegado a un punto que exige un reconocimiento serio de sus repercusiones y una atención que no acepta más postergaciones, ni tratamientos paliativos. Es necesaria, en consecuencia, una comprensión distinta del problema, en donde en principio los desastres sean entendidos como resultado de procesos y no como eventos sorpresivos e impredecibles, de ahí que su consideración requiere de estrategias que contemplen y atiendan las distintas fases de la denominada *Gestión de Desastres*, sin concentrarse en una sola de ellas y mucho menos en las últimas de éstas (atención de la emergencia y reconstrucción), pues lo único que se logra, de acuerdo con la experiencia alcanzada, es permitir que los eventos destructivos se presenten irremediablemente, sucediéndose uno a otro, y los esfuerzos se reduzcan a seguir la ruta de éstos sin poder nunca cerrarles o cuando menos frenarles el paso.

1. Marco de referencia del Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras

Reconociendo que en la génesis de riesgos y desastres intervienen a través del tiempo una serie de elementos (peligros naturales y tecnológicos, deterioro ecológico, condiciones de pobreza, corrupción etc.) que se entrelazan y combinan para dar lugar a ambientes de franca fragilidad, susceptibles en el futuro de ser el blanco de algún desastre, el análisis geográfico, como se ha insistido, tiene una competencia indiscutible en su detección y consideración; de ahí, la doble conveniencia de recurrir al uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta de apoyo en el trabajo; ya que se trata por un lado del recurso tecnológico específicamente diseñado para facilitar y hacer más eficientes los procesos vinculados con el análisis geográfico, y por otro lado constituye un muy adecuado medio para el manejo de volúmenes considerables de información, característicos de la geografía, particularmente cuando el tema de interés es, como en este caso, complejo.

Asimismo, entre las conveniencias de trabajo proporcionadas por los SIG's, se encuentran sus facilidades de despliegue gráfico, muy útiles para la visualización geográfica de los procesos generadores de riesgos y desastres, y unidas a éstas, las capacidades de representación cartográfica de la información, necesarias para la orientación de las labores relacionadas con la *Gestión de Desastres*. Tales como, por ejemplo:

- La elaboración de diagnósticos de riesgo de la infraestructura.
- La toma de medidas preventivas.



- La elaboración de planes de mitigación de daños y la actuación en períodos de emergencia.

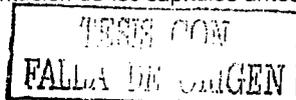
El presente sistema constituye, en este contexto, la propuesta informática de organización y sistematización de la información que inscrita en el ambiente de un SIG busca orientar, apoyar y facilitar la serie de tareas que en materia de protección del patrimonio carretero conforman la *Gestión de Desastres*.

El desarrollo tecnológico, a continuación descrito, se construye con base en los planteamientos teóricos y metodológicos precedentes, de raíz eminentemente geográfica, cuyo propósito es orientar informadamente los esfuerzos de los responsables de la administración y mantenimiento de la infraestructura carretera concentrando su atención en las acciones preventivas y para ello concretamente en la identificación de las áreas donde ya existen y/o se están gestando condiciones de riesgo, a fin de coadyuvar en la conservación de niveles de calidad aceptables en materia de operación y seguridad de la infraestructura para el transporte.

El motivo sustancial de conformar un Sistema de Información Geográfica abocado a la identificación de riesgos y a la atención de situaciones de desastre que afectan a la infraestructura carretera, es el de proporcionar a las autoridades encargadas de enfrentar y resolver esta problemática, una herramienta capaz de analizar espacialmente el problema y expresarlo cartográficamente, información con base en la cual es posible fundamentar y organizar de manera más ágil las decisiones de intervención.

Si bien el sistema en cuestión tuvo como propósito inicial apoyar sólo la toma de decisiones vinculadas a la logística de atención de la emergencia, el propio trabajo de investigación condujo a ésta hacia un entorno más amplio, en donde el análisis de los diversos factores que dan lugar a las situaciones de riesgo que pueden afectar a futuro, tramos o puntos estratégicos de las redes carreteras del país, se hizo necesario, e incluso exigió el planteamiento de un nuevo paradigma en materia de protección del patrimonio carretero.

Estructurado sobre cuatro componentes no considerados en la visión y formas de actuación imperantes en materia de atención del problema desastres (*vid supra* Capítulo III. Riesgo y vulnerabilidad de la infraestructura carretera), el paradigma planteado en este trabajo (Figura 1) obligó a su vez a reorientar los objetivos y a reformular el diseño conceptual del denominado *Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras*, dado que como herramienta de trabajo que busca facilitar y agilizar las tareas vinculadas con la solución del problema, no puede operar bajo la lógica actual de exculpación de los desastres, que la argumentación de los capítulos antecedentes propone superar.



combinación de variables que está dando lugar a esos estados de desequilibrio, lo cual además de localizar focos de alerta, proporciona elementos de conocimiento que fundamentan y estructuran mejor las acciones por emprender. El cuarto componente alude a la importancia de diferenciar, con base en el análisis espacial, dónde ocurren los daños en la red carretera, lo que en palabras del Dr. Díaz Pineda (citado en el capítulo III) se resumiría, en la trascendencia de poder "distinguir entre el colapso de diez estructuras en un itinerario y el colapso de una estructura en diez itinerarios", debido a que los efectos indirectos derivados de la interrupción operativa de la infraestructura cuando algunas de sus partes han sido afectadas, son mucho más significativos que los efectos directos, tanto para la delimitación del territorio siniestrado, como en términos de costos indirectos (producto del *no servicio*), aún cuando todavía son difíciles de cuantificar.

Así, inscrita en la comprensión del problema alcanzada y estructurada en este trabajo, situada fundamentalmente en la atención del riesgo más que del desastre, la aplicación informática desarrollada en el Instituto Mexicano del Transporte es la respuesta al objetivo de:

Diseñar y conformar un sistema de exploración, consulta y análisis de información espacial orientado al diagnóstico de las condiciones de riesgo a que está expuesta la red nacional de carreteras para facilitar y fortalecer integralmente las labores vinculadas con la *Gestión de Desastres*.

Objetivos Específicos

- *Identificar las áreas donde se están conformando condiciones de riesgo que pueden afectar a las redes carreteras.*
- *Determinar las principales variables promotoras de riesgo.*
- *Clasificar la red de acuerdo a distintos niveles de riesgo.*
- *Zonificar la red de acuerdo con diferentes niveles de vulnerabilidad operativa.*
- *Disponer de mecanismos que permitan el establecimiento de rutas alternativas para apoyar las labores de atención de la emergencia y de evacuación de la población durante un desastre.*

En términos generales, los distintos procesos de análisis territorial facilitados por el *Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras* están orientados a apoyar las distintas tareas que integran la *Gestión de Desastres*, en virtud de que el sistema está diseñado para contribuir, tanto en la prevención de daños (localización de riesgos susceptibles de afectar a la infraestructura carretera, diferenciación de los niveles de vulnerabilidad operativa de la

infraestructura carretera), como en la atención de las labores de emergencia que exigen intervenciones inmediatas (ubicación y distribución de daños de índole natural o social a lo largo de la red vial); además de estar concebido para proporcionar esta información a los organismos y dependencias del Sector Transporte ¹ a cargo de la correcta operación de las vías carreteras.

2. Concepción del desarrollo informático

Dentro del diseño y construcción del *Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras* (Figura 2), la primera tarea correspondió a la identificación de los distintos factores (amenazas y condiciones de vulnerabilidad) que por su cobertura territorial y correspondencia geográfica representan algún riesgo para la infraestructura carretera (Figura 3).

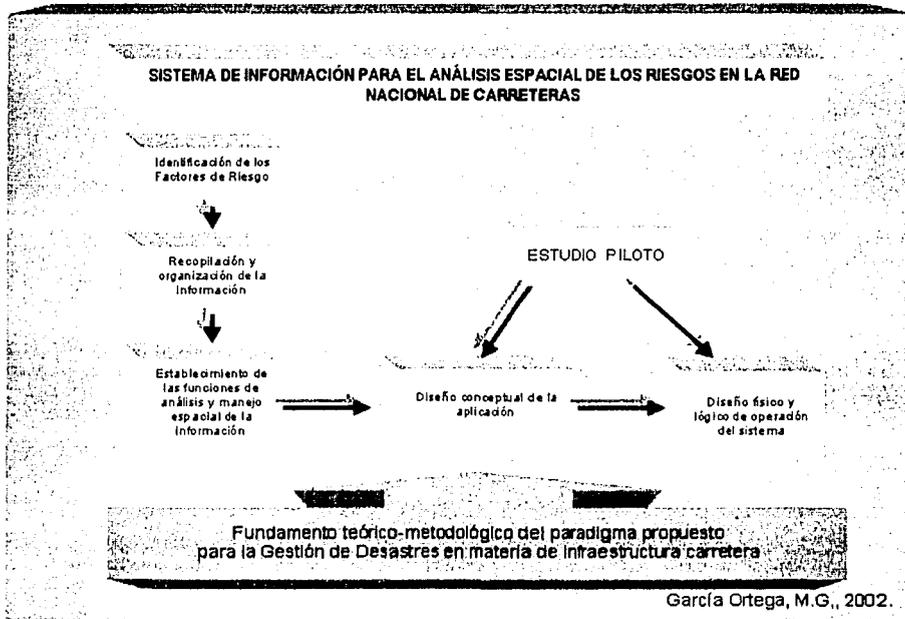


Figura 2. Diagrama de las actividades que integraron la construcción del "Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras".

¹ Una de ellas concretamente es la Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional de la Subsecretaría de Infraestructura de la SCT.

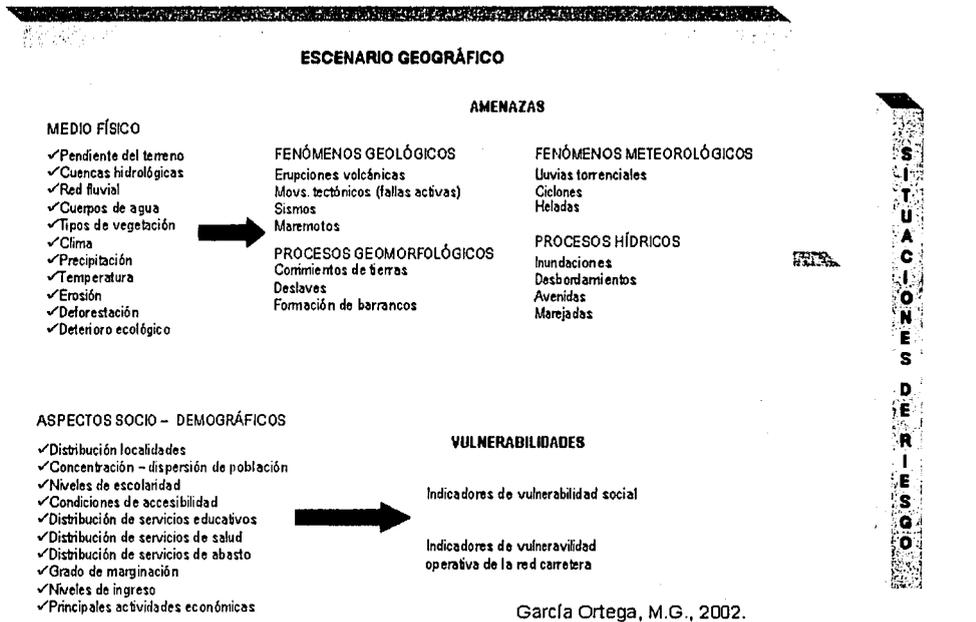


Figura 3. Información geográfica considerada como básica para el análisis de riesgos

La segunda labor consistió en recabar la información, organizarla, homogeneizar su escala y proyección geográfica, así como en algunos casos georreferenciarla.

- INFORMACIÓN DIGITAL BÁSICA DEL SISTEMA**
- Red carretera del Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte, levantamiento coordinado por el Instituto Mexicano del Transporte y realizado con Sistemas de Posicionamiento Global.
 - Información cartográfica derivada del Sistema de Información Geoestadística para el Transporte procedente de fuentes generadoras distintas (INEGI, Instituto de Geografía de la UNAM, entre otras).
 - Otras fuentes e instituciones consultadas para los fines específicos del proyecto (Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad).
 - Estadísticas sociodemográficas del XII Censo General de Población y Vivienda 2000, índices de marginación del CONAPO y Sistema Nacional de Información Municipal del Centro Nacional de Información Municipal de la SEGOB, 2000.

Asimismo se estimó conveniente derivar de la primera, nueva información útil con la cual no sólo se amplió la base de datos que integra al sistema, sino que al mismo tiempo y muy importante, se fue conformando una imagen del comportamiento geográfico de las variables a manejar y del fenómeno de interés en su conjunto.

En tercer lugar se definieron las funciones de análisis y de manejo espacial que comprendería el sistema encaminadas a realizar:

- ✓ análisis de distribución territorial
- ✓ localización de peligros
- ✓ zonificaciones
- ✓ ubicación de áreas con distintos tipos y niveles de riesgo

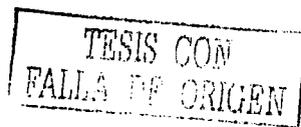
a fin de contribuir principalmente, al establecimiento de acciones preventivas, a la jerarquización de las prioridades de inversión e intervención, a la elaboración de planes de mitigación, así como al desarrollo de estrategias que faciliten las tareas de emergencia.

Alcanzados los pasos anteriores correspondió el turno al diseño conceptual de la aplicación, entendiéndose por ésta, el desarrollo (a partir de una plataforma específica, en este caso ArcView 8.1 de ESRI) de las rutinas que apoyadas en las funciones del software elegido, circunscriben éstas a las necesidades exclusivas del proyecto, en este particular al análisis y monitoreo de las amenazas y los riesgos capaces de provocar daños físicos a la infraestructura carretera y alteraciones en las funciones y los servicios de transporte.

A partir de esta etapa fue necesario ir confrontando las propuestas de diseño del sistema especializado de información geográfica, con la realidad a la que debe servir; de ahí la conveniencia de realizar un estudio piloto, a través del cual probar la operación de las rutinas de trabajo; así como detectar desde la práctica, otras necesidades de información y de manejo de ésta que el sistema podría y debería atender.

El trabajo de caso tuvo como espacio de análisis la red carretera que enlaza los territorios pertenecientes a las entidades de Hidalgo, Querétaro, Guanajuato y Estado de México, cuyo principal eje de conexión corresponde a los tramos carreteros, Tepetzotlán – Palmillas, Palmillas – Querétaro y Querétaro – Irapuato (Figura 4).

Los tramos carreteros antes referidos son parte de uno de los principales ejes de comunicación y de distribución de bienes, información y servicios del país; a lo largo del cual se sitúan e interconectan ciudades con distinta especialización funcional, además de formar parte de uno de los canales de alimentación del comercio exterior más importantes de México; como ejemplo baste decir, que el tramo Tepetzotlán – Palmillas registró en el año 2001 uno de los tránsitos diarios promedio anual más altos en el ámbito nacional (33,321 vehículos al día) y por él se moviliza una carga cuyo valor equivale, de acuerdo



con estimaciones realizadas en el Instituto Mexicano del Transporte, al 30 % del PIB anual de México 2).



Figura 4. Zona de trabajo del estudio piloto

La retroalimentación del sistema computacional con los problemas de la realidad fue una medida que además de fortalecerlo, favoreció su viabilidad.

La concepción del problema bajo la óptica de la *Gestión de Desastres* y el desarrollo de procesos metodológicos para aplicar técnicas de análisis espacial con base en el uso de un Sistema de Información Geográfica fue parte sustancial de esta etapa del trabajo.

² El valor de la carga que cruza por la estación Tepotzotlán asciende al 30 % del PIB nacional anual. Arredondo O., Ricardo. E. Criterio para jerarquizar la conservación de carreteras con base en su importancia económica. Publicación Técnica núm. 83. Instituto Mexicano del Transporte. SCT. Querétaro, 1996.

El problema "riesgos y desastres" tiene un componente geográfico fundamental, por tanto la identificación y localización de las condiciones generadoras de riesgos a lo largo de la infraestructura carretera, constituyen un insumo primordial para construir las estrategias de prevención y de mitigación de desastres, que son uno de los ejes que deben guiar la gran tarea de hacer frente a la presencia continua de desastres y sus consecuencias.

Concebida y formulada la aplicación, se dio paso al diseño físico y lógico del sistema informático, quedando materializadas y organizadas todas y cada una de las rutinas de trabajo que conforman al *Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras*.

Disponer de información confiable, oportuna, debidamente organizada y con facilidades de consulta y manejo, resulta de gran utilidad para apoyar y agilizar la *Gestión de Desastres*.

3. Descripción del sistema

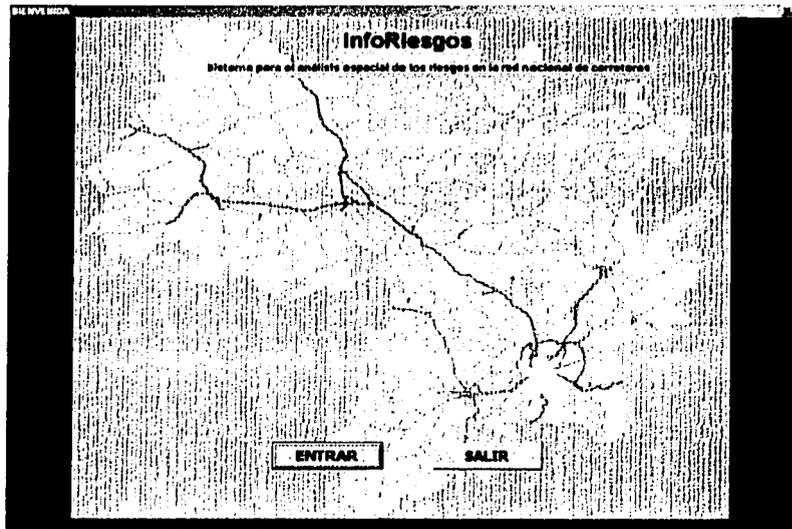


Figura 5. Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras

Dado que el Sistema de Información Geográfica al servicio de la *Gestión de Desastres* respalda tanto las acciones previas al evento destructivo (fases de prevención y mitigación), como las tareas ligadas a la atención de la emergencia y la reconstrucción, éste quedó integrado por dos subsistemas: uno dirigido a la identificación de riesgos potenciales en la infraestructura carretera y otro habilitado para facilitar las tareas vinculadas con la emergencia y la reconstrucción.

El primero denominado "*Subsistema de identificación de riesgos potenciales*" proporciona imágenes a pequeña escala de las situaciones de riesgo en la red carretera, de acuerdo con los distintos tipos de fenómenos naturales en estudio, específicamente por ahora, los vinculados con los peligros geológico-geomorfológicos y los hidrometeorológicos. El segundo titulado "*Subsistema de atención de emergencias*" centra su apoyo en la construcción y ejecución de las estrategias de intervención, propias de las fases postdesastre, en donde por la naturaleza de sus necesidades y por nutrirse de información recabada en campo, ofrece análisis y resultados a nivel de "sitio concreto".

El *Subsistema de identificación de riesgos potenciales* en la infraestructura carretera tiene como propósitos:

- Representar la distribución territorial de los peligros en estudio, como insumo necesario para los análisis de causalidad que ayudan a guiar las tareas de intervención preventiva.

- Determinar y localizar los segmentos carreteros que se encuentran dentro de zonas, que de acuerdo con los análisis geográficos, exhiben el desarrollo de condiciones de riesgo.
- Diferenciar los niveles de riesgo de los diferentes tramos de la red vial.
- Ponderar, a través de indicadores previamente identificados, los niveles de "vulnerabilidad operativa" de los segmentos de la red carretera situados en zonas identificadas como de riesgo.

Como ejemplo de los apoyos que presta este subsistema a la gestión de la infraestructura carretera, se destaca el suministro de información cartográfica y tabular relativa al estado que en materia de riesgo guardan las redes viales del país, fundamento necesario para la toma de medidas pertinentes y oportunas en los distintos tramos o segmentos de la red.

La identificación de los segmentos de la red susceptibles a algún tipo de riesgo, permite dimensionar la magnitud del problema; estimar los daños posibles en caso de no intervención; calcular y presupuestar los recursos económicos y humanos necesarios; diseñar las acciones a realizar a fin de evitar la posibilidad del riesgo o de atenuar los daños; así como priorizar y calendarizar dichas acciones, con lo cual se favorece y fortalece, como objetivo primordial, la intervención preventiva.

Si bien en un primer acercamiento al problema del riesgo en la infraestructura carretera, la escala de la información ofrece resultados a nivel de "gran visión", como se aprecia en el caso del estudio piloto, éstos son hasta el momento, casi inexistentes y útiles para demostrar la importancia inaplazable de establecer estrategias de prevención; así como necesarios para dar inicio a la planeación de las tareas preventivas, para las cuales situar y distinguir los tramos carreteros que por sus niveles de riesgo y/o determinada condición de vulnerabilidad operativa requieren inspecciones de mayor detalle y exigen intervenciones más inmediatas, significa dimensionar el problema, saber donde empezar, que pasos seguir y que dirección tomar.

El Subsistema de atención de emergencias por su parte, realiza su trabajo de análisis a nivel de escala local y sus resultados se reportan conforme se va conociendo la magnitud del evento, lo que podríamos denominar "en tiempo real"; dado que su propósito primordial es el de ayudar a atender la situación de emergencia.

Su desarrollo tomó como base la metodología de trabajo planteada por la Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional de la SCT; de ahí que sus objetivos se cifan en buena medida al apoyo que en materia de generación de información geográfica, dicha dependencia requiere para el despliegue logístico de atención de la emergencia.

Sus propósitos particulares son:

- Ubicar los segmentos dañados y distinguir los tipos de daños.
- Facilitar la ubicación del "Centro de operaciones para la atención de la emergencia".
- Localizar sitios de apoyo, como son: depósitos de maquinaria y equipo, centros de acopio y albergues para atender a la población afectada.
- Analizar la situación de funcionamiento de la red carretera afectada, a fin de determinar cuáles, por sus consecuencias, son los puntos que deben ser atendidos en primera instancia.
- Apoyar el seguimiento de las labores de rehabilitación y reconstrucción de la infraestructura.
- Establecer rutas alternativas para mitigar los daños del NO servicio en tramos de la red carretera.

La base fundamental de trabajo de este subsistema es la ubicación geográfica rápida de los tramos dañados en una red carretera. De ahí que su insumo fundamental corresponda a la información recopilada en campo, en el tiempo inmediato posterior al evento destructivo, a través del uso de un paquete tecnológico habilitado para el efecto ³.

La recopilación de información relevante durante un desastre permite:

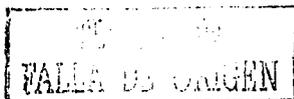
- distinguir los tipos de daños, su intensidad y extensión
- precisar las consecuencias de las funciones interrumpidas
- establecer las acciones a emprender
- priorizar la atención de los segmentos afectados

y al combinar los análisis efectuados con base en la información de campo y los datos base del sistema, es factible agilizar y sustentar el diseño de las estrategias de Intervención durante la emergencia y el seguimiento posterior de las labores de rehabilitación y reconstrucción.

El impacto, en términos de aceptación de la utilidad de este subsistema es mucho mayor, que el de identificación de riesgos, dado que atiende dentro de la concepción prevaleciente, la fase primordial de la *Gestión de Desastres*, sus resultados son más inmediatos y sus funciones responden al imperativo de que la recuperación de la infraestructura constituye un punto prioritario dentro de la fase de atención general de la situación de emergencia.

No obstante y sin minimizar la trascendencia de subsistema anterior, la parte más robusta del *Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras*

³ El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) propuso un sistema para el registro en campo de información georreferenciada dirigido fundamentalmente, aunque no en exclusiva, a resolver el asunto del acopio de datos durante las situaciones de desastre. Este paquete tecnológico integrado por una computadora de campo, GPS y el software que enlaza los datos capturados por éste y un SIG tiene como base el desarrollo comercial denominado *Mapamóvil* de ESRI, modificado y personalizado para los propósitos señalados en el mismo IMT, en donde a su vez se dio inicio, en el año 2002, al proceso de capacitación en el uso de la referida solución tecnológica a brigadas de trabajo de cada Centro SCT.



corresponde al primero de ellos, debido a que en congruencia con lo planteado en el paradigma de la *Gestión de Desastres* en materia de protección de la infraestructura carretera, lo vital es combatir la generación de condiciones de riesgo, para efectivamente evitar la presencia constante y creciente de situaciones de desastre.

3.1 Funcionamiento

El ingreso al *Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras*, construido a partir de la versión 8.1 de *ArcView*, conduce al usuario directamente al ambiente de trabajo diseñado para el *Subsistema de identificación de riesgos potenciales*, el cual constituye de hecho, la matriz del sistema global, ya que en él se albergan las bases de datos que lo conforman, así como las funciones de análisis del mismo. En tanto el acceso al *Subsistema de atención de emergencias* esta dado desde el contexto del primer subsistema, debido a que si bien, sus rutinas específicas de trabajo requieren de una programación independiente, necesitan también de las funciones generales y de la información base del sistema en su conjunto.

La operación del sistema es muy fácil de seguir, cada una de las pantallas va estableciendo sin problema la ruta de funcionamiento. Para empezar, la pantalla de inicio ofrece sólo dos opciones "entrar" o "salir" del sistema.

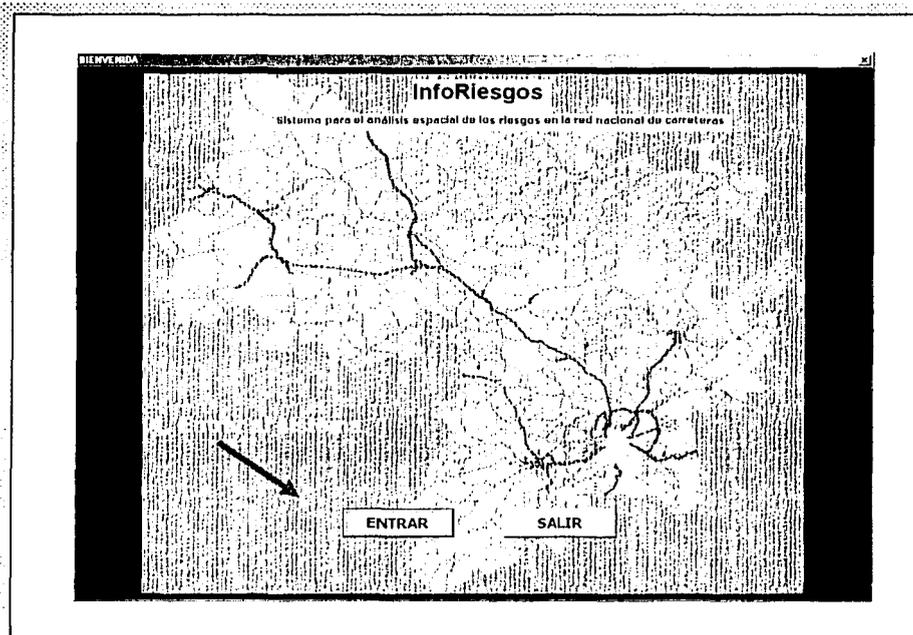


Figura 6. Paso 1 entrada o salida del sistema.

El ambiente general del sistema canaliza el ingreso a los distintos conjuntos de información que conforman la base de datos global del mismo, en donde se realizan en su oportunidad, las diferentes funciones de consulta y análisis (Figura 7).

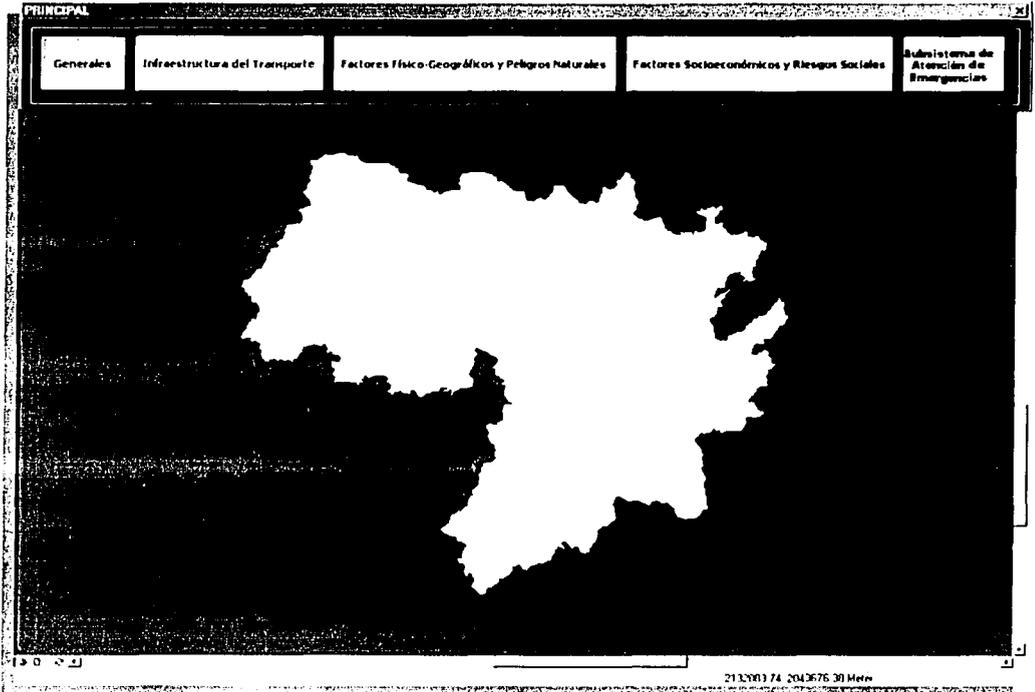


Figura 7. Pantalla que determina el ingreso a cada uno de los conjuntos de información que integran la base de datos global del sistema, así como el acceso al *Subsistema de atención de emergencias*.

Al ingresar al sistema, la posibilidad de elección comprende a alguno de los tres apartados en que están organizadas las bases de datos del sistema, esto es:

- datos generales
- infraestructura general
- factores físico-geográficos y riesgos naturales

así como en su momento se tendrá acceso también al conjunto de datos relacionados con los riesgos químicos y socio-demográficos.

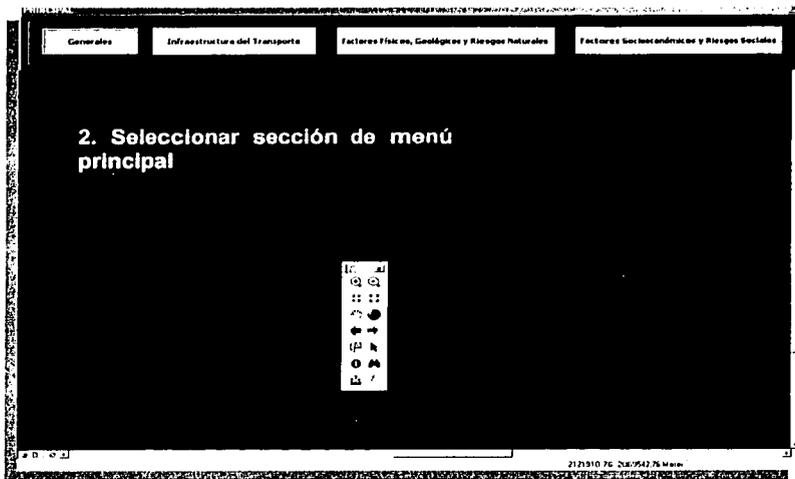


Figura 8. Paso 2, selección del apartado de información.

La información que nutre a cada uno de estos apartados corresponde, tanto a datos proporcionados por fuentes generadoras distintas (Instituto Nacional de Ecología, CONAPO, Instituto de Salud Pública, etc.), como al resultado de los procesos de análisis geográfico realizados por el propio sistema conforme a los propósitos a los que sirve (Figura 9).

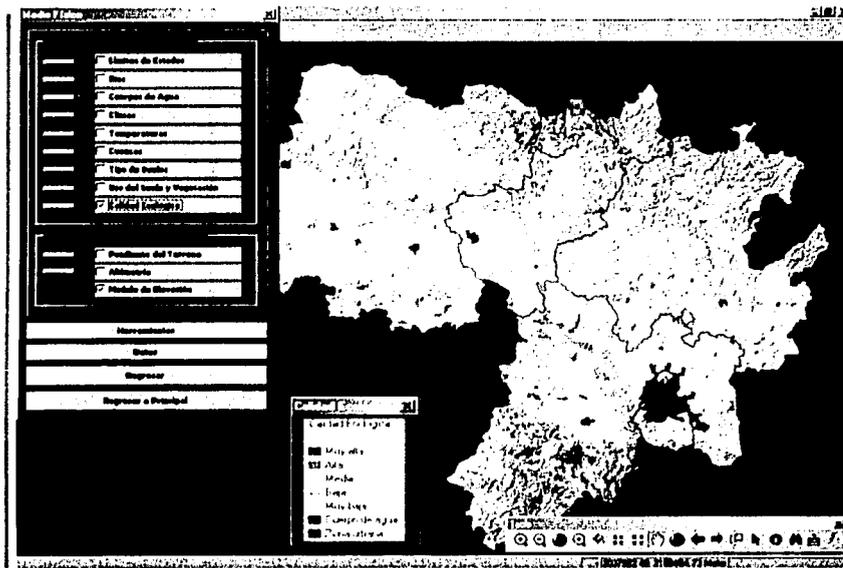


Figura 9. Información base proporcionada por el Instituto Nacional de Ecología.

La información que integra y estructura formalmente al sistema quedó organizada en tres grupos de bases datos⁴:

El primero integra la información general que incluye datos utilizados como referencia, a la vez que los relativos a las variables sociodemográficas necesarias para identificar los niveles de vulnerabilidad social de las áreas en estudio (Figura 10).

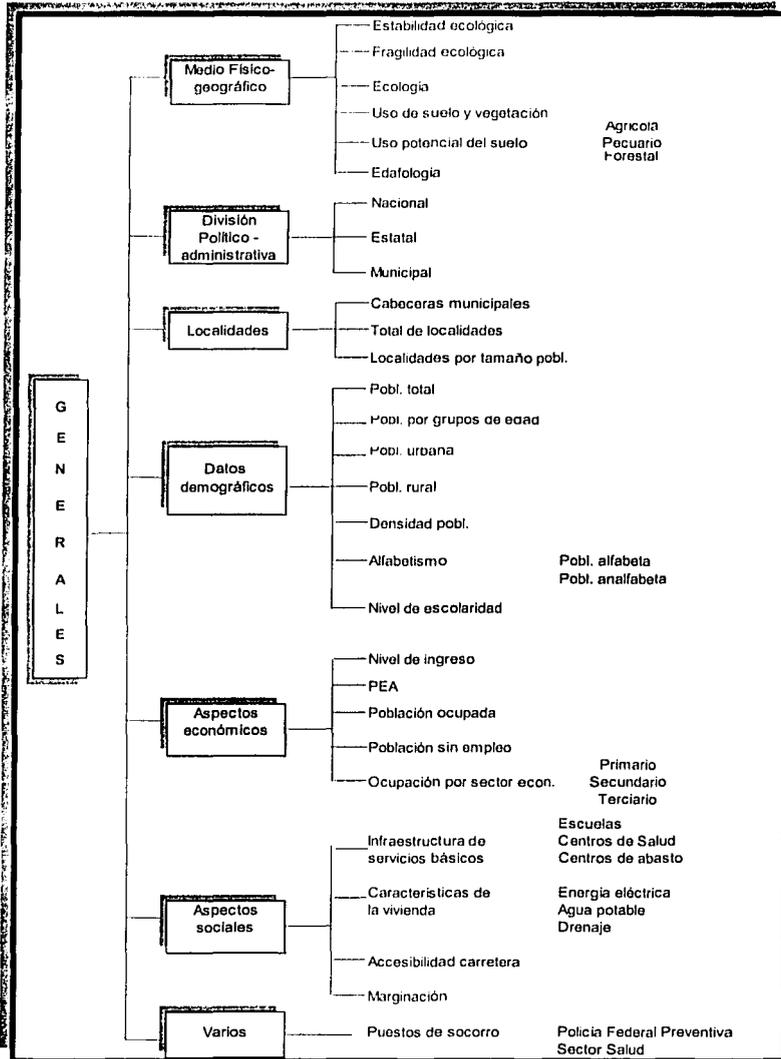
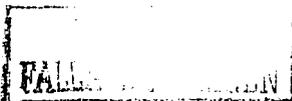


Figura 10. Diagrama de organización de los datos generales del Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras

⁴ Se contempla a futuro, un cuarto grupo que comprenderá los factores socioeconómicos que asociados a condiciones de peligro químico o problemas socio-organizativos, pueden dar lugar a riesgos vinculados con estas categorías, de acuerdo con la clasificación del Sistema Nacional de Protección Civil.



El segundo grupo concentra los datos correspondientes al objeto de interés, es decir, la infraestructura carretera (Figura 11).

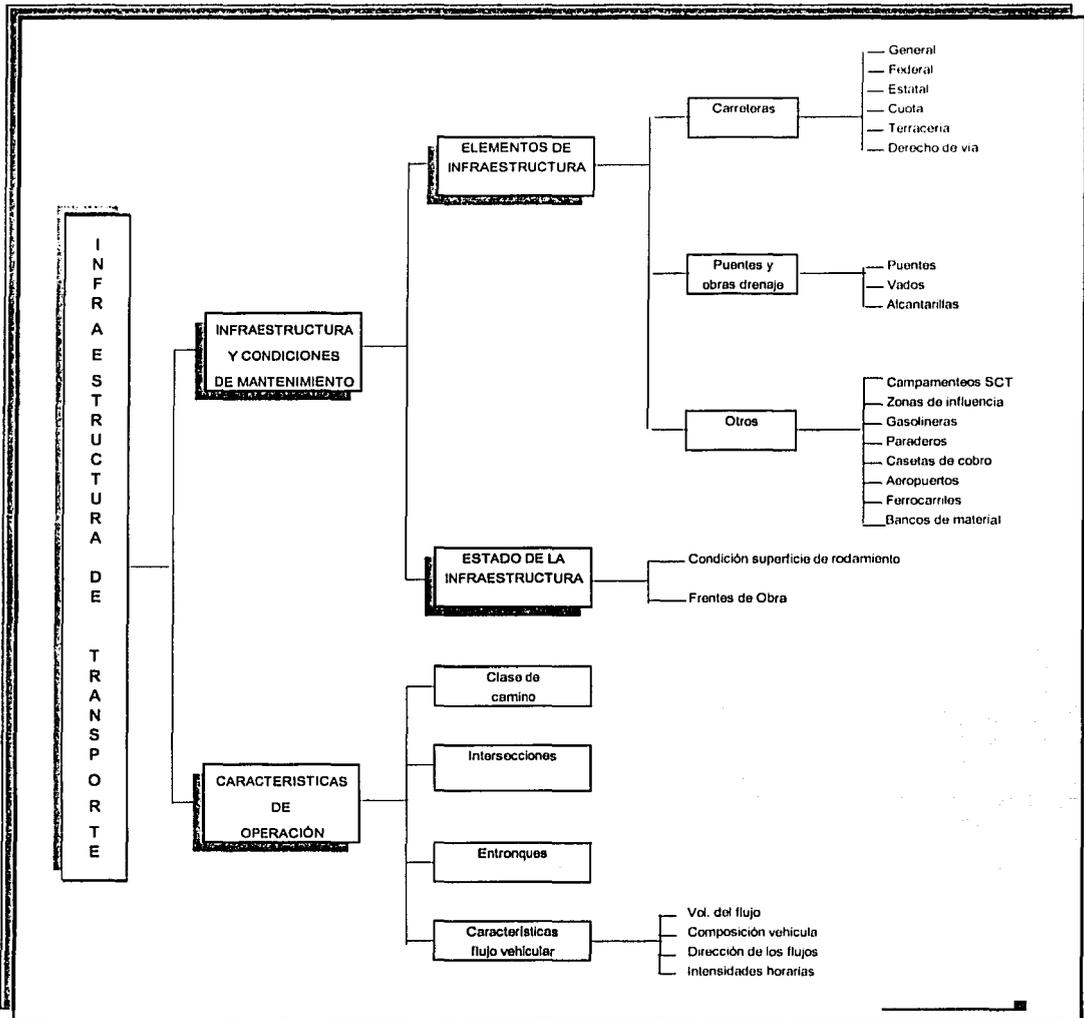


Figura 11. Diagrama de organización de la base de datos correspondiente a la infraestructura vial del Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras. El tercero contiene la información relativa a los elementos y procesos geológico-geomorfológicos e hidrometeorológicos, así como la identificación de condiciones de riesgo asociadas a las amenazas representadas por los primeros y que pueden afectar a las vías carreteras (Figura 12).

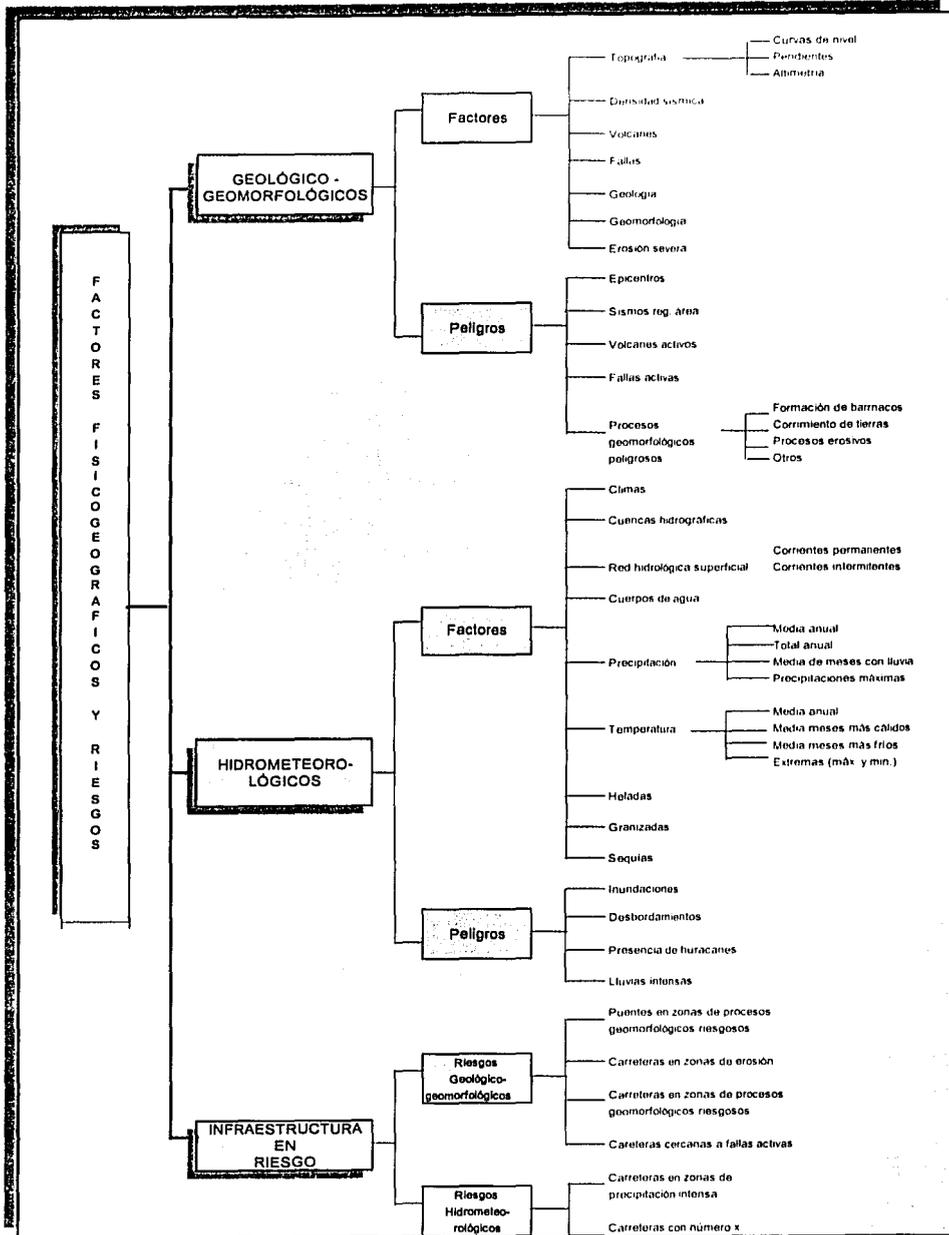
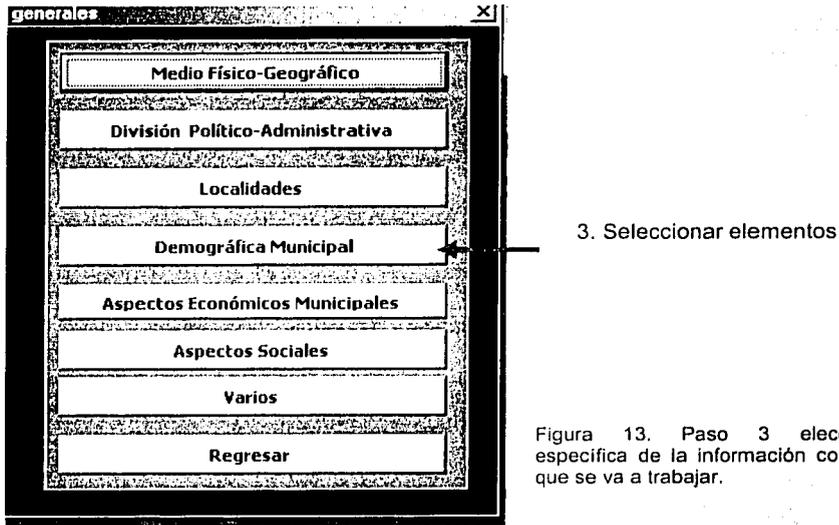


Figura 12. Diagrama de la base de datos referente a los factores del medio físico-geográfico y determinación de riesgos asociados.

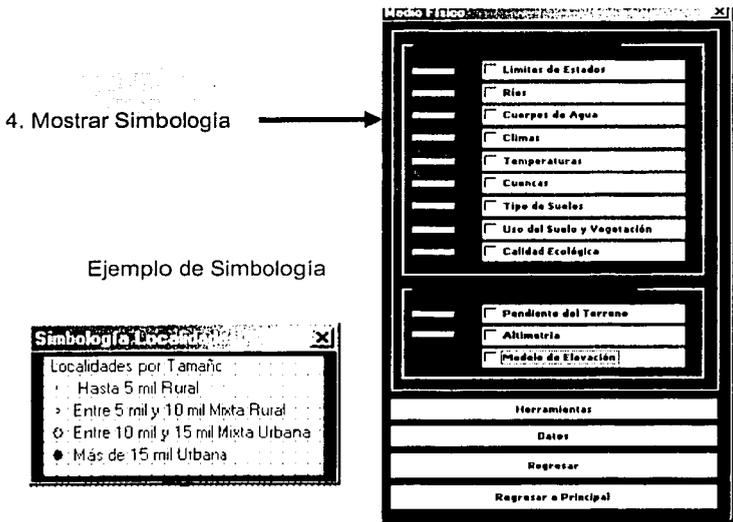
Al pulsar en cada uno de los grandes apartados de información se despliegan los subconjuntos de datos contenidos en cada caso.



3. Seleccionar elementos

Figura 13. Paso 3 elección específica de la información con la que se va a trabajar.

Dentro de cada apartado de información aparece la posibilidad de construir la simbología del caso, así como activar la base de datos que respalda a los elementos representados para la ejecución de nuevos procesos de trabajo.



4. Mostrar Simbología

Ejemplo de Simbología

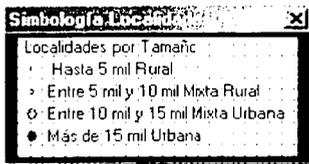


Figura 14. Paso 4 despliegue de simbologías

Ejemplo de base de datos

FID	Shape*	CVE_ENTE	CVE_MUN	CVE_LOE	NOM_LOE	CLAVEOF	CLAVE_OTIC
1	Pure	15	001	0001	A. ZARZA	15001001	15001001
2	Pure	15	001	0002	AGUSTAZARZA (EL SAN JOSE AGOSTADERO)	15001002	15001002
3	Pure	15	001	0003	AGUA LUMPA	15001003	15001003
4	Pure	15	001	0004	ARENAS LAS SAN AGUSTIN	15001004	15001004
5	Pure	15	001	0005	BOSCHONGALDO	15001005	15001005
6	Pure	15	001	0006	BOSCHONGRANCE	15001006	15001006
7	Pure	15	001	0007	EL BARRIO EL OTTO	15001007	15001007
8	Pure	15	001	0008	EL BARRIO	15001008	15001008
9	Pure	15	001	0009	EL BARRIO	15001009	15001009
10	Pure	15	001	0010	EL BARRIO	15001010	15001010
11	Pure	15	001	0011	EL BARRIO	15001011	15001011
12	Pure	15	001	0012	EL BARRIO	15001012	15001012
13	Pure	15	001	0013	EL BARRIO	15001013	15001013
14	Pure	15	001	0014	EL BARRIO	15001014	15001014
15	Pure	15	001	0015	EL BARRIO	15001015	15001015
16	Pure	15	001	0016	SAN ANTONIO DEL VALLE	15001016	15001016
17	Pure	15	001	0017	DON GU	15001017	15001017

5. Mostrar base de datos de elemento activo



Medio Físico

- Límites de Estados
- Ríos
- Cuerpos de Agua
- Climas
- Temperaturas
- Cenizas
- Tipo de Suelos
- Uso del Suelo y Vegetación
- Calidad Ecológica

- Pendiente del Terreno
- Altimetría
- Modelo de Elevación

Herramientas

Datos

Registrar

Registrar a Principal

Figura 15. Paso 5 activación de las bases de datos de los elementos cartografiados.

The screenshot shows a GIS application window. On the left, there is a legend titled 'Categorías Municipales' and 'Localidades'. Below it, there are buttons for 'Ver contenido', 'Datos de Datos', 'Registrar al Anterior', and 'Registrar a Principal'. A legend box is open, showing a list of categories with corresponding symbols: 'Entre 5 mil Hectáreas', 'Entre 5 mil y 10 mil Hectáreas', 'Entre 10 mil y 15 mil Hectáreas', and 'Mas de 15 mil Hectáreas'. The main area of the window displays a map of Mexico with a textured overlay. At the bottom, there is a toolbar with various icons for navigation and editing.

Figura 16. Al interior de cada conjunto de información, el sistema desglosa el contenido del mismo, despliega los elementos requeridos, exhibe su descripción (leyenda) y muestra la barra de herramientas que contiene las funciones operativas.

Por otra parte acompañando siempre el despliegue de información (Figura 17) aparece la barra de herramientas que contiene los instrumentos de operación del sistema informático, los cuales se describen brevemente a continuación (Figuras 18 a, b y c).

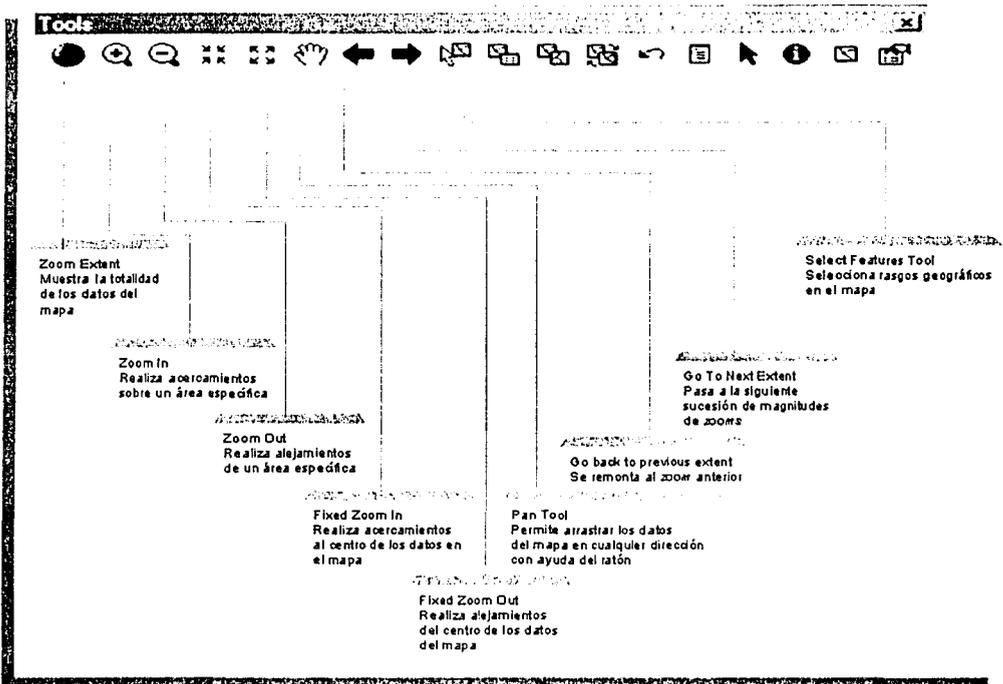
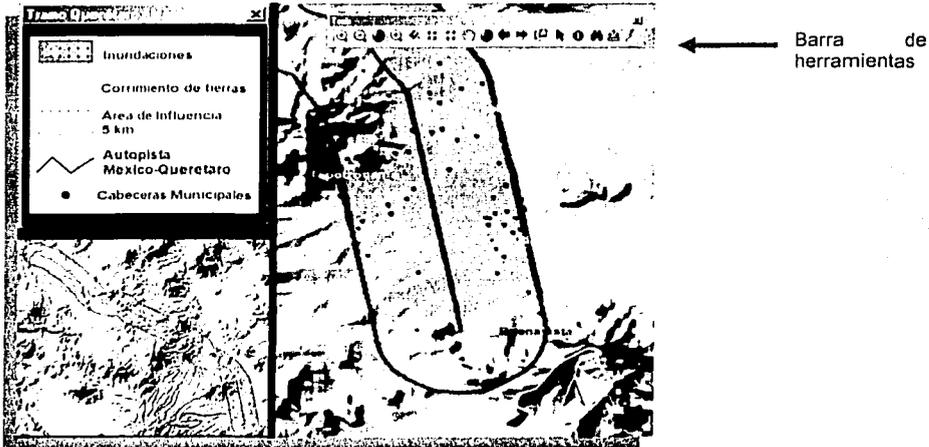


Figura 18 a. Descripción de cada uno de los botones de operación de la barra de herramientas del sistema.

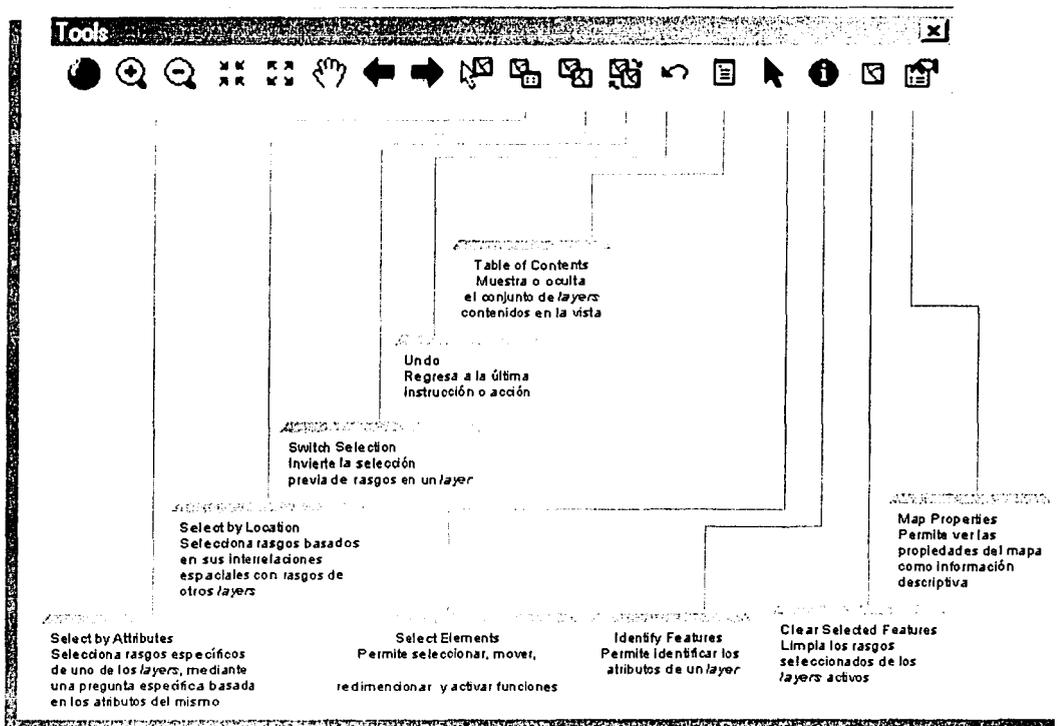


Figura 18 b. Continúa la descripción de herramientas de trabajo del sistema.

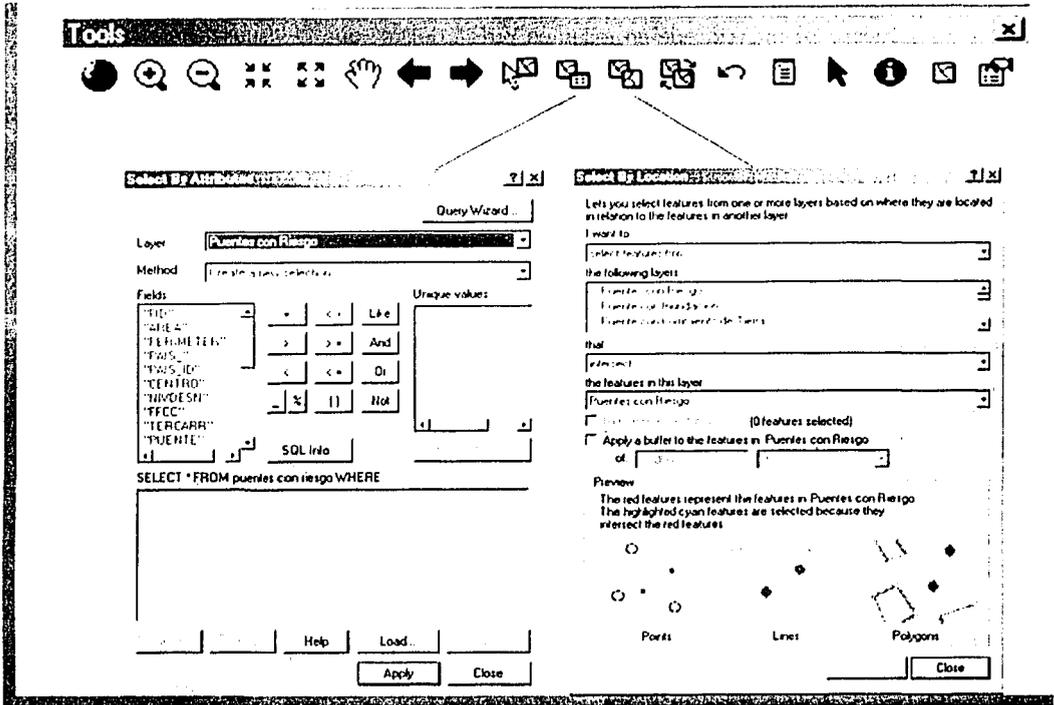


Figura 18 c. Detalle de los botones de la barra de herramientas que permiten realizar algunas de las funciones de análisis geográfico del sistema.

3.2 Capacidades de trabajo de la herramienta

Además de las ventajas derivadas de las propiedades para organizar y administrar grandes bases de datos, la particularidad de esta herramienta se sitúa, como sabemos, en sus capacidades de análisis espacial, cuyos resultados proporcionan información con valor agregado tanto en forma directa como indirecta. Directa, cuando es resultado de los procesos de trabajo del sistema, por ejemplo la localización de áreas propensas a inundaciones, e indirecta, cuando con base en los productos de trabajo del mismo es factible realizar nuevas observaciones e inferencias, por ejemplo, la detección de tendencias en el comportamiento de algunos de los indicadores de vulnerabilidad social.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA INFORMACIÓN

La primera de dichas capacidades corresponde a la posibilidad de despliegue gráfico de la información. Los beneficios de la representación espacial, como lo ha demostrado la cartografía a lo largo del tiempo son insustituibles; la información resultado de los tratamientos más variados al

expresarse gráficamente revela detalles, relaciones, condiciones, que de otra manera no son fáciles de apreciar. De manera que en resumen puede decirse que la visualización gráfica de la información incrementa significativamente su potencial de expresión.

Por ejemplo, de manera indirecta, la posibilidad derivada de la observación y el análisis de los resultados brindados por las distintas capacidades del sistema permite, entre otros, la identificación de patrones de comportamiento espacial, cuya detección aporta fundamentos útiles para la elaboración de los planes de prevención y de mitigación de daños.

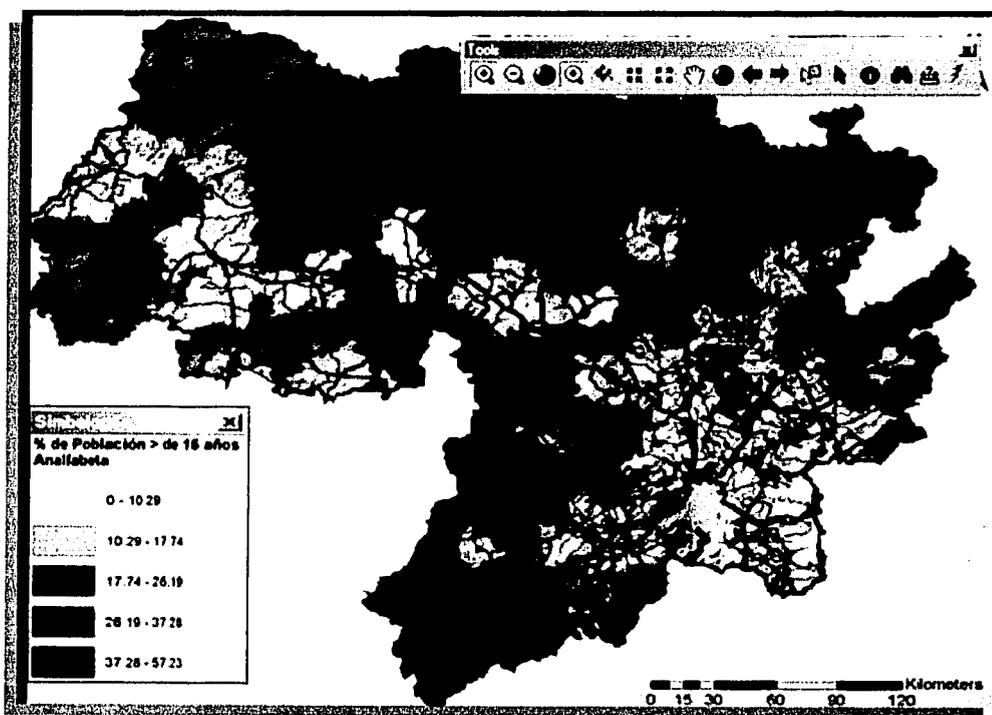


Figura 19. Visualización para el análisis de variables sociodemográficas necesarias en la construcción de los indicadores de vulnerabilidad social.

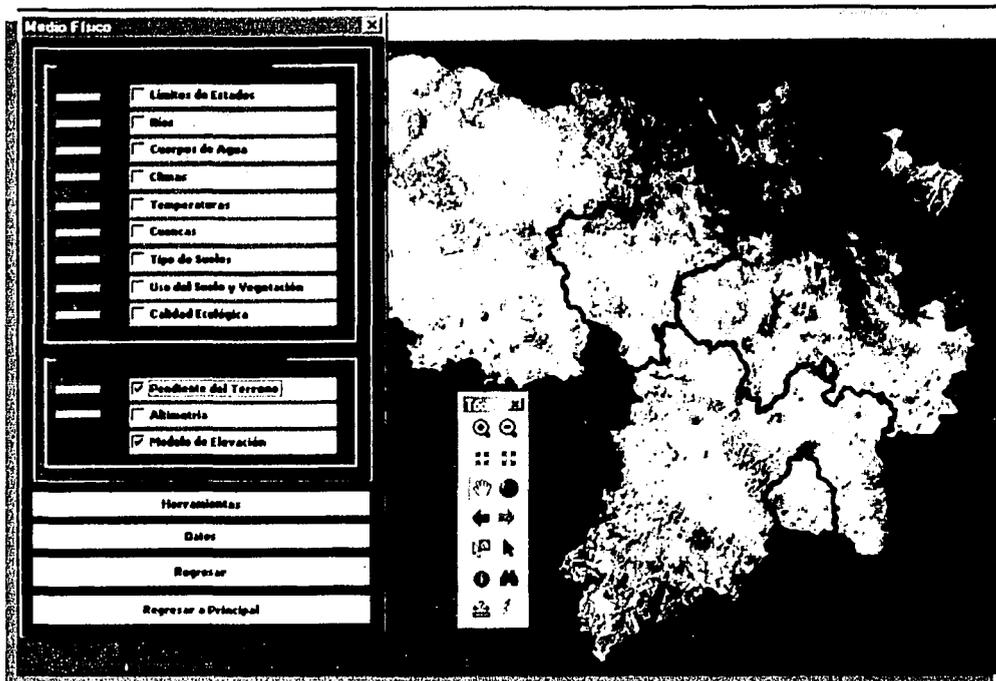


Figura 20. Modelo de elevación y pendientes del terreno. Información necesaria para la identificación de zonas en riesgo. Imagen acompañada de la referencia del conjunto de datos al que pertenece.

Como ventaja adicional, un SIG ofrece, a diferencia de un compendio cartográfico tradicional, la capacidad de interacción constante con la información, entiéndase por ello, la posibilidad de manipulación, incorporación de nuevos datos y actualización de los existentes, con lo cual las representaciones territoriales logradas, pueden de manera más fácil, directa e inmediata ser modificadas y por ende estar más cerca de la realidad que intentan modelar.

DISCRIMINACIÓN O SELECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Esta capacidad de segregación de la información permite aislar territorialmente los aspectos de interés; de modo que es posible ubicar exclusivamente los espacios de atención, por ejemplo, las localidades con niveles de marginación muy alta, como objetivo final; así como seleccionar la información necesaria para llevar a cabo análisis posteriores, en donde la discriminación de datos agiliza y hace más eficiente la búsqueda de resultados por ejemplo, la localización de tramos carreteros dentro de áreas que presentan procesos de erosión acelerada.

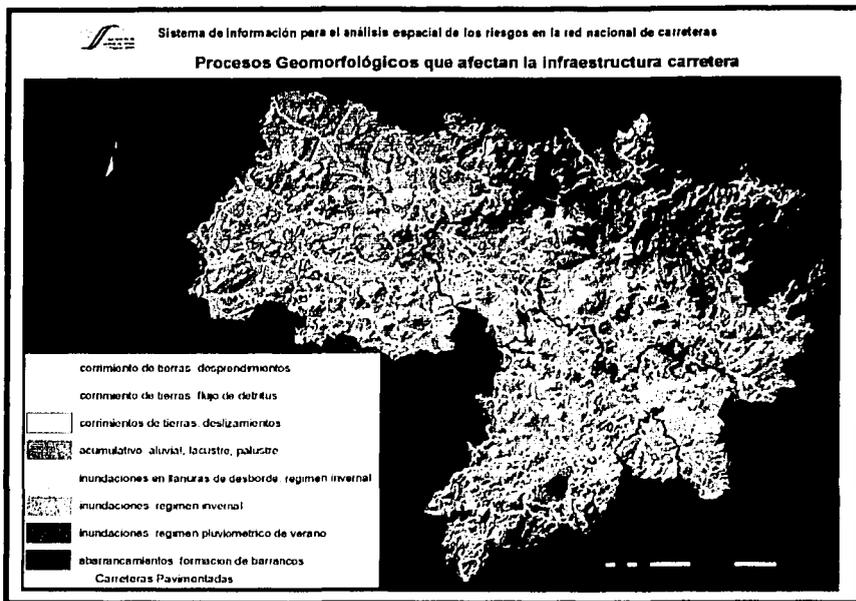


Figura 21. Selección de información de interés (procesos hídricos y geomorfológicos).

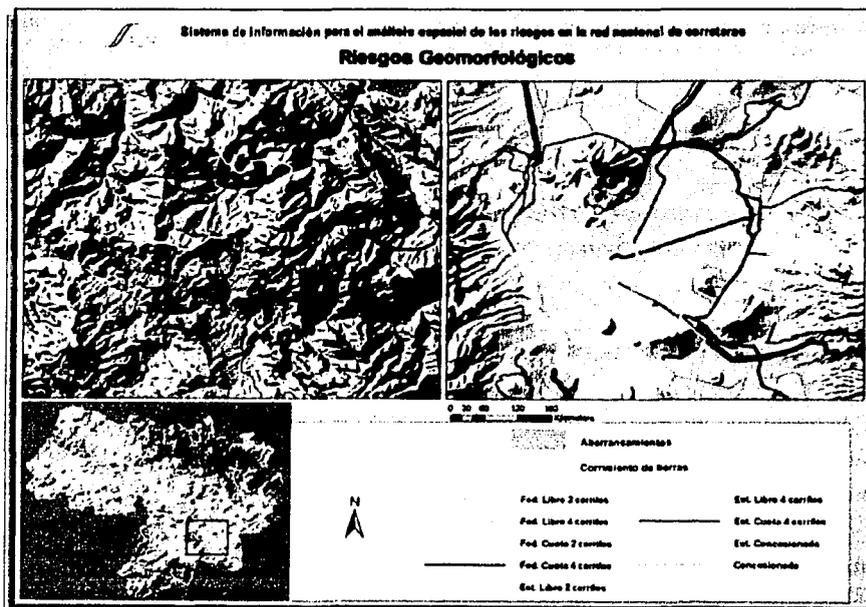


Figura 22. Ubicación y acercamiento a las zonas que reportan procesos peligrosos.
CORRELACIÓN ESPACIAL DE VARIABLES

Capacidad que posibilita la determinación y localización de puntos o áreas en donde se conjugan geográficamente determinadas características o condiciones. Fundamental en la búsqueda de espacios en donde existen o se están gestando condiciones de riesgo. En este sentido, el analizar a partir de un período constante de registro y monitoreo del desarrollo de procesos de deterioro ecológico, de acentuación de las condiciones de vulnerabilidad social y por consiguiente de constitución de espacios en condiciones de riesgo, representa un recurso de información de gran ayuda para fundamentar, presupuestar, priorizar y calendarizar la realización de acciones preventivas.

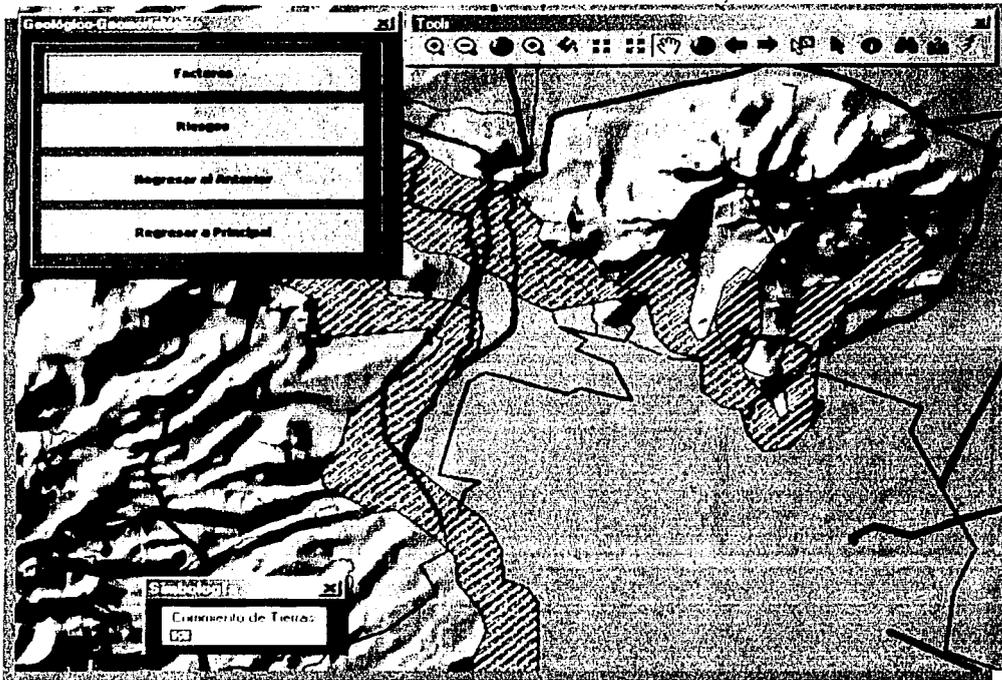
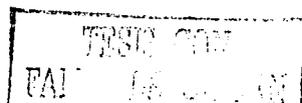


Figura 23. Cruce de procesos peligrosos con los datos de la infraestructura carretera

INTEGRACIÓN GEOGRÁFICA DE VARIABLES

Sustentada en la función de superposición de información temática distinta, esta capacidad tiene como finalidad el conformar escenarios que den pautas para explicar, cómo la convergencia geográfica de determinados procesos naturales y sociales dan lugar al desencadenamiento de



MEDICIÓN DE LONGITUDES, DISTANCIAS Y TIEMPOS DE RECORRIDO

En este caso se trata de dos capacidades independientes, una (medición de longitudes), propia de las condiciones generales de operación de los SIG, la otra (estimación de distancias y tiempos de recorrido), programada a partir de las funciones particulares de éstos mismos, uso de las funciones del *Módulo Spatial Analyst de ArcView*.

Estas capacidades fueron utilizadas básicamente para el desarrollo del cálculo de condiciones de accesibilidad, variable necesaria en los análisis de vulnerabilidad social, vulnerabilidad operativa de la infraestructura carretera y en la elaboración de los planes de intervención en los períodos de emergencia.

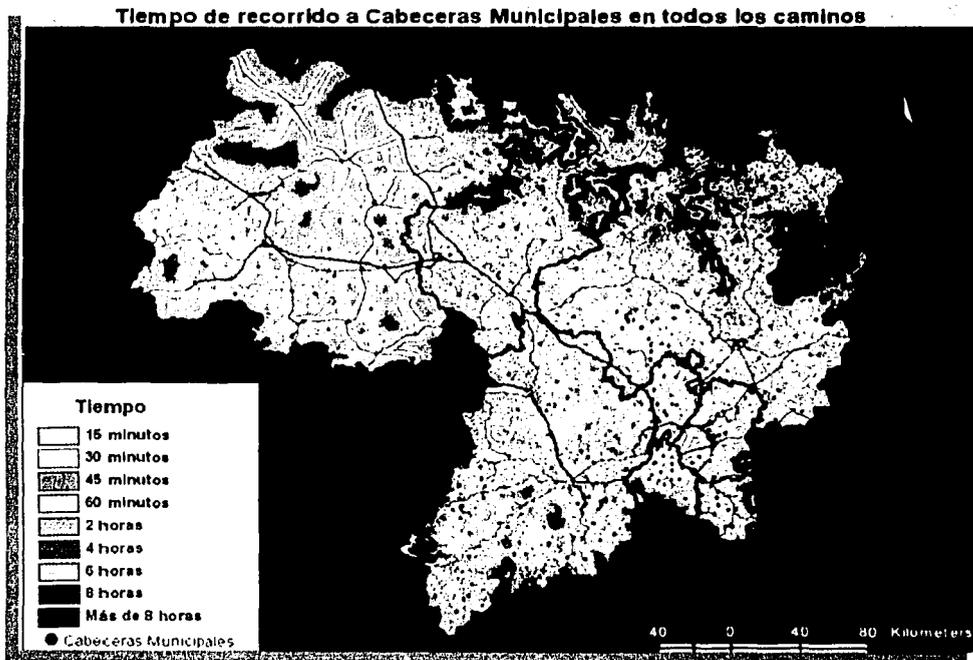


Figura 26. Ejemplo de análisis de accesibilidad.

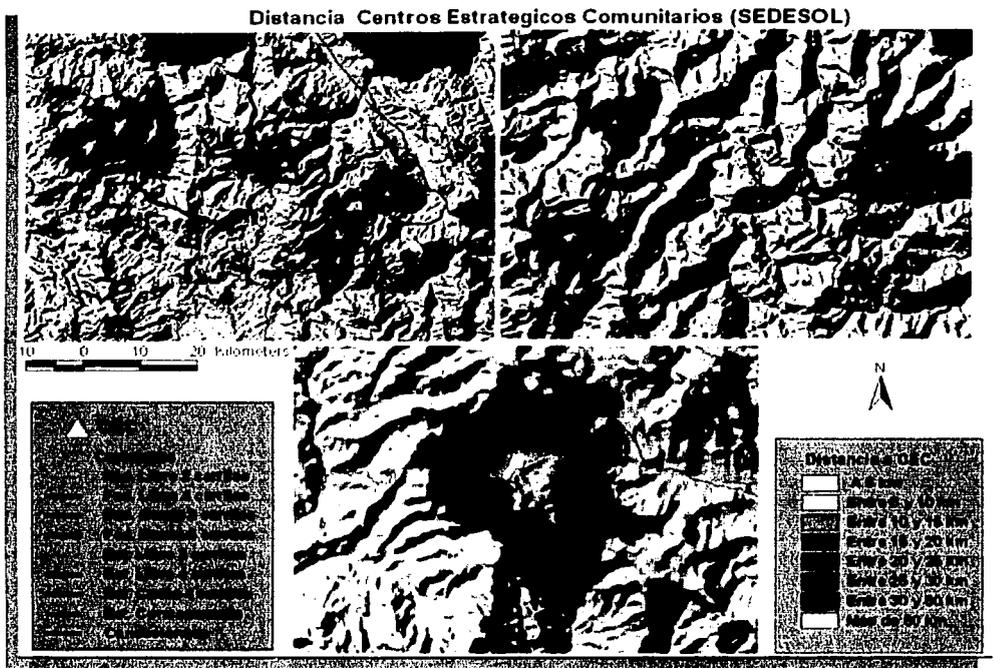


Figura 27. Accesibilidad a los Centros Estratégicos Comunitarios establecidos por la Secretaria de Desarrollo Social.

ANÁLISIS DE RUTAS

Se trata también de una capacidad específica, es decir no propia de las funciones base de un SIG, importada en este caso del *Módulo Network de ArcView*, fundamental para llevar a cabo los análisis de funcionamiento del sistema de transporte, proporcionar rutas alternativas y muy en especial, identificar los puntos vulnerables en una red carretera.

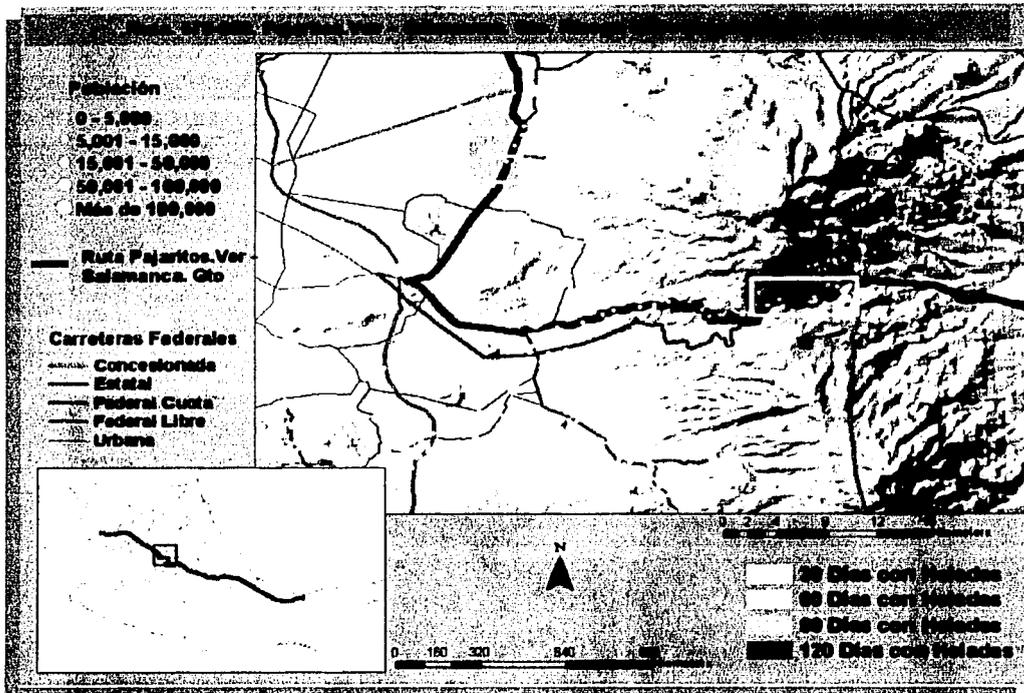


Figura 28. Ruta de transporte de materiales peligrosos que atraviesa la zona de estudio. Elemento a considerar en los análisis de vulnerabilidad de la red carretera.

La simulación o modelado de procesos, que el análisis de rutas permite, se considera un recurso de trabajo muy útil en materia de prevención, al favorecer la detección de condiciones de riesgo, así como la inferencia de las implicaciones derivadas por la obstrucción de algún camino. Durante la atención de emergencias, la utilidad de la simulación también es relevante en virtud de la posibilidad de búsqueda de pasos alternativos frente a tramos carreteros interrumpidos.

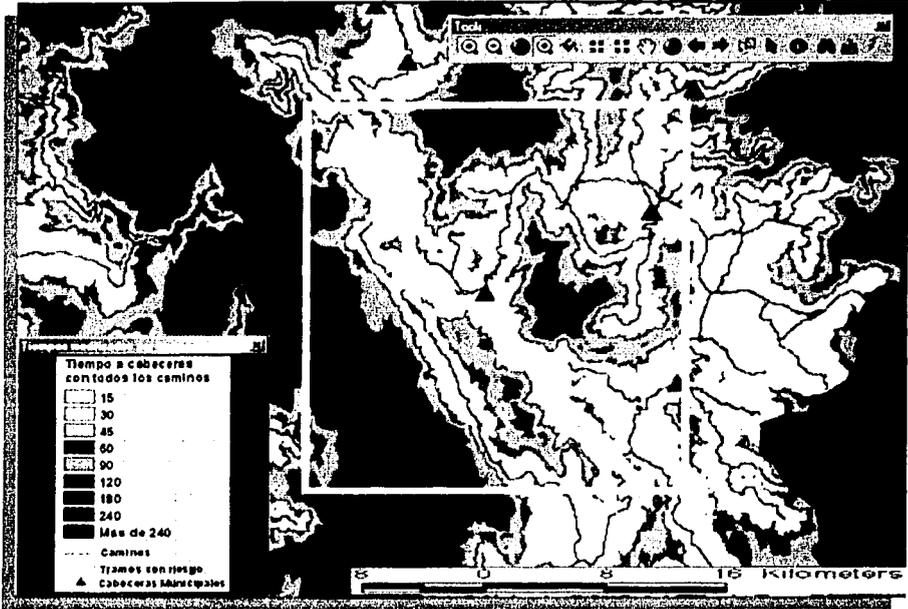


Figura 29 a. Simulación de un desastre. Tiempos normales de recorrido.

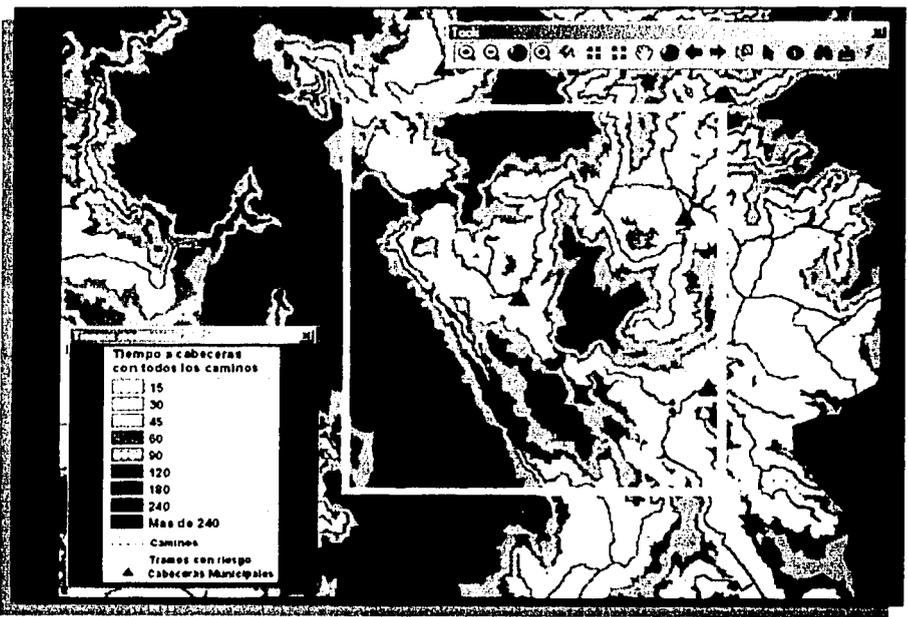


Figura 29 b. Tiempos modificados de recorrido a causa de la inundación.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA

Además de la capacidad de visualización gráfica de la información, la otra gran capacidad del sistema es la de su representación cartográfica, cumpliendo para el efecto con todo el rigor establecido por la cartografía (manejo de escalas, uso de proyecciones, empleo de simbologías que logren hacer del modelo cartográfico un medio de expresión, anotaciones, fuentes, etc.).

La representación de la información incluye desde luego todas las fases de trabajo, desde la reproducción de la información fuente, la expresión de los procesos de análisis y síntesis por medio de los cuales se va generando nueva información (propiedad significativa del análisis espacial, facilitada por los SIG), hasta la presentación de los resultados alcanzados.

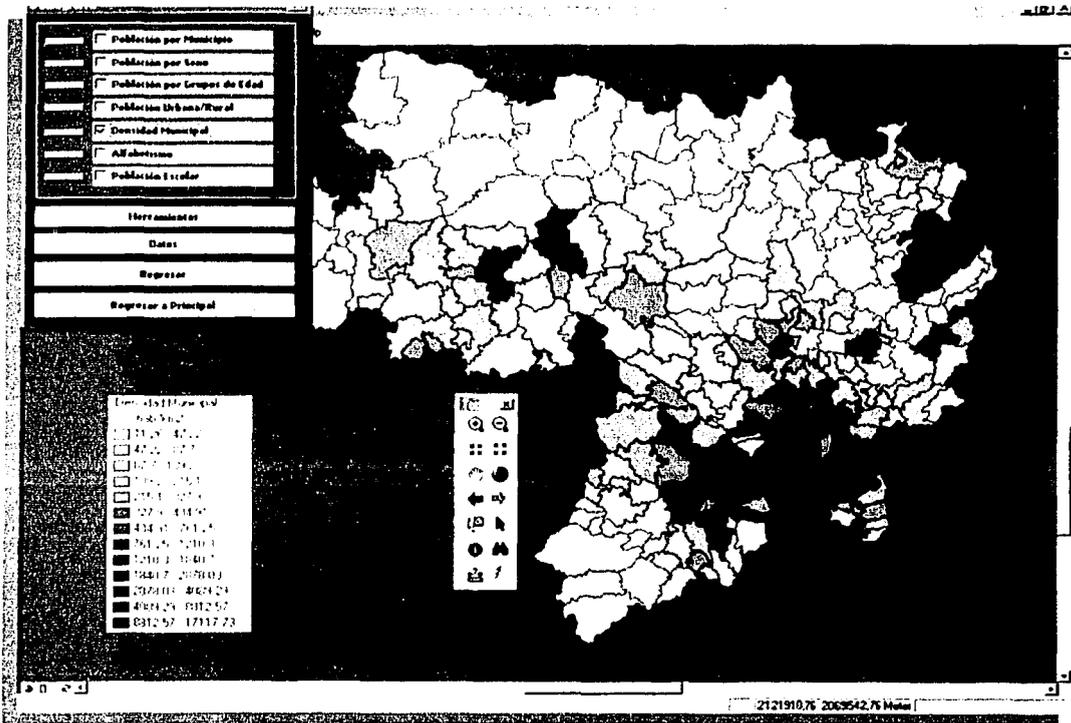
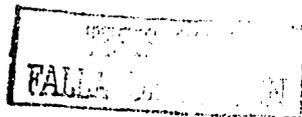


Figura 30. Representación gráfica de una variable de información.



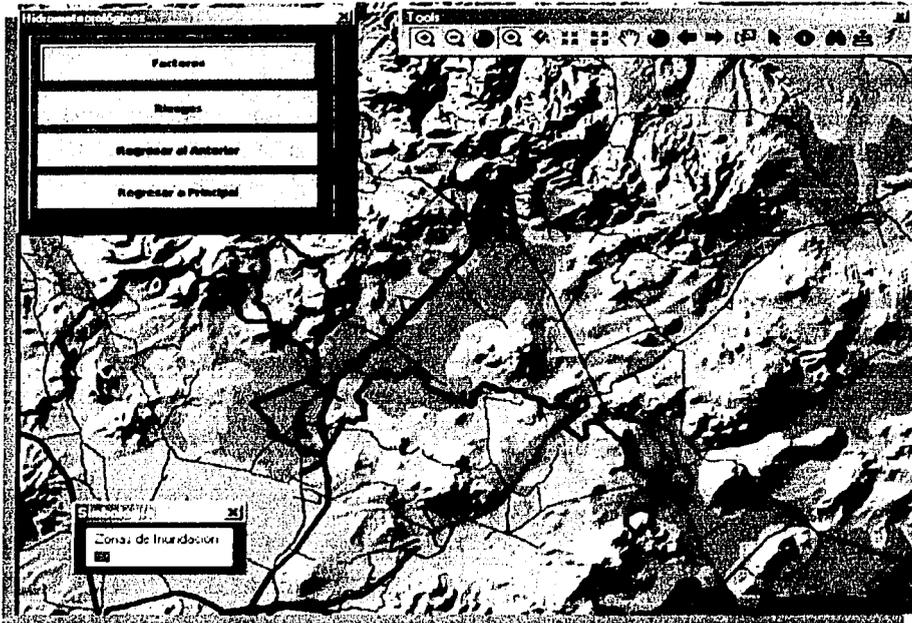


Figura 31. Proceso de búsqueda de condiciones de riesgo.

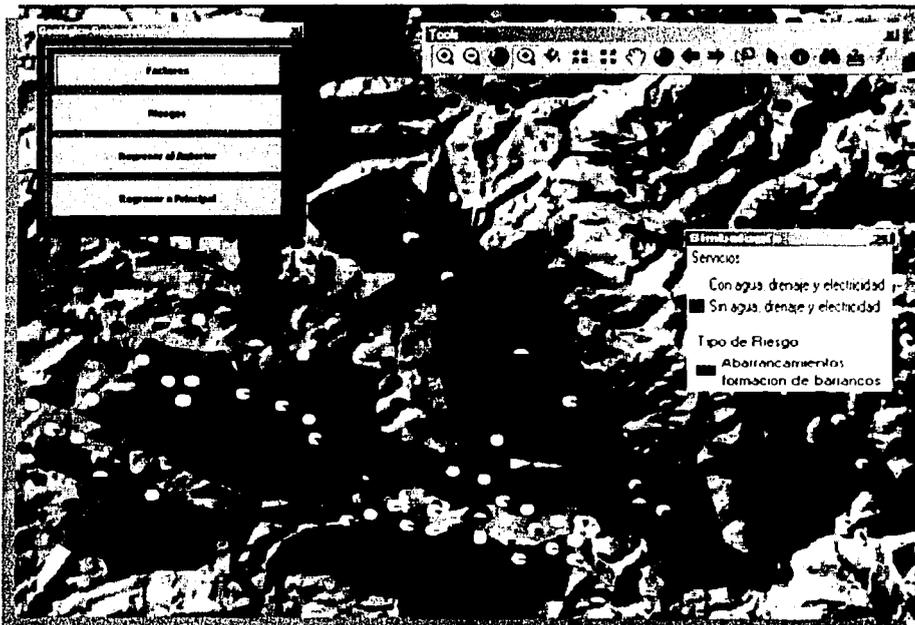


Figura 32. Proceso más avanzado de identificación de zonas de riesgo.

Si bien las capacidades descritas dan forma principalmente, a las funciones y posibilidades de trabajo del *Subsistema de identificación de riesgos potenciales*, éstas no son privativas del mismo, son también recursos de operación del *Subsistema de atención de emergencias*; cada una de ellas es requerida más o menos por uno u otro subsistema, de acuerdo a sus particularidades y necesidades.

4. Metodología de trabajo del *Subsistema de identificación de riesgos potenciales*

En virtud de que el objetivo general de este subsistema es en resumen, el de crear un diagnóstico del desarrollo de las condiciones de riesgo presentes en un espacio determinado, los tres primeros conjuntos de labores no exigen el cumplimiento de una secuencia estricta, dado que los resultados alcanzados en cada caso son independientes, aunque luego se conviertan en los insumos primordiales que ayudan a detectar la presencia o el desarrollo de condiciones de riesgo.

Un primer conjunto de tareas corresponde, por un lado, a la detección del nivel general de deterioro ecológico de los territorios examinados, y por otro lado, a la búsqueda de áreas en donde la presencia de procesos geomorfológicos y/o la frecuencia o intensidad de algún fenómeno hídrico o meteorológico, como lluvias intensas o la propensión a inundaciones, representan algún tipo de peligro o amenaza.

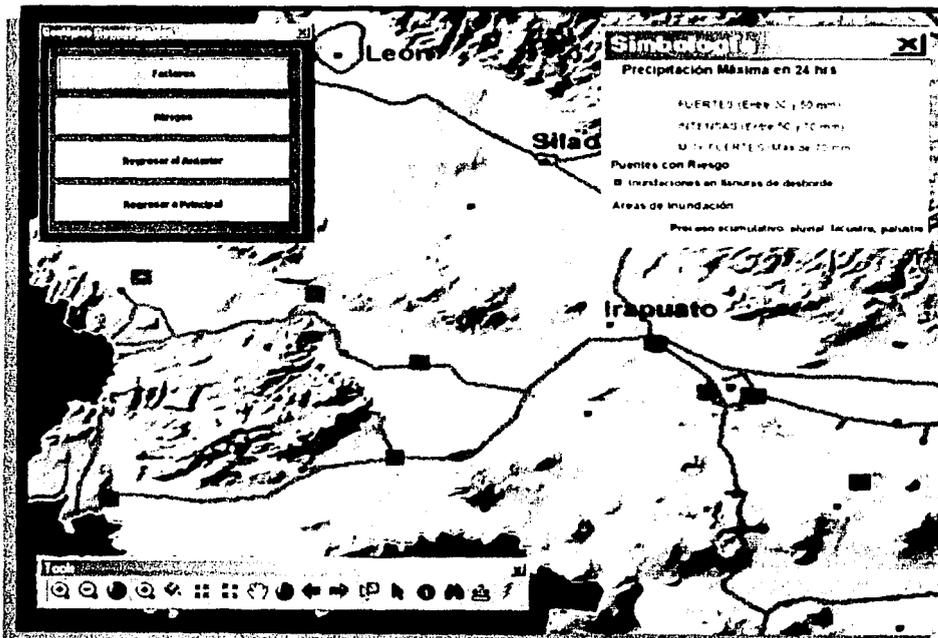


Figura 33.
Puentes en
peligro por
inundación.

FALLA

Otro de estos conjuntos de actividades tiene que ver con la detección de los distintos niveles de vulnerabilidad social presentes en los territorios bajo estudio, mediante el manejo integrado de variables sociales demográficas y económicas.

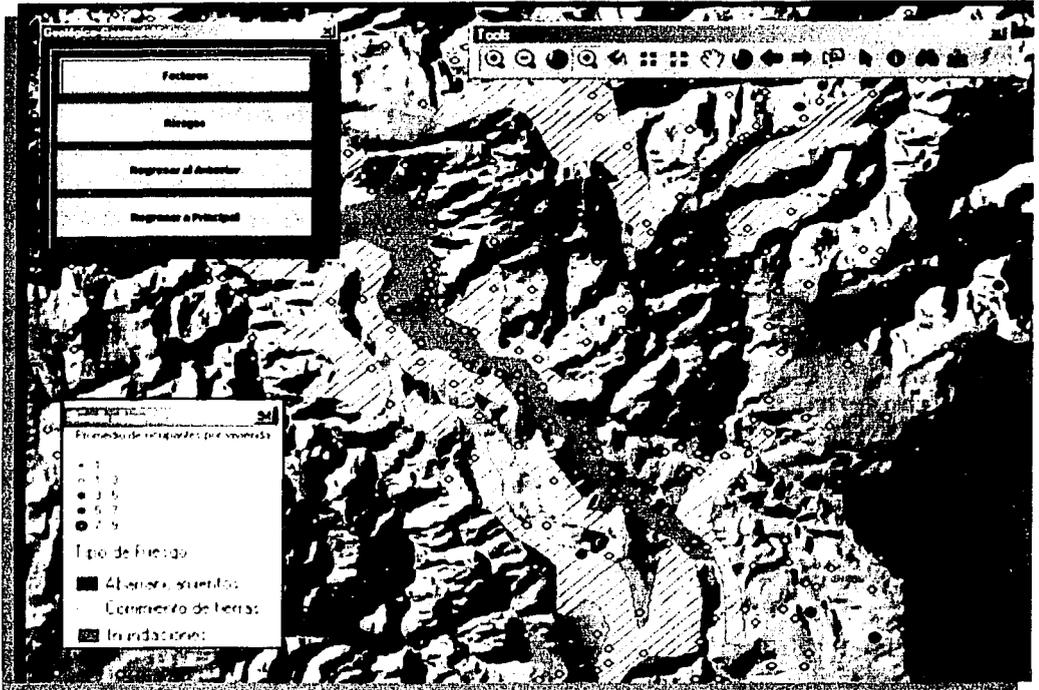


Figura 34. Correlación de indicadores de vulnerabilidad social y tipos de amenazas.

Un tercer grupo de tareas, lo constituye el dirigido a detectar los puntos vulnerables de una red carretera, es decir, aquellos cuya importancia estratégica en la operación del sistema de transporte obliga a mantenerlos en mejores condiciones y a supervisarlos con mayor frecuencia. Recordemos que se trata de los puntos más frágiles, en el sentido de que si se dañan, afectan con mayor intensidad el funcionamiento del referido sistema y extienden hacia un territorio más vasto las consecuencias del fenómeno destructivo.

De ahí que entre otros aspectos, aquí deba analizarse la morfología de la red, su cobertura, la existencia o no de posibles rutas alternativas y desde luego determinar los puntos estratégicos que hay que vigilar con mayor acuciosidad.

Desarrolladas las actividades anteriores, y generada con ellas la información respectiva, se procede a la ejecución de la correlación geográfica de los nuevos insumos.

La intención de correlacionar los espacios con presencia de amenazas y los niveles de vulnerabilidad social observados en cada caso, es la de ir delimitando las áreas en donde se están promoviendo o existen ya condiciones de riesgo y que al momento de dar lugar al desencadenamiento de un desastre causarán daños a la infraestructura carretera.

Una tarea específica en este caso es la de identificar la presencia de condiciones de riesgo en las cercanías de los puntos estratégicos de las redes carreteras, en donde por las consecuencias desencadenadas en caso de presentarse un desastre (mayor entorpecimiento del sistema de transporte y mayor difusión espacial de los efectos del fenómeno destructivo), se incrementa la exigencia de actuar preventivamente.

Este grupo de actividades representa en consecuencia, la generación de información fundamental para promover y orientar las acciones de prevención, así como para dirigir la elaboración de los también muy necesarios planes de mitigación de daños, que deben ser guías claras, concretas y específicas, en una palabra, pertinentes, de lo que hay que hacer previo a la emergencia.

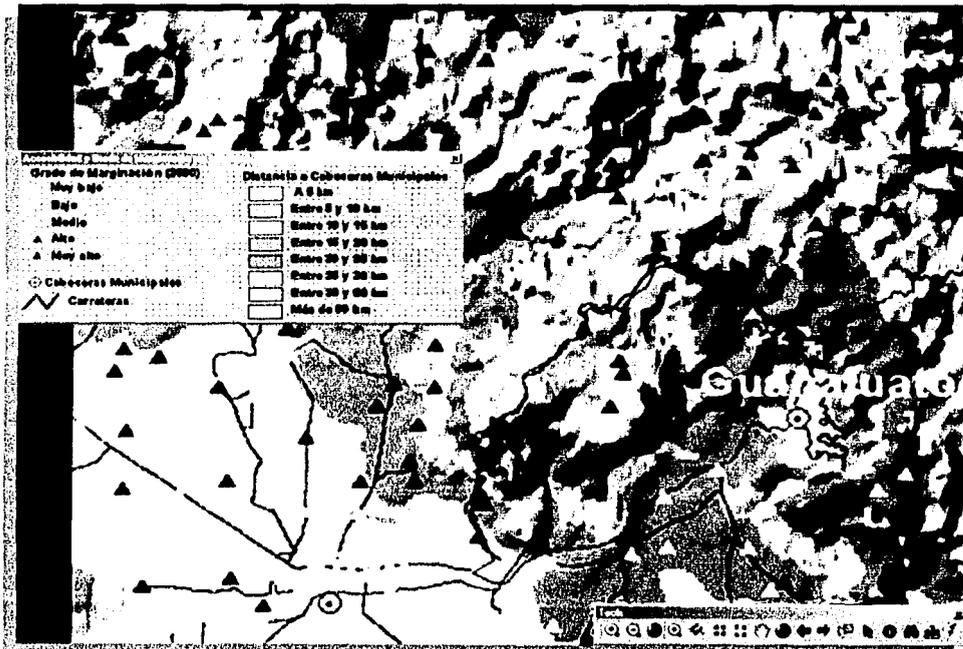


Figura 35. Proceso de identificación de niveles agudos de vulnerabilidad social.

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
VENEZUELA

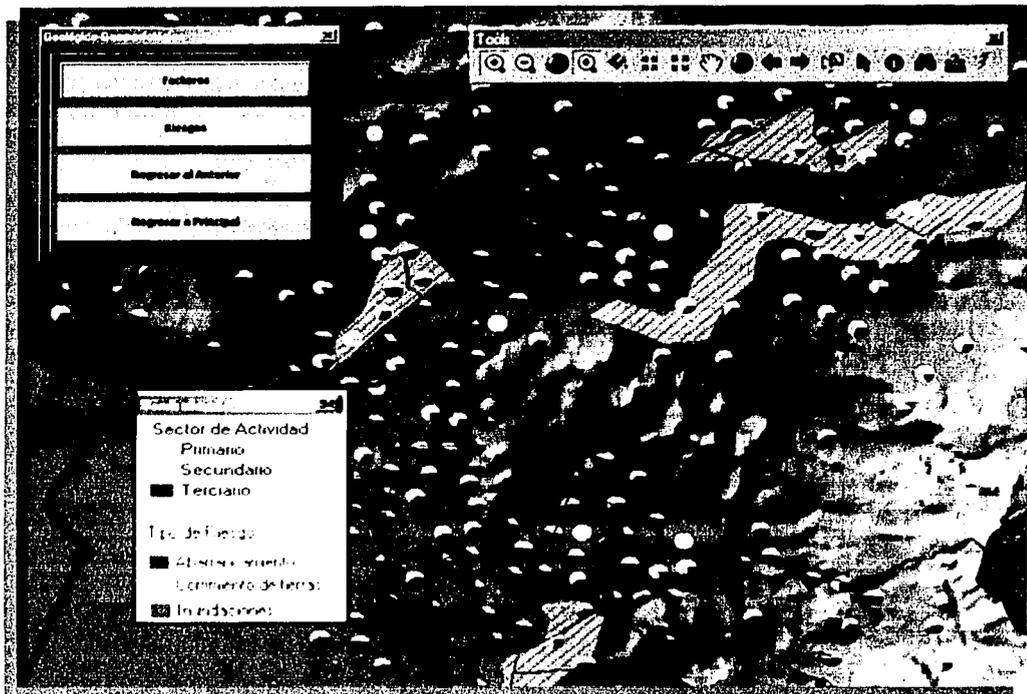
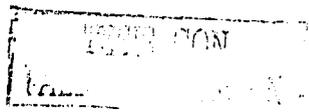


Figura 36. Proceso de identificación de espacios en riesgo.

Un último grupo de labores se desempeña bajo el objetivo de preparar una serie de datos que sirvan por un lado, para dar fuerza al fundamento de actuar preventivamente y por otro, como antecedentes útiles para las tareas del *Subsistema de atención de emergencias*.

Entre tales datos se encuentran, los generados a partir de la simulación de las condiciones de accesibilidad en caso de que se presente un desastre; el establecimiento de rutas alternativas; con el tiempo, es decir cuando los registros históricos de la información lo permitan, la construcción de imágenes en donde se demuestre el avance o retroceso espacial, así como la intensificación o atenuación de los procesos de deterioro natural, de las condiciones de pobreza y marginación, así como la evolución de las condiciones de riesgo.



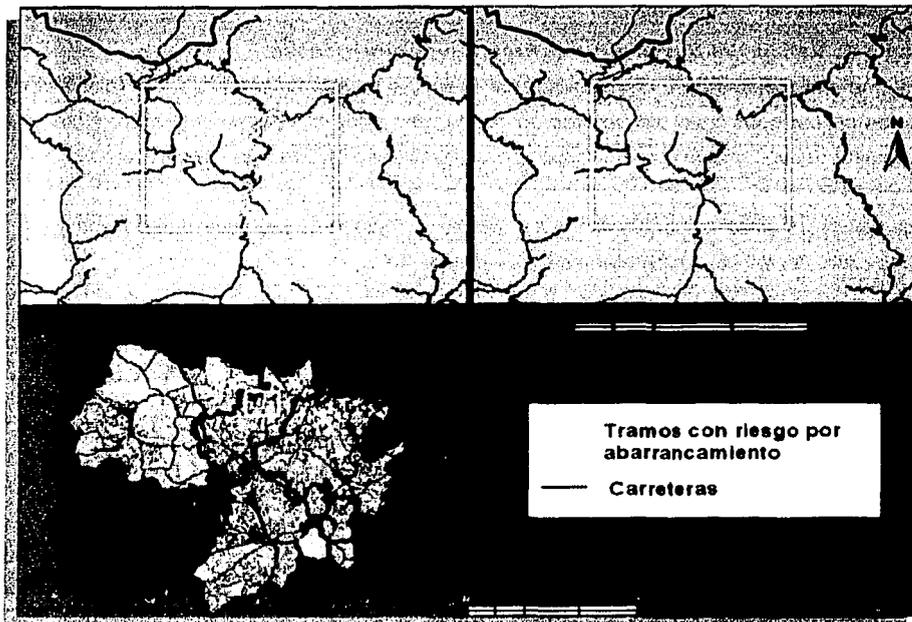


Figura 37 a. Simulación de un proceso de formación de barrancos que puede afectar algunos tramos carreteros.

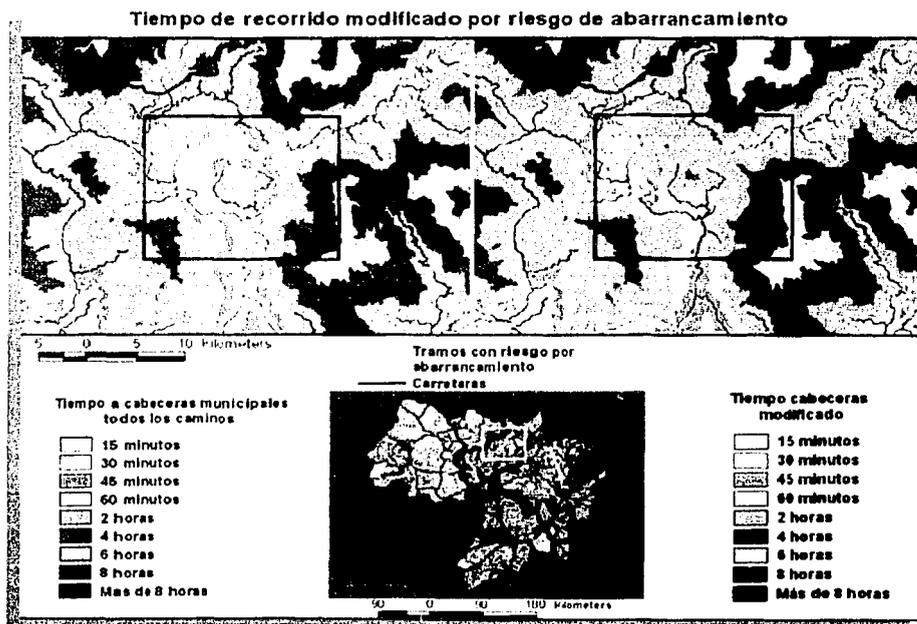


Figura 37 b. Modificación en los tiempos de traslado a causa de interrupciones en la vía.

TESIS CON
FACULTAD DE INGENIERIA

5. Metodología de trabajo del Subsistema de atención de emergencias

Recordemos que el *Subsistema de identificación de riesgos potenciales* concentra su atención en la identificación de espacios bajo condiciones de riesgo, en donde la infraestructura carretera se aprecie especialmente vulnerable con el propósito de determinar e impulsar las labores preventivas necesarias. En tanto en el caso del *Subsistema de atención de emergencias*, el objetivo circunda las necesidades de orientar las acciones a emprender y agilizar la logística desplegada para responder a la situación de excepción planteada por el desastre.

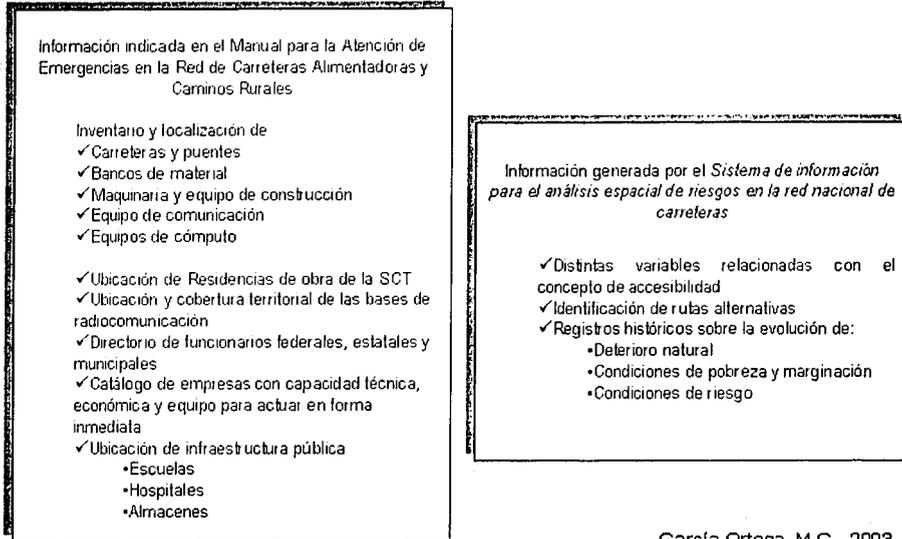
Así, mientras el primer subsistema se construye tratando de fundamentar la importancia de fortalecer las labores vinculadas con las fases previas al desastre, hasta ahora subestimadas y mal atendidas, e intentando concretar un proceso de trabajo que favorezca su atención; el segundo subsistema en cambio, se materializa sobre la base de la metodología desarrollada y puesta en práctica por la Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional de la SCT (referida en el capítulo III Riesgo y vulnerabilidad de la infraestructura carretera).

Aunque el *Subsistema de atención de emergencias* sigue la lógica de operación planteada por esa dependencia, en la que los objetivos centrales son: ubicar los daños y recuperar la infraestructura afectada, con base en el trabajo del *Subsistema de identificación de riesgos potenciales* se pretende aportar, a manera de antecedentes, más información que ayude a los responsables a enfrentar la situación de destrucción; por ejemplo: reportes previos del estado de deterioro de la infraestructura carretera en ese momento afectada, informes de las labores de mantenimiento llevadas a cabo sobre la misma, modelos cartográficos de los sitios más vulnerables, así como de los estratégicamente más importantes, en términos de afectación en la conectividad de la red carretera, entre otros.

Si bien el *Subsistema de atención de emergencias* contará con la información indicada por el *Manual para la Atención de Emergencias en la Red de Carreteras Alimentadoras y Caminos Rurales*, la intención, como quedo señalado en el párrafo anterior, es que éste disponga de datos adicionales considerados convenientes para el cumplimiento de sus objetivos (Figura 38).



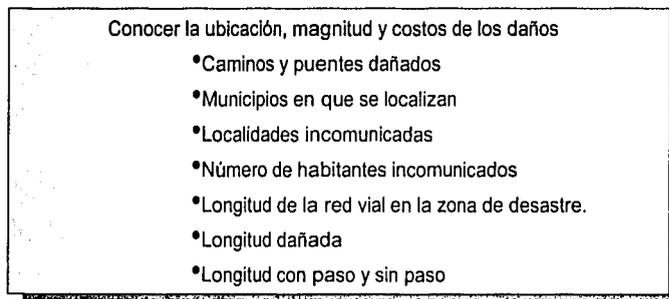
INFORMACIÓN BASE DEL SUBSISTEMA DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



García Ortega, M.G., 2003

Figura 38. Requisitos de información necesarios para enfrentar las situaciones de emergencia.

De conformidad con las actividades realizadas durante el período de emergencia, según la multicitada metodología ⁵, la primera tarea del subsistema es la de recabar la información de campo (utilizando durante los recorridos de inspección, el paquete tecnológico descrito con anterioridad), con base en la cual es factible construir el panorama de la situación de desastre, dado que los objetivos son: localizar los daños, diferenciar su tipo y precisar la cobertura territorial de la zona afectada.



⁵ La cual no obstante servir de marco de referencia exhibe, a nuestro juicio, algunos detalles e inconsistencias, que tratamos de ajustar, bien sea modificando la secuencia de algunas actividades o precisando los propósitos de otras de ellas.

Información con la que de entrada es posible dar respuesta a la necesidad de determinar los caminos o delimitar las zonas que estarán a cargo del Centro SCT respectivo y cuales bajo la responsabilidad de las dependencias estatales correspondientes.

Unidad de Sistemas de Información Espacial

Sistema de Atención de Emergencias

Formas de captura en campo

LINEAS.SHP

PUNTOS.SHP

1. Libre de paso

2. Tipo de vía

3. Señales

4. Nivel

5. Afectación

6. Nombre de localidad

7. Límite de estado

8. Nombre puerto

9. Tipo de aeropuerto

10. Señales de identificación

11. Señales preventivas

12. Señales restrictivas

13. Señales turísticas

14. Señales de velocidad

15. Con paso, interrumpido

16. Pav. Levantado, daño serio, inundación, sin datos, ninguno

17. Existe foto sí/no

18. Intersección entronque, intersección sin pav, entronque sin pav, ninguno

19. Nivel desnivel

20. Nivel desnivel

21. Límite de estado

Programación: diseño elaboración
 U.C.V.P. Unidad de Sistemas de Información Espacial IMT-SCT. 2003

Figura 39. Plantillas diseñadas para la captura de información en campo, durante una situación de emergencia.

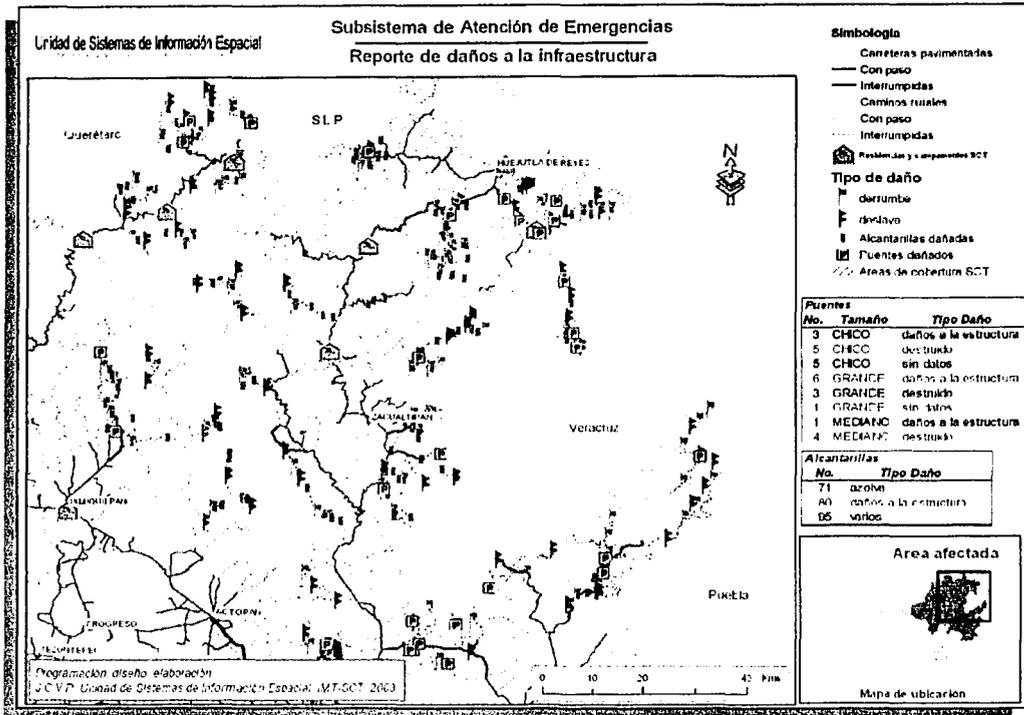


Figura 40. Delimitación de la zona afectada

La siguiente actividad corresponde a la localización del Centro de Operaciones para la atención del desastre, entre cuyos requisitos se encuentran: el que éste cuente con medios de comunicación suficientes y se faciliten desde su ubicación los desplazamientos hacia los tramos carreteros lesionados.

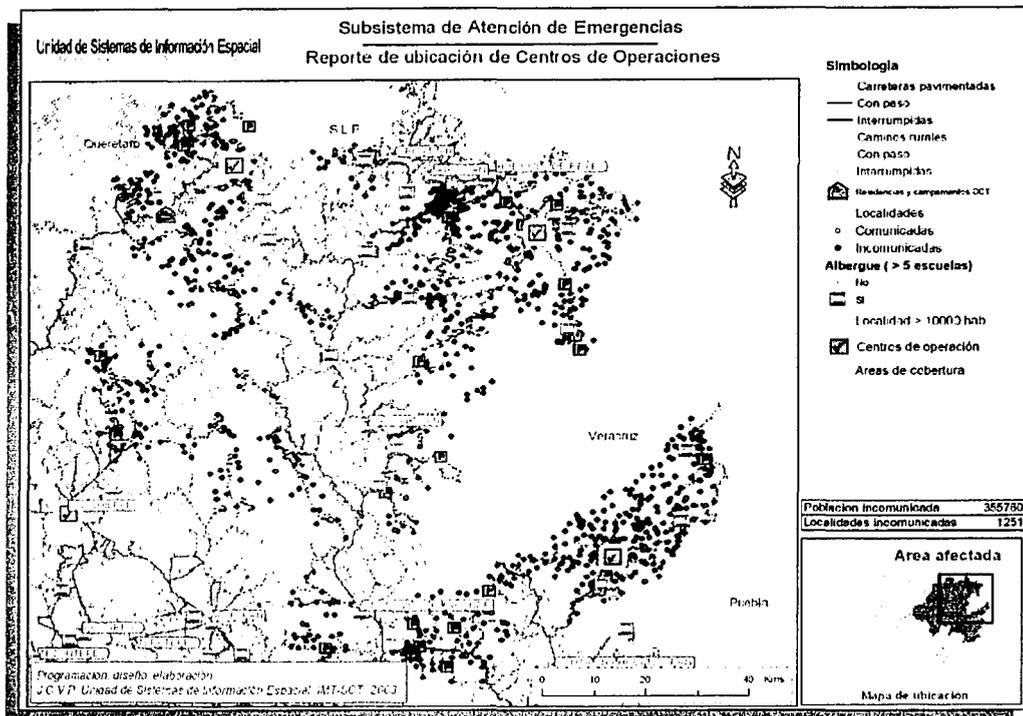


Figura 41. Propuesta de localización de dos Centros de operaciones.

En tercer lugar, se plantea como necesaria una evaluación general del siniestro, reconociendo que una de las formas más convenientes de expresarla es a través de un modelo cartográfico. Punto en donde se expresan, ante los involucrados en la operación, de forma más inmediata y directa las ventajas de utilización de un SIG, cuyas facilidades permiten además representar el problema, no sólo en términos de la enumeración de perjuicios, sino desde la posibilidad también de diferenciarlos y determinar las vías de acceso para su recuperación.

Asimismo, apoyados en el material cartográfico elaborado, los responsables de coordinar las labores interorganismos o intrainstituciones podrán asignar y distribuir las tareas procedentes para la atención del problema.

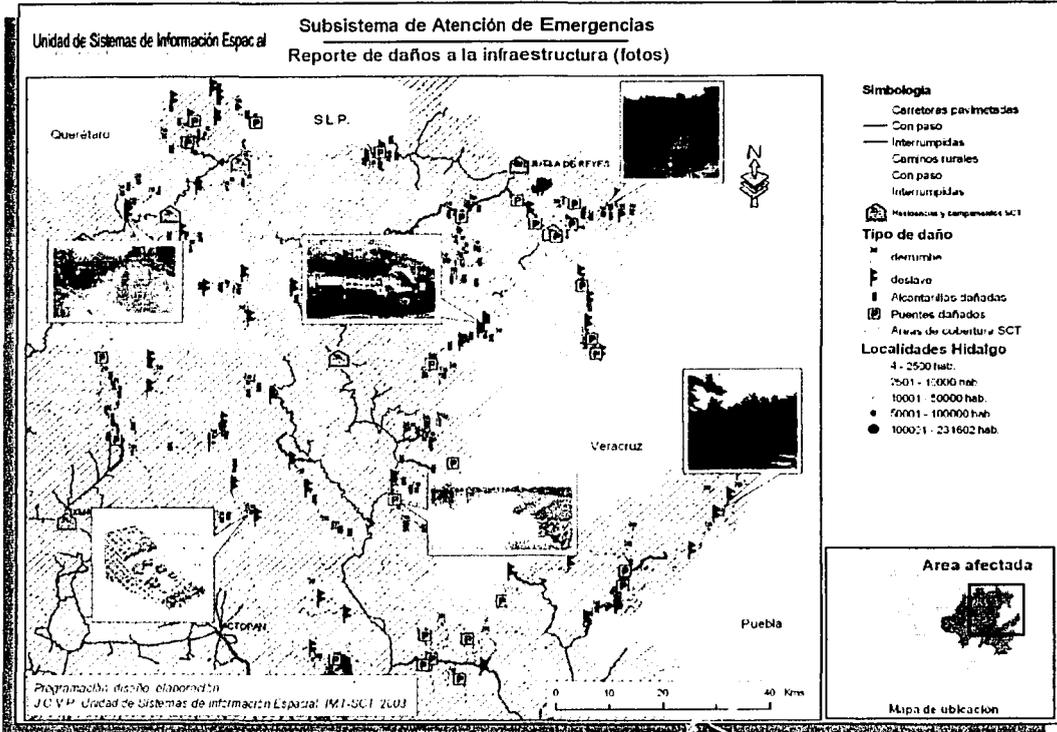


Figura 42. Daños en la red carretera de Hidalgo.

Delimitado el territorio considerado como "zona de desastre" se procede a ubicar a las poblaciones que actuarán como "centros de abasto de alimentos" y como "puntos de atención médica" para la población afectada.

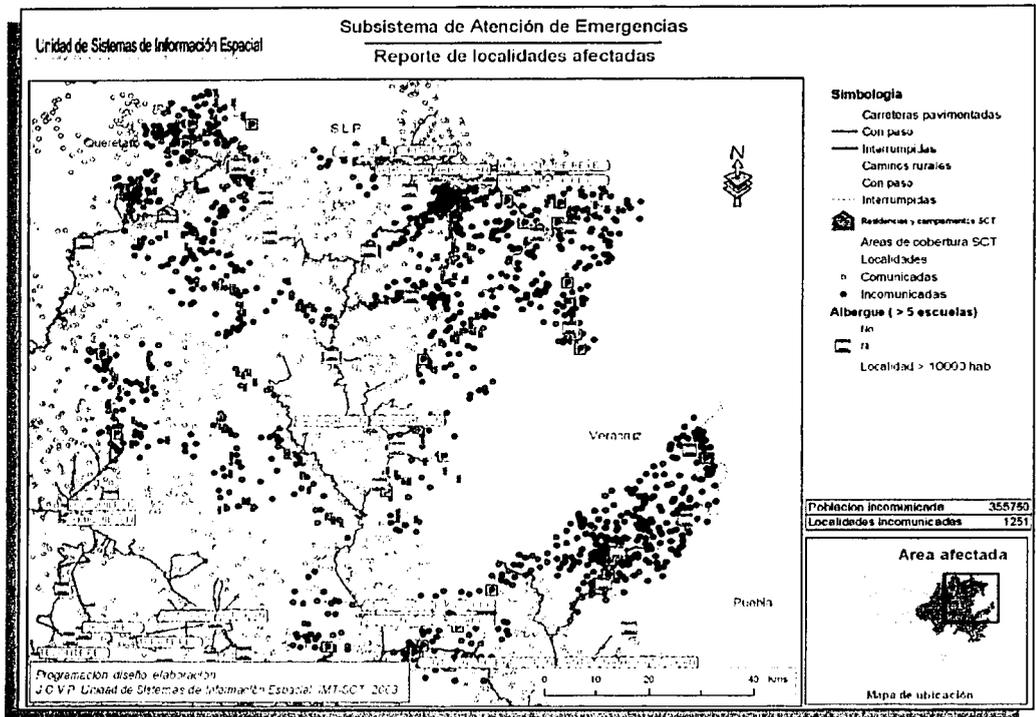


Figura 43. Panorama de localidades incomunicadas e identificación de planteles escolares que podrían realizar funciones de albergue

Logrado lo anterior, a la siguiente actividad concierne el diseño de la "Estrategia de atención de los caminos dañados", cuyo objetivo es dar paso provisional en los segmentos interrumpidos, en donde de acuerdo con el esquema de atención establecido por la SCT:

Tienen prioridad

- ✓ los caminos que comunican a las poblaciones definidas como centros de abasto, albergues o puntos de atención a la población damnificada.
- ✓ los segmentos carreteros que enlazan a las localidades con mayor número de habitantes
- ✓ y las cabeceras municipales

En segundo lugar se propone atender a los segmentos carreteros que conformen un eje.

Por último, los ramales

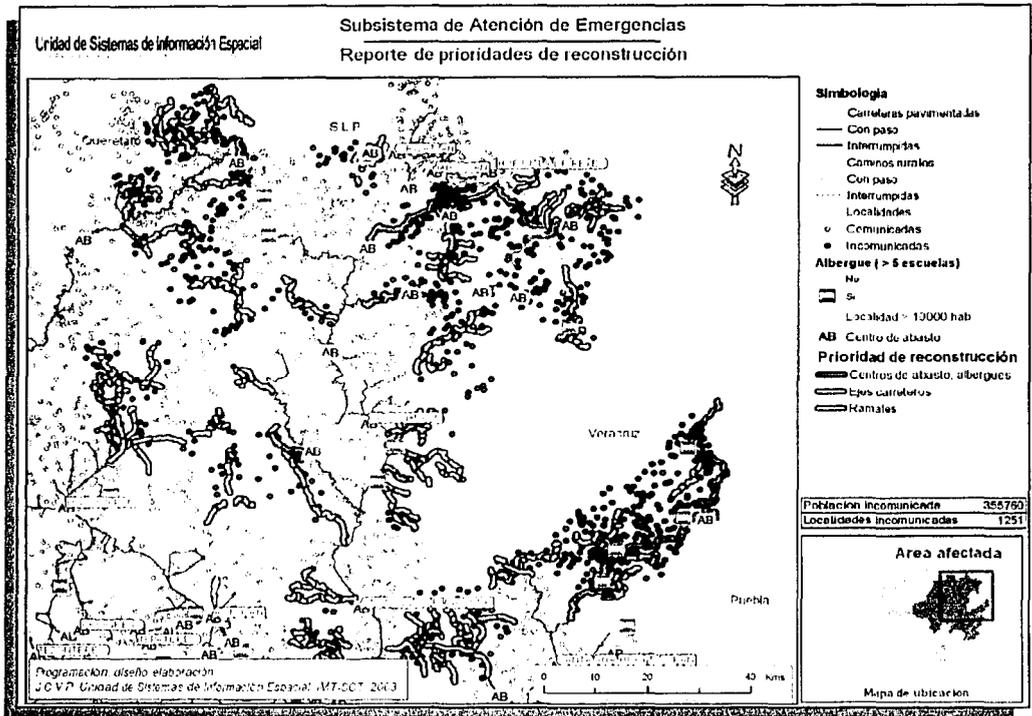


Figura 44. Diferenciación en las prioridades de atención de los caminos afectados según metodología reportada

Aunque dentro de esa lista de prioridades, nosotros sugerimos que debe agregarse y otorgarse importancia a la atención de los identificados como puntos estratégicos en una red carretera.

Hasta aquí, las actividades que conforman la *Fase de atención de la emergencia*, en adelante, las labores corresponden a la *Fase de Reconstrucción y Rehabilitación*.

En paralelo a los trabajos realizados para dar paso provisional en la zona de desastre, se debe ir realizando, lo que los expertos llaman "Evaluación definitiva de los daños", la cual incluye las estimaciones de los costos, como requisito de información necesario para iniciar, después de logrado el acceso parcial en la zona afectada, las obras de reconstrucción y rehabilitación de los caminos que así lo requieran.

TESIS (2003)
FALLA DE MANEJO

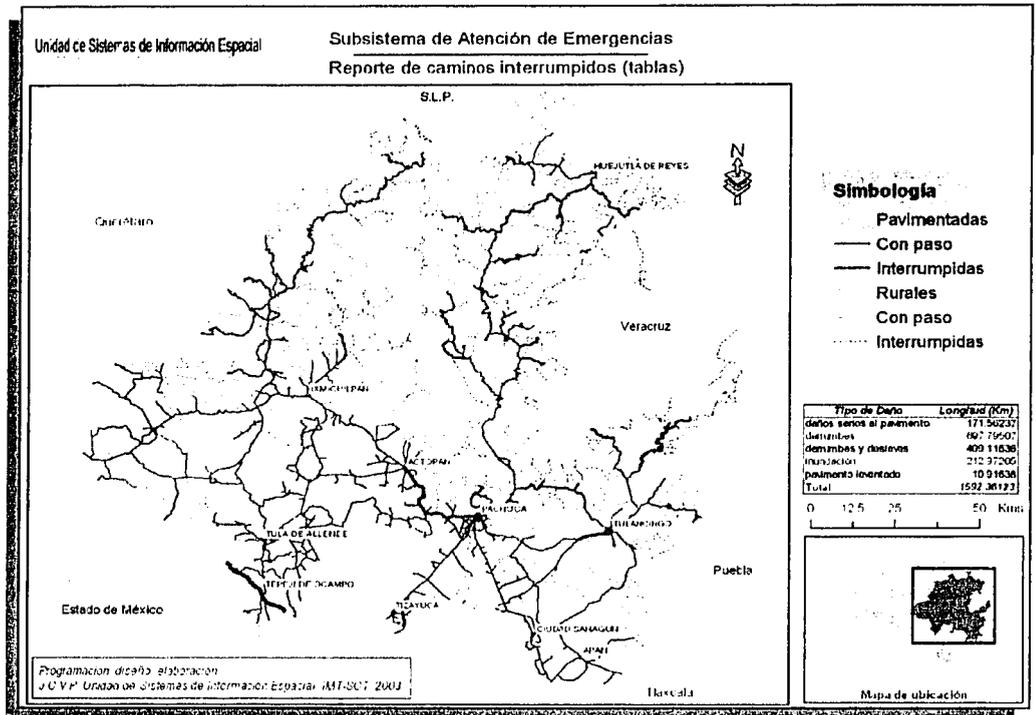
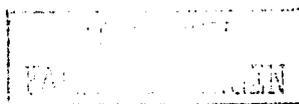


Figura 45. A partir de esta información, las herramientas de selección del sistema determinan cuáles son concretamente los caminos que deben ser reconstruidos.

Conforme al resultado de las evaluaciones definitivas y contando con los estudios y proyectos requeridos, así como con los programas y presupuestos de obra, y los programas de utilización de equipo y personal, se procede a la contratación de las empresas que llevarán a cabo los trabajos de rehabilitación del patrimonio dañado, a fin de restituir a la infraestructura las condiciones físicas en que se encontraba antes del evento destructivo.

Como parte de esta fase de trabajo, es común que la literatura especializada en el tema y al menos en el discurso las autoridades encargadas, reconozcan que es conveniente y oportuno incluir dentro del trabajo de reconstrucción, las mejoras necesarias que reduzcan la vulnerabilidad frente a futuros eventos. Independientemente de la viabilidad o no de su realización, principalmente por el impedimento que en muchas ocasiones plantean el incremento de los costos, se reitera aquí, la pertinencia del *Subsistema de identificación de riesgos potenciales* entre cuyos propósitos se encuentra el de indagar precisamente sobre esas posibles vulnerabilidades.



Por último, en esta fase del trabajo es necesario llevar un control diario de los avances físicos y financieros de la obra, además de generar los reportes respectivos tanto para los órganos de control como para las autoridades superiores; en donde una vez más, las capacidades de manejo cartográfico de la información brindadas por la herramienta informática agilizan las labores de reporte y revelan con mayor claridad, la evolución y el panorama, en distintos momentos, de la situación de reconstrucción, al proporcionar imágenes acerca de los tramos carreteros que van más adelantados, cuales los ya reestablecidos o de cuales son los espacios nuevamente comunicados o por el contrario aún incomunicados, en cuyo caso por ejemplo, con ayuda del mismo *Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras* es factible ir más allá, a través de la exploración de las razones del atraso y de las implicaciones del mismo.

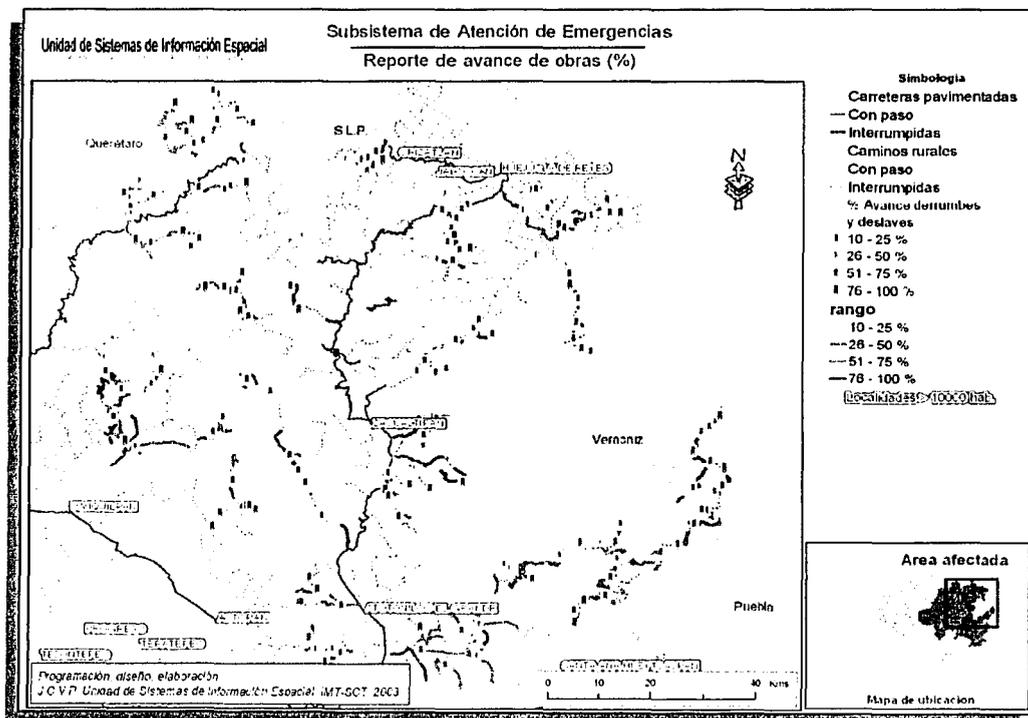


Figura 46. Reporte de avances de las obras de reconstrucción.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

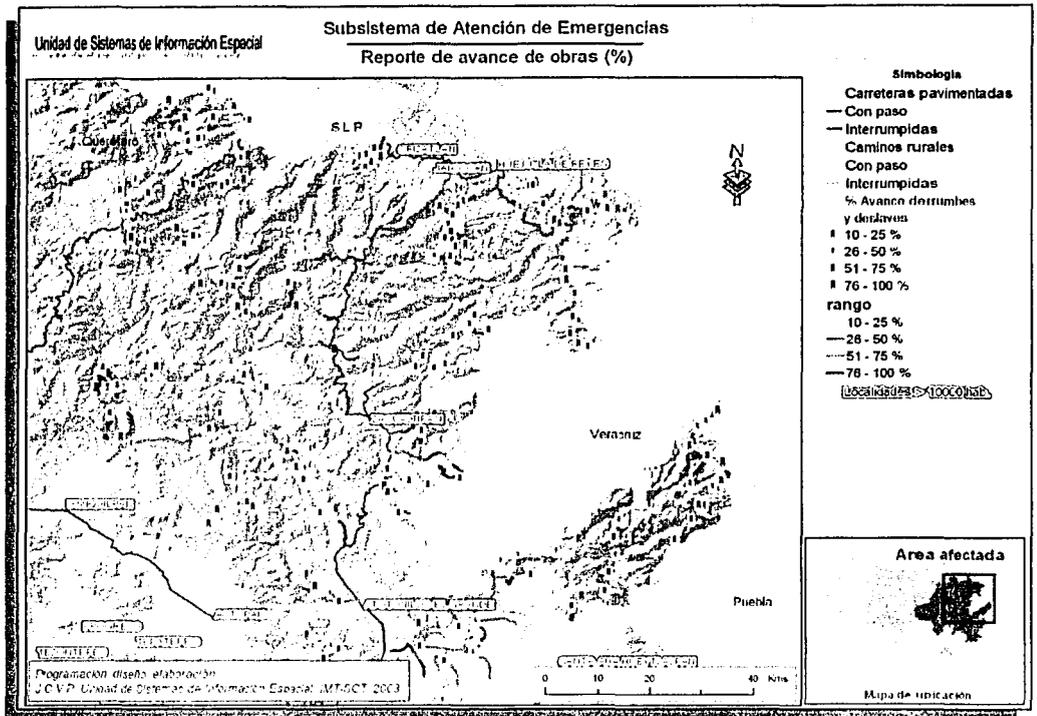


Figura 47. Zona reintegrada a la comunicación vía carretera.

El reporte del desastre, como se señaló líneas arriba, resulta más efectivo en términos de su atención cuando es cartografiado, y esta labor incrementa su rapidez, facilidades y ventajas cuando se realiza con base en un SIG en comparación con los métodos tradicionales hasta ahora imperantes entre los organismos responsables de superar la emergencia. De manera que a continuación se presenta una secuencia de los reportes de trabajo que realizan las áreas correspondientes de cada Centro SCT, sólo que esta vez efectuados desde el Subsistema de Atención de Emergencias.

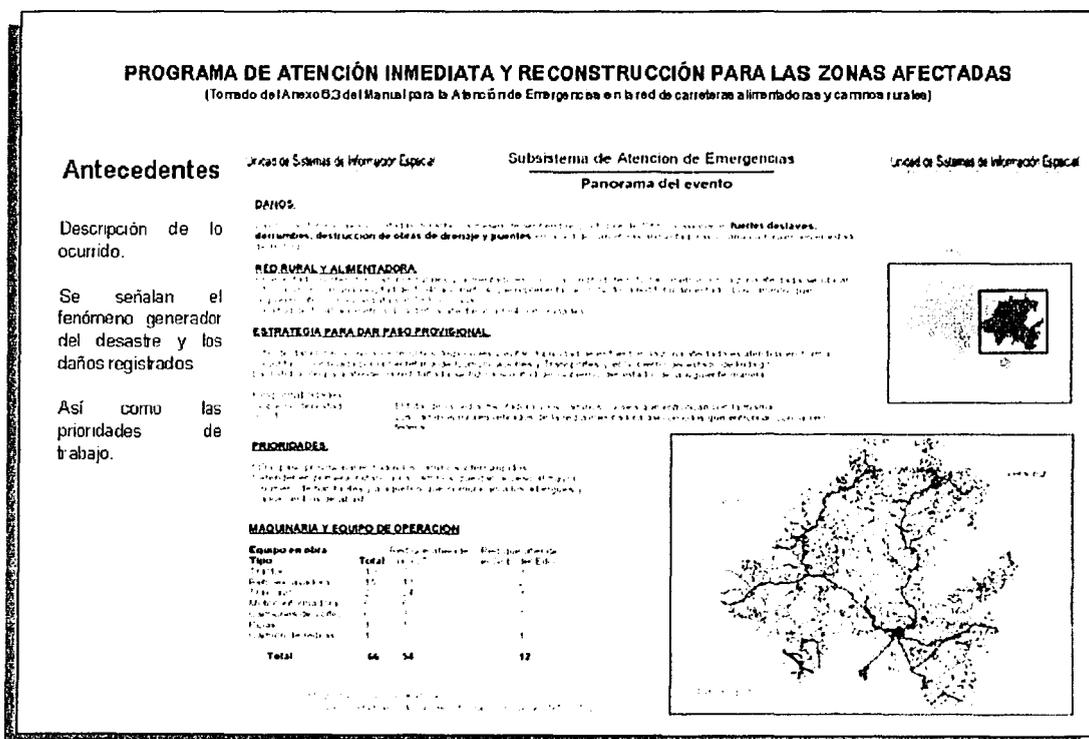


Figura 48. Descripción del desastre.

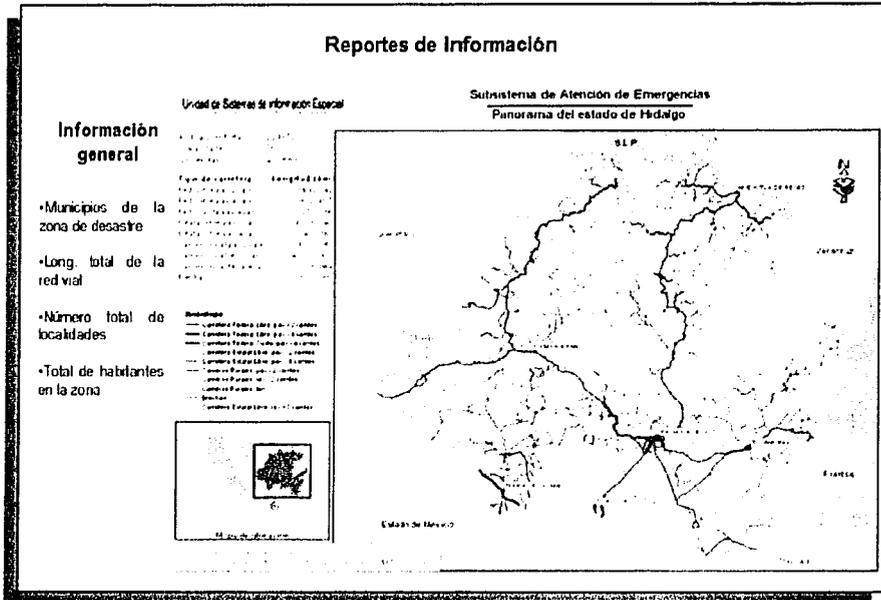


Figura 49. Información general de la zona afectada.

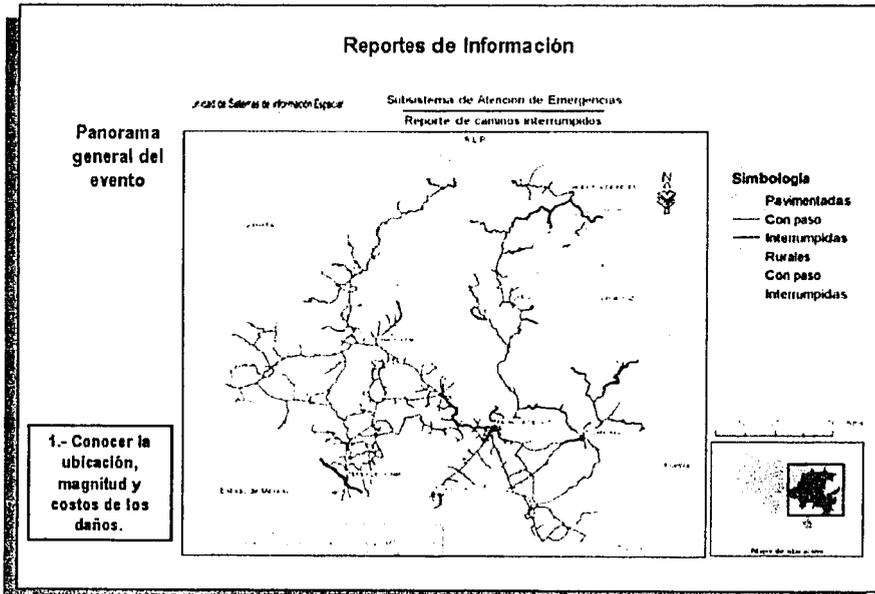


Figura 50. Panorama general del desastre.

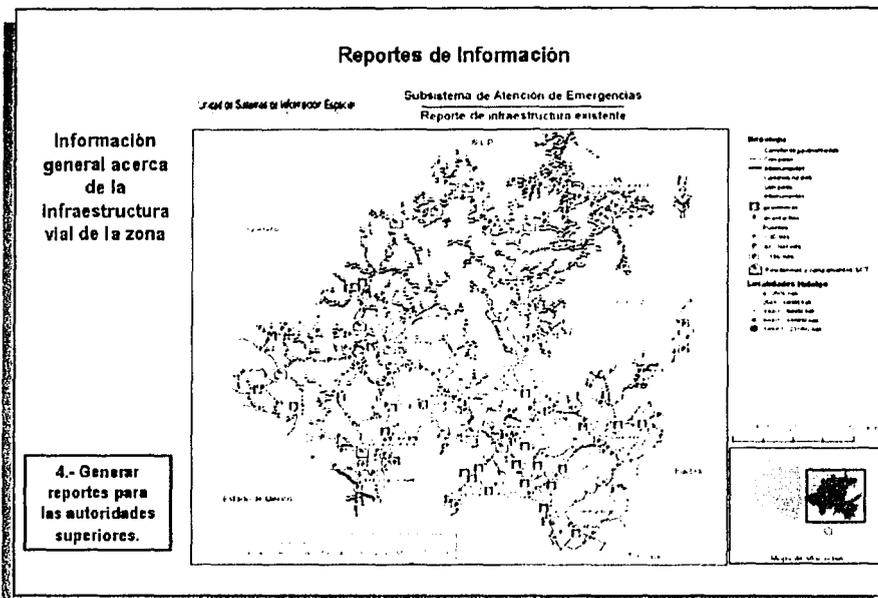


Figura 51. Infraestructura carretera.

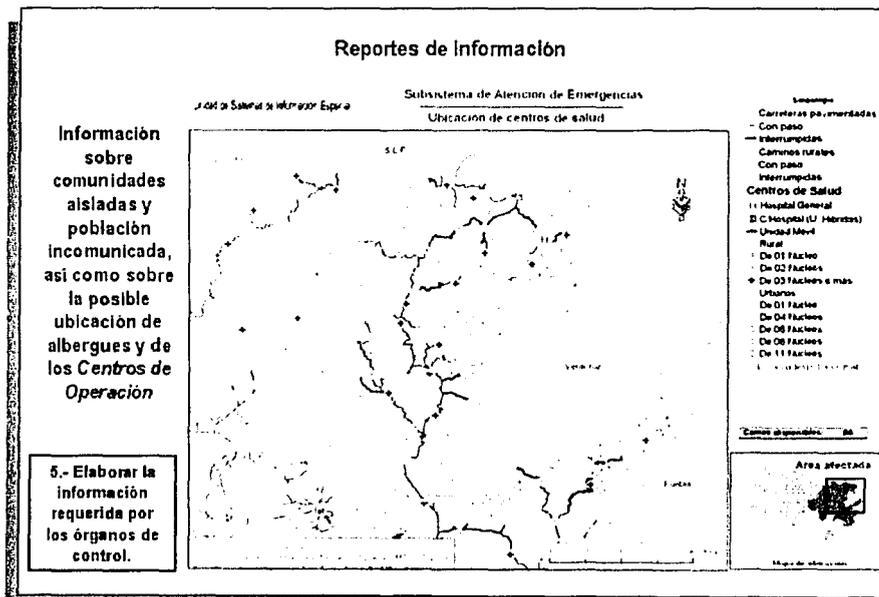
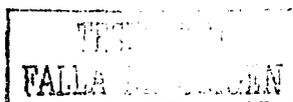


Figura 52. Localización de Centros de Salud.



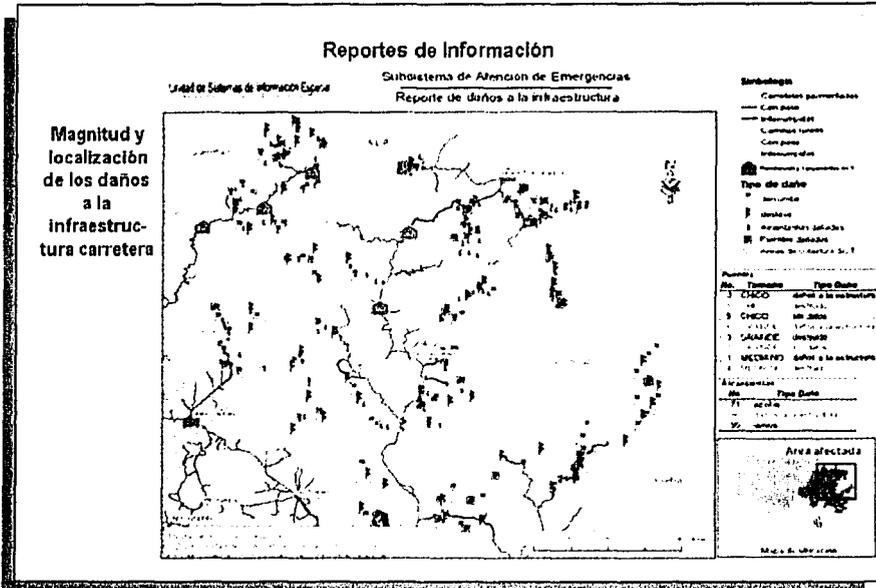


Figura 53. Representación de daños a la infraestructura carretera.

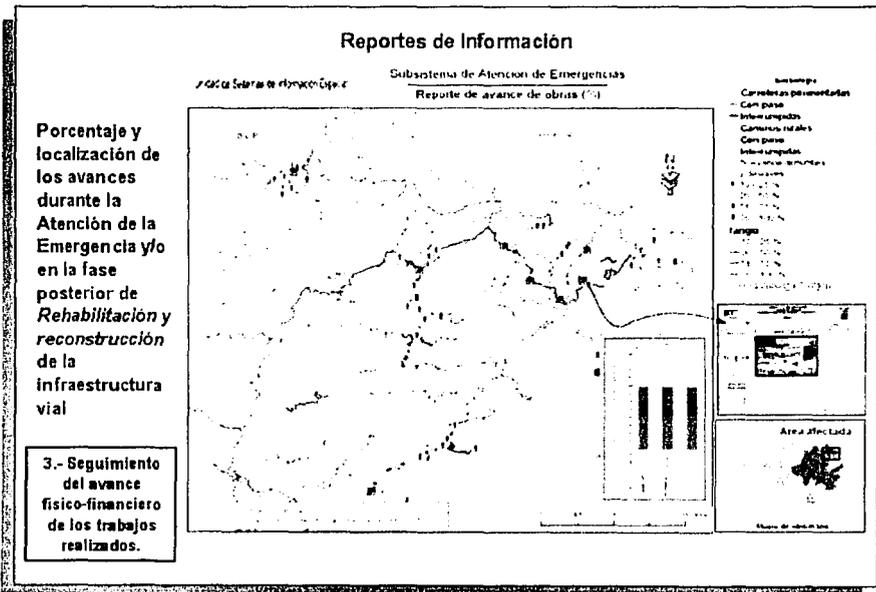


Figura 54. Reporte cartográfico del seguimiento de avances acompañado de los recursos de representación hasta ahora utilizados

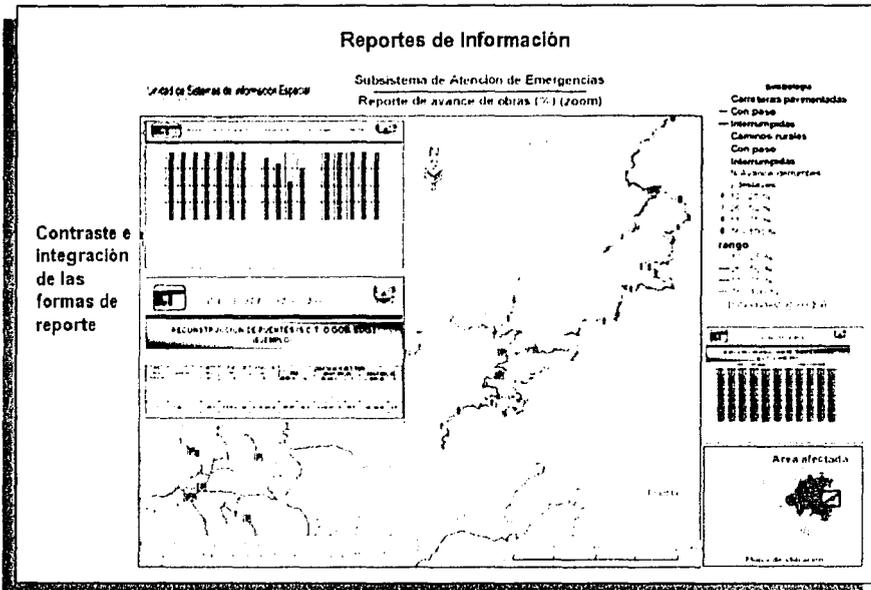


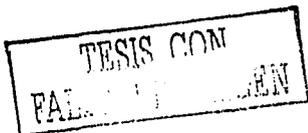
Figura 55. Integración de las formas de reporte actuales con la expresión cartográfica posibilitada por el Subsistema de Atención de Emergencias.



Figura 56. Acercamiento a una zona en donde se pueden distinguir los avances en los trabajos de reconstrucción.

A manera de síntesis bajo los procesos metodológicos descritos y operando con base en la herramienta de trabajo descrita se busca apoyar y fortalecer como lo señala el objetivo general que enmarca el diseño y construcción del *Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red carretera nacional* a la Gestión de Desastres en materia de infraestructura carretera, en el sentido cabal del término.

Considerando que buena parte de esta estructura metodológica e informática sirve de base para ampliar su operación hacia otros grupos de riesgos, se plantea para el futuro inmediato la inclusión de los peligros químicos y posteriormente de los clasificados por el Sistema Nacional de Protección Civil como riesgos socio-organizativos, los cuales implican análisis y tratamientos distintos. Del mismo modo, entre los objetivos a futuro se encuentra, la intención de convertir, el hasta ahora sistema especializado en la protección de las redes carreteras, en un sistema de espectro más amplio, en el que se atienda la salvaguarda de la infraestructura de transporte en su conjunto, es decir: carreteras, puertos, vías férreas y aeropuertos.



CONSIDERACIONES FINALES

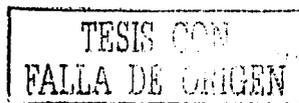
Los desastres provocados por eventos naturales y tecnológicos no son un tema de moda, son un problema presente y constante que demanda cada día mayor atención y mayor cantidad de recursos económicos. Los daños causados por ellos, además de lamentables pérdidas humanas y elevados costos, incrementan severamente las condiciones de vulnerabilidad de los espacios afectados y debilitan la capacidad de recuperación de los mismos. En otras palabras, los desastres dan lugar a la conformación de una espiral viciosa, en la que agudos niveles de vulnerabilidad social actúan como uno de los principales ingredientes del fenómeno desastres, y éstos a su vez participan en la profundización de las condiciones de empobrecimiento de la población afectada, aumentando con ello la propensión a nuevos desastres.

Ante tales hechos, concentrar los esfuerzos en sólo hacerles frente resulta absolutamente ineficiente, debido a que los desastres son la expresión final de agudos desequilibrios que se van gestando y ahondando a través del tiempo en la relación *sociedad – naturaleza* de un territorio.

Frente a este panorama, el presente trabajo comienza por desechar que la atención empiece y se reduzca a la fase final del mismo, el desastre, y en sustitución propone trasladar la observancia a la conformación de las condiciones de riesgo. De manera que el paradigma de gestión propuesto sustenta que el enfoque del problema debe situarse en la identificación y el análisis de las condiciones de riesgo y que en correspondencia son las acciones preventivas y de mitigación de daños las únicas que pueden enfrentar con resultados positivos la lucha contra el fenómeno de los desastres.

La tarea de identificar espacios en riesgo adquiere, en consecuencia, vital importancia y en ella, el análisis geográfico resulta condición fundamental. Respecto a la precisión de estos espacios, el paradigma en cuestión subraya y atiende la importancia de considerar, más allá de los factores promotores de riesgos, es decir los peligros, la contundente participación de las condiciones de vulnerabilidad social presentes en un territorio. Se reconoce como necesario, primero, realizar análisis pormenorizados de estos elementos, para luego, apoyados en las capacidades de integración del análisis geográfico, identificar las áreas en donde la convergencia espacial y temporal de los mismos, da lugar al desarrollo de situaciones de riesgo.

El objeto de atención de la metodología propuesta lo representa la infraestructura carretera, en virtud de constituir uno de los bienes patrimoniales del país constantemente afectados por desastres y cuyas implicaciones trascienden con mucho los efectos directos. Sus principales



impactos se derivan de la suspensión de los servicios que el sistema de transporte deja de cumplir a causa de obstrucciones o interrupciones en las vías carreteras (efectos indirectos); es decir, en la estructura económica de los territorios afectados.

La trascendencia de estos hechos fundamenta la necesidad de impulsar, de manera decidida, intervenciones preventivas que ayuden a evitar futuros daños a la infraestructura carretera y, en correspondencia, al funcionamiento de los espacios por ésta atendidos. Motivo por el que el modelo de gestión promueve la consideración de análisis, sobre la vulnerabilidad de las redes carreteras en términos de la operación de los sistemas de transporte, proponiendo en principio, identificar las partes estratégicas de una red carretera, ¹ por ser las que determinan la vulnerabilidad del sistema de transporte y en relación a cuyas particularidades es más pertinente organizar y programar las acciones preventivas.

En síntesis, la magnitud y trascendencia del problema riesgos y desastres, demanda tratamientos profundos y concienzudos que den lugar, como el presente trabajo, a nuevos esquemas de intervención basados en una comprensión más vasta del mismo (holística), que contribuya a enfrentarlo con mejores resultados, eliminando los esfuerzos estériles que lejos de resolver el agudo problema actual, lo intensifican, como si el objetivo fuera perpetuarlo y no combatirlo.

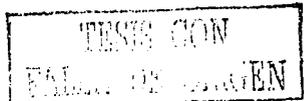
Desde luego, la tarea no es sencilla, ni de corto plazo, debido a que de entrada, el riesgo y en consecuencia los desastres, son fenómenos en buena medida dependientes de las estructuras socioeconómicas imperantes en los espacios en donde éstos se desarrollan y manifiestan. Sin embargo, los cambios que la concepción del problema introduce en el modelo de gestión aquí planteado, son un paso al frente en el tratamiento y atención del mismo. De hecho, la herramienta informática construida sobre la base del referido modelo conceptual (*Sistema de información para el análisis espacial de riesgos en la red nacional de carreteras*), se propone como parte de la estrategia de promoción, que busca primero, introducir una comprensión distinta del problema, y luego, impulsar una forma más certera y efectiva de enfrentarlo, que la actual.

Conclusiones sobre los aspectos medulares del trabajo

- Los desastres como parte del proceso de desarrollo socioeconómico.

Aún cuando, como se menciona en el trabajo, los desastres participan frenando el proceso de desarrollo y son parte activa de una espiral viciosa (*pobreza - desequilibrio ecológico - desastres - pobreza*), la realidad es que su incidencia en dicho proceso no puede, como de hecho ocurre, utilizarse para justificar la acentuación de las condiciones de subdesarrollo de las regiones

¹ Se consideran como "partes estratégicas" de una red carretera, aquellas que tienen un papel sustancial en la conectividad de la red y en la operación del sistema de transporte.



afectadas, las cuales obedecen a las modalidades de concentración de capital e ingresos del sistema productivo, que da lugar a la existencia de grandes mayorías viviendo en crecientes condiciones de pobreza (vulnerabilidad social); a la par de la degradación sistemática de los ambientes naturales, producto de la sobreexplotación de los recursos que estos mismos modelos de crecimiento económico promueven.

En cambio sí, los desastres son consecuencia lógica e inevitable del subdesarrollo. El subdesarrollo, la insostenibilidad ambiental y la pobreza son las causas inmediatas y principales de los desastres.²

La magnitud de un desastre, no es asunto de los niveles absolutos de pérdidas económicas asociadas con el evento, es producto de los niveles de desarrollo de las sociedades afectadas. Los impactos generados por la presencia de amenazas (tormenta tropical, sismo, etc.) están en función del tamaño de la economía y de la capacidad de resiliencia de los espacios afectados.³

De manera que no es fortuito que las áreas de nuestro país en donde se registran con mayor incidencia y virulencia este tipo de fenómenos, coincida con las de asentamiento de los sectores sociales económicamente más desfavorecidos. Conviene recordar que la principal debilidad en materia de generación de condiciones de riesgo en México, la representa el elevado nivel de vulnerabilidad de una buena parte de los habitantes del país, 54 % de los mexicanos, según la Secretaría de Desarrollo Social, viven en situación de pobreza.

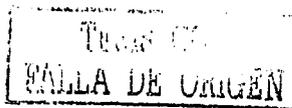
- ¿Gestión de Desastres o Gestión del Riesgo?

Tomando como marco el concepto del "continuo de los desastres" y asumiendo que éstos son la expresión última de un proceso, que a su vez actúa como un factor que incrementa la vulnerabilidad y debilita la capacidad de recuperación de los territorios afectados, propiciando nuevos desastres, no es difícil suponer que la atención del problema no puede ubicarse en la reparación de los daños causados. La lucha contra este fenómeno debe darse, como lo propone la *Gestión de Desastres*, desde varios frentes y de ellos el más importante es sin duda, *la prevención*, puesto que es el área de intervención que mayores repercusiones positivas permite alcanzar, debido a que tiene la oportunidad de incidir sobre los elementos promotores del riesgo.

Esta comprensión coloca al riesgo en la posición central dentro del análisis del problema desastres y bajo este enfoque surge la noción de *Gestión del Riesgo*, la cual incluso es propuesta como un componente intrínseco y esencial de la gestión del desarrollo territorial y ambiental.

² Lavell, A. "Desastres y Desarrollo: Hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un Desastre. El caso del Huracán Mitch en Centroamérica". En Garita, N. Y Nowalski, J. (compiladores). Del Desastre al Desarrollo Sostenido: El caso de Mitch en Centroamérica. BIDS y CIDHS, 2000.

³ Ibid.



"Un modelo de gestión de riesgos busca calcular el riesgo que se va a asumir y prever las reservas (financieras, sociales, psicológicas, etc.) que permitirían la supervivencia en condiciones adecuadas, a pesar de la ocurrencia de los impactos previstos como probables en periodos de tiempo también previamente establecidos. Entendida así, la *Gestión del Riesgo* no puede ser una actividad aislada, sino un componente íntegro y funcional del proceso de gestión del desarrollo global, sectorial, territorial, local, comunitario o familiar, y de la gestión ambiental, en búsqueda de la sostenibilidad. Las acciones e instrumentos que fomentan la gestión del desarrollo deben ser los mismos que fomentan la seguridad y la reducción del riesgo."⁴

El concepto de *Gestión del Riesgo*, como puede apreciarse, esta más allá de la sustitución de términos, representa un paso más en la concepción y el planteamiento de estrategias, su propósito ya no es sólo evitar la presencia de desastres, sino manejar dentro de parámetros aceptables (según cada sociedad) la existencia de condiciones de riesgo.

De acuerdo con los seis componentes de la *Gestión del Riesgo* que Argüello y Lavell⁵ establecen como necesarios para su instrumentación y aplicación, puede decirse que el presente trabajo incluye entre sus objetivos tres de ellos:

El primero, implícito en la investigación, que es la toma de conciencia respecto a las condiciones de riesgo en que están inmersos vastos sectores del país.

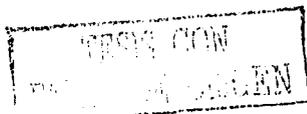
Los otros dos, expresados explícitamente en los objetivos del trabajo y relacionados con el análisis de los factores y las condiciones de riesgo existentes; así como con el monitoreo permanente del entorno y con el comportamiento de los factores de riesgo. Realizado con base en información fidedigna, disponible en formatos y a niveles territoriales adecuados a las posibilidades y recursos de los actores sociales involucrados.

Al respecto podemos concluir diciendo que la pauta en materia de atención del problema riesgos y desastres la establece la *Gestión del Riesgo*, no obstante encontrarse muy lejos del entendimiento que sobre éste tienen en México las autoridades responsables de su gestión.

- La infraestructura carretera como objeto central del modelo de gestión propuesto. No obstante ser la infraestructura carretera el objeto de interés, es decir, el patrimonio que se busca proteger, cabe subrayar que la relevancia de sus daños deriva del impacto que su afectación provoca en el funcionamiento social y económico de los territorios siniestrados, debido a que las

⁴ Arguello Rodríguez, M. y Lavell A. Sistema de Naciones Unidas frente al desastre asociado con el Huracán Mitch en Honduras. De la atención de emergencias a la gestión de riesgos. LA RED. 1999. Tomado de la página de La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. (<http://www.desenredando.org>), pp. 46 – 48.

⁵ Ibid, p. 52.



redes carreteras no pueden considerarse en abstracto, es decir en sí mismas, sino en términos de las funciones que posibilitan dentro del espacio socioeconómico al que sirven y construyen.

Razón por la que el paradigma propuesto afirma que más allá de la simple afectación a la infraestructura, el énfasis debe situarse en los efectos provocados por los daños, de manera que el desglose de tales consecuencias, la estimación de sus costos y la identificación de los actores involucrados constituyen aspectos que no deben seguirse desestimando. Motivo por el que se insiste en que la estrategia de atención del problema debe ocuparse, desde la perspectiva geográfica, de aspectos relacionados con el dónde los daños pueden provocar mayores repercusiones, a fin de impulsar y fortalecer la intervención preventiva y la elaboración de planes de mitigación de daños.

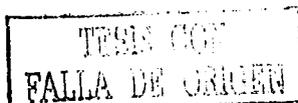
Situar la protección del patrimonio carretero más allá de los daños y del reestablecimiento de las condiciones de operación del sistema de transporte contribuye a romper con distintos círculos viciosos que se producen cuando se pretende ignorar la génesis de los sucesos. Uno de ellos es el de la acumulación creciente de vulnerabilidades que lo único que favorecen son nuevos eventos destructivos y cuantiosos e interminables gastos por reconstrucción; marco en el que los países no sólo enfrentan transferencias importantes de recursos económicos internos, de proyectos de desarrollo a acciones de reconstrucción, sino también ven acrecentarse, en no pocas oportunidades, los montos de sus deudas externas, lo cual en sí mismo es grave para las economías nacionales, pero más lo es si consideramos que bajo la lógica de reestablecer las condiciones de "normalidad" anteriores a un desastre en clara desatención al proceso de gestación de éste, como ocurre hasta ahora en México, lo único que se logra es agudizar las condiciones de vulnerabilidad de los espacios geográficos afectados y debilitar aún más su economía.

De esa forma, no sólo se perpetúa el círculo vicioso descrito, sino que la agudización de los factores que lo crean da pie, como ya de hecho empieza a observarse, a una segregación espacial en la atención del problema desastres; donde, por un lado, proliferan espacios en los que la desproporción entre necesidades sociales y posibilidades económicas para resolverlas dificulta severamente su atención, y por otro lado, las nuevas confecciones territoriales (corredores logísticos y comerciales) creadas por el mercado global, en las que la prevención del riesgo es una condición necesaria para formar parte de la dinámica económica mundial.

Temas de investigación a futuro

- Desarrollo del análisis de vulnerabilidad de la infraestructura carretera

La protección del patrimonio carretero debe sustentarse en una visión que no sólo considere si éste se encuentra ubicado o no dentro de espacios en riesgo, sino en análisis más finos que



ayuden a precisar en relación con las partes claves de una red, la serie de actividades que se deben llevar a cabo para mitigar daños y/o prevenir desastres: De ahí que la metodología propuesta para identificar la ubicación de las denominadas partes estratégicas de una red, debe seguirse desarrollando con la incorporación de nuevas variables y la precisión de los indicadores correspondientes.

Asimismo, el análisis del riesgo que asecha a la infraestructura carretera debe avanzar en la consideración de los impactos relacionados con la interrupción de las funciones del sistema de transporte, en donde la estimación de los costos indirectos es parte fundamental.

- "Sitio concreto"

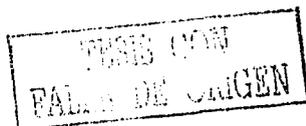
Dado que la identificación de espacios en riesgo constituye un aspecto fundamental, la idea de acercarse a la escala de mayor detalle posible, con la intención de en esa medida poder instrumentar las medidas preventivas requeridas, despierta un gran interés, no obstante que por ahora, se considero necesario iniciar la tarea a nivel de gran detalle con el propósito de tener un panorama marco de las condiciones regionales de riesgo, inexistente en el sector transporte.

En este sentido, el proyecto se plantea el objetivo de ir incrementando el nivel de detalle de los análisis hasta llegar al de "sitio concreto" esbozado en el trabajo pero no abordado en esta oportunidad, en la que resulto más necesario estructurar conceptos y formular una propuesta de gestión que sirva de guía a los esfuerzos de prevención del riesgo.

Desde luego que en torno al concepto de "sitio concreto", además de la información a detalle, es necesario el desarrollo del propio término, en función principalmente de sus alcances y de los aportes a la estrategia de atención del problema. Entre los supuestos actuales, encontramos que puede ser de gran utilidad en el monitoreo de eventos no considerados como desastres (inundaciones, hundimientos, etc.), pero que alertan sobre la presencia de desequilibrios en un territorio, lo cual permite actuar de manera más oportuna, "gestión prospectiva del riesgo".

- Asignación de responsabilidades en el combate a las condiciones de riesgo

Reconocemos que con sólo identificar los espacios en riesgo la tarea queda inconclusa, para que la estrategia de intervención preventiva alcance a plenitud el objetivo de frenar o revertir los niveles de riesgo, es necesario incluir en el análisis a los actores que participan en la promoción del estado de riesgo, con la intención de poder asignar a cada uno de ellos la responsabilidad correspondiente para modificar la situación prevaleciente.



La responsabilidad del riesgo es un aspecto medular que debe ser incluido en el modelo de atención del problema, puesto que sin conciencia, compromiso y participación de parte de los actores sociales involucrados, los esfuerzos dirigidos a disminuir los niveles de riesgo serán infructuosos.

Al respecto, una primera tarea es la identificación exhaustiva de los actores que participan directa e indirectamente en la promoción de esas condiciones de riesgo (fraccionadores, silvicultores, agricultores, autoridades diversas, líderes políticos que promueven asentamientos irregulares, constructores de infraestructura, compañías de seguros, etc.), para luego según sus responsabilidades, asignarles los compromisos de acción y los montos económicos que involucra su participación. Esta labor no es fácil, pero sí fundamental para poder abordar el problema en forma sistémica, pues además de entender el proceso de formación es necesario saber a quien dirigirse y a quien exigir que participe en el reestablecimiento de las condiciones del equilibrio perdido en el binomio sociedad – naturaleza, pues de otro modo como afirman Argüello y Lavell, los esfuerzos realizados por un actor social pueden verse nulificados por las acciones de otros, situación que exige concertación y comunidad de objetivos entre los distintos actores presentes en un mismo escenario territorial.⁶

Además de que al modificar la organización y el funcionamiento de las estructuras que dan lugar al riesgo, es posible evitar que "... la ganancia histórica basada en la creación de vulnerabilidad sea privatizada, mientras la vulnerabilidad, el riesgo y las pérdidas sufridas durante un desastre sean socializados",⁷ como cotidianamente ocurre.

- Finalmente, el trabajo a futuro contempla también:
 - La consideración de dos grupos más de amenazas a la infraestructura carretera: las que representan el transporte de sustancias y residuos peligrosos, y las que de acuerdo con el Sistema Nacional de Protección Civil se denominan socio-organizativas y comprenden accidentes de transporte, concentraciones masivas de población en carreteras, sabotajes y terrorismo, entre otras.
 - El análisis del fenómeno riesgo dentro de los otros modos de la infraestructura para el transporte (ferroviaria, marítima y aérea), con la mira a largo plazo de conformar un "Atlas digital de riesgos para la infraestructura del transporte en México".

⁶ Argüello Rodríguez, M. y Lavell A. Sistema de Naciones Unidas frente al desastre asociado con el Huracán Mitch en Honduras. De la atención de emergencias a la gestión de riesgos. Op. cit. P. 51.

⁷ Lavell, A. "Desastres y Desarrollo: Hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un Desastre. El caso del Huracán Mitch en Centroamérica". Op. cit.

A N E X O

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

280

ANEXO. Amenazas Naturales

1. Peligros geológico-geomorfológicos

El Sistema Nacional de Protección Civil alude a grupos de riesgos, aunque en la comprensión del problema, aquí propuesta, los consideramos peligros y de ellos como ha quedado asentado en apartados anteriores, abordaremos por el momento, a los peligros de origen *Geológico*, que por razones de precisión de concepto ampliamos su denominación a *peligros geológico-geomorfológicos*, dado que algunos de los procesos a los que se hace referencia corresponden concretamente al campo de la geomorfología.

El presente grupo comprende tanto, los peligros derivados de la tectónica del planeta y de los procesos asociados a ésta, tales como sismos, maremotos, vulcanismo, presencia de fallas y agrietamientos, como aquellos otros derivados de los anteriores y/o vinculados con la dinámica bioclimática y agravados por la actividad humana, caso de los deslaves, colapsos de suelos, erosión, flujos de lodo y hundimientos regionales.

De los peligros clasificados dentro de esta categoría se eligieron aquellos que por su presencia en el territorio nacional, características e intensidad son capaces de causar algún tipo de daño a la infraestructura carretera. Se trata en consecuencia de un grupo de peligros de amplia cobertura espacial en nuestro país, que sin duda mantienen una presión latente sobre la infraestructura carretera en términos de riesgo y constante en materia de mantenimiento de la misma.

TIPOS DE PELIGROS QUE AMENAZAN A LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA

Relacionados con la tectónica del planeta

Se trata de peligros que inhabilitan o destruyen porciones de la infraestructura carretera.

Sismos
Maremotos
Vulcanismo
Fallas

Derivados de los procesos anteriores y/o vinculados a la dinámica bioclimática y a la actividad humana

Comprende los peligros que pueden destruir, inhabilitar o simplemente deteriorar la calidad de servicio de la infraestructura.

Derrumbes
Flujos de lodo
Colapsos de suelos
Hundimientos

1.1 ¿Cómo se definen esos peligros, cuándo se presentan y qué implicaciones tienen?

Para comprender los fenómenos identificados como riesgos potenciales para la infraestructura carretera, se abordarán a continuación cada uno de ellos iniciando con los procesos relacionados con los movimientos tectónicos.

1.1.1 Sismos

Los sismos o terremotos son una de las manifestaciones de la tectónica del planeta. En los límites o zonas de contacto entre las placas en que se divide la litosfera, se generan fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una respecto a la otra propiciándose con ello, grandes esfuerzos en el material que las constituye. Si tales esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca o vencen las fuerzas friccionantes, se producen en respuesta, rupturas violentas y liberación repentina de la energía acumulada, la cual se irradia desde el foco o hipocentro en forma de ondas, denominadas ondas sísmicas.¹

Las ondas sísmicas son de tres tipos:

Ondas primarias, conocidas como *ondas P* son las más veloces, su principal característica es que son ondas de compresión y expansión alternativa, es decir, al propagarse van comprimiendo y expandiendo todo el material por el que atraviesan en la misma dirección de su trayectoria. Se propagan tanto a través de materiales sólidos como líquidos. Son verdaderas ondas sónicas, por lo que a menudo resultan audibles en forma de ruidos profundos en las primeras etapas de los terremotos.

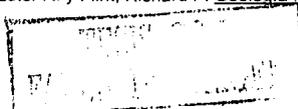
Ondas secundarias u *ondas S* son ondas transversales, es decir, deforman el material por el que se transmiten (sólo sólidos) en forma perpendicular a la de su trayectoria. Aunque viajan a menor velocidad, por sus características son las responsables de los daños a las construcciones.

Las ondas superficiales u *ondas largas*, referidas como *ondas L* (por tener una mayor longitud y amplitud respecto a las ondas *S* y *P*) son generadas a partir de la energía que llevan a la superficie, en el epicentro, las *ondas P*, de ahí que se propaguen en la parte exterior de la corteza terrestre a velocidades relativamente bajas.²

A fin de caracterizar y describir un sismo es necesario en primer término situar el epicentro, lo cual se hace a partir de los registros de por lo menos tres estaciones sismológicas distribuidas a

¹ Centro Nacional de Prevención de Desastres. Sismos. Fascículo 2. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. 1era. Edición, 1990.

² Longwell, Chester R. y Flint, Richard F. Geología Física. Ed Limusa. México, 1979. pp. 429 - 431.



grandes distancias unas de otras. Logrado esto y fijada el área de afectación se procede a establecer la intensidad del evento, en este sentido existen dos tipos de referencias, las que aluden a la intensidad del fenómeno, *Escala de Mercalli* y las que lo hacen respecto de su magnitud, *Escala de Richter*.³

1.1.1.1 Distribución territorial de la sismicidad

Aunque no hay regiones en el planeta a salvo de movimientos sísmicos, se sabe a través de la observación permitida por la red de estaciones sismológicas del mundo, que existen grandes áreas en donde solo se han registrado sacudidas ocasionales de baja magnitud a las cuales se les denomina *zonas asísmicas*, en tanto existen otras regiones sujetas a movimientos frecuentes de magnitud variable conocidas como *zonas sísmicas*.

México se localiza dentro de la zona de sismicidad más alta del mundo, denominada "Cinturón de Fuego del Pacífico", donde se registran el 80% de los terremotos ocurridos en el mundo y se concentra una intensa actividad volcánica.

El territorio nacional se encuentra bajo la influencia de cinco placas tectónicas (Norteamérica, Pacífico, Cocos, Rivera y del Caribe), de cuyos movimientos se derivan el alto grado de peligro sísmico y volcánico del país. (Figura 1).

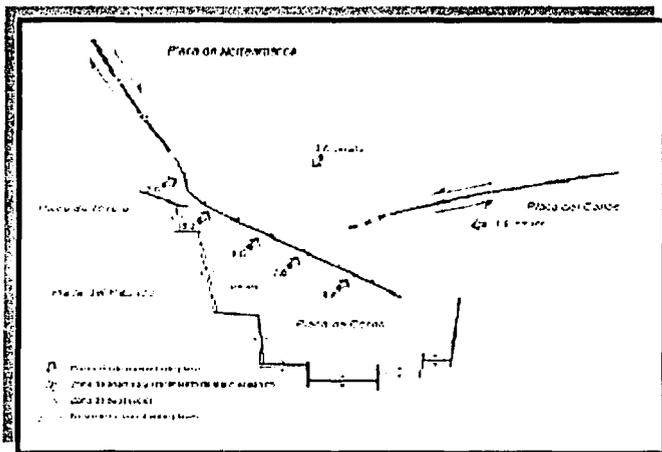
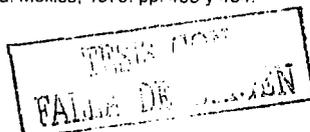


Figura 1. Distribución de las placas tectónicas que producen la alta sismicidad del país.

Fuente: CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de desastres en la República Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.

³ Para comparar las intensidades de los diferentes movimientos sísmicos se utilizan escalas como la diseñada por Giuseppe Mercalli en 1902, que es la más conocida y empleada. Esta expresa mediante un número, la relación entre las perturbaciones observadas y las sensaciones humanas registradas, lo cual la hace subjetiva y sólo puede emplearse, en consecuencia, como referencia cualitativa.

En 1935, Charles Richter diseñó una escala estrictamente cuantitativa basada en la comparación de los registros gráficos hechos por los sismógrafos de tipo común. Las cifras que expresan magnitudes son logaritmos de los trazos de amplitud máxima de las ondas registradas por los referidos instrumentos a una distancia de 100 km del epicentro. Mediante este método, las magnitudes del terremoto se expresan en números relacionados con la energía liberada en el material rocoso. Fuente: Longwell, Chester R. y Flint, Richard F. Geología Física. Ed Limusa. México, 1979. pp. 433 y 434.



A nivel nacional el riesgo sísmico se concentra, de acuerdo con los registros correspondientes, a lo largo de la costa del Pacífico sur, entre las ciudades de Puerto Vallarta y Tapachula, donde no solo se producen sismos con alta frecuencia, sino donde también se han registrado los mayores sismos de la historia del país. (Figura 2).

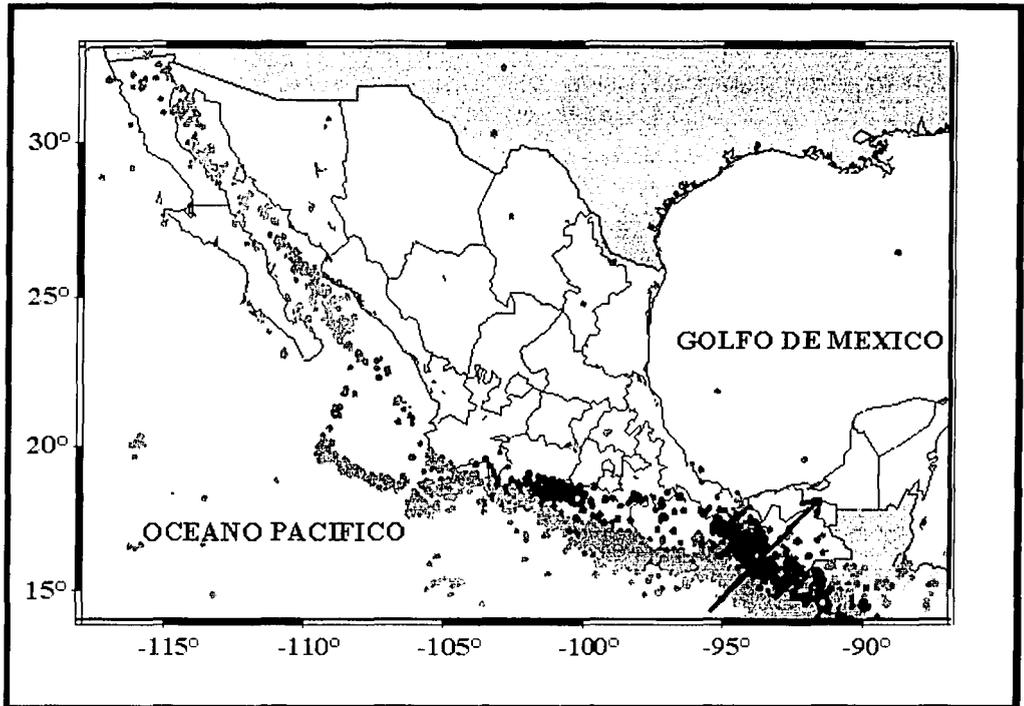


Figura 2. Se muestran los sismos con magnitudes mayores o iguales a 4.5 grados, localizados en la República Mexicana entre 1964 y 1995.

Los puntos cafés representan sismos superficiales (profundidades menores a 50 km), mientras que los azules registran sismos con profundidades mayores a 50 Km.

Fuente: Servicio Sismológico Nacional - Instituto de Geofísica de la UNAM, (<http://www.ssn.unam.mx>)

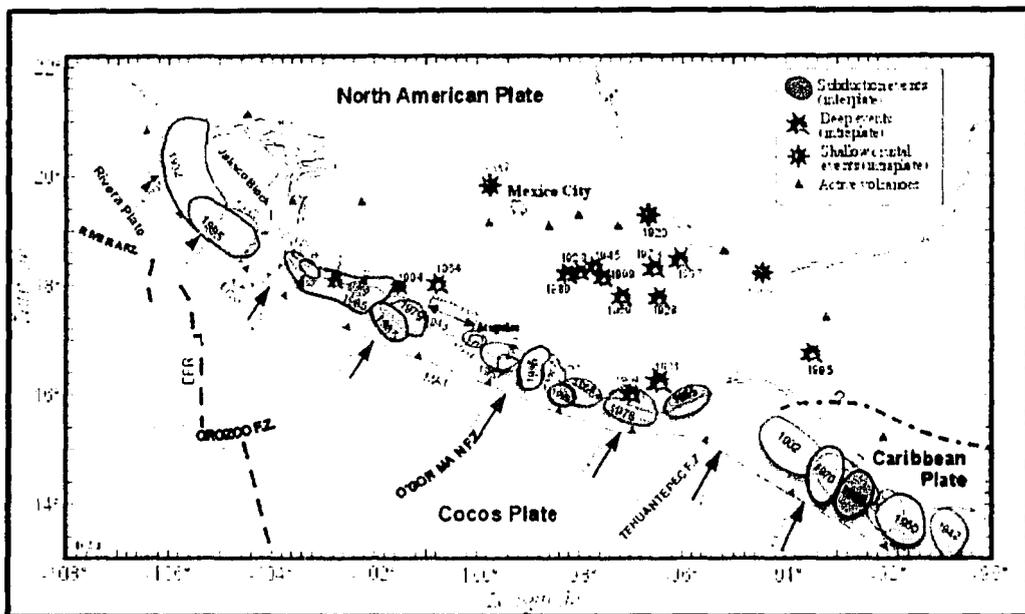


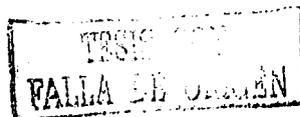
Figura 3. Zonas de ruptura de algunos de los sismos más fuertes ocurridos durante el presente siglo. Localizados frente a las costas del Océano Pacífico son producto de la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental. Los eventos ocurren a lo largo de la falla o interfase entre dichas placas denominada Fosa Mesoamericana. Asimismo se muestran los sismos importantes que han ocurrido durante este siglo dentro del continente y a profundidades someras (estrellas azules). La magnitud de estos sismos rara vez llega a sobrepasar los 7.0 grados y su ocurrencia es mucho más esporádica que los sismos de la costa, sin embargo, debido a lo superficial de la fuente y la cercanía de las grandes poblaciones, éstos representan uno de los mayores peligros para México.

Fuente: Sistema Sismológico Nacional - Instituto de Geofísica de la UNAM, (<http://www.ssn.unam.mx>)

Los sismos, que por su cercanía al litoral representan un grave peligro a las poblaciones e instalaciones costeras llegan a afectar también, a la Cuenca de México, como ha sucedido en los años de 1911, 1957, 1979 y 1985; debido a las condiciones del subsuelo sobre el que se asienta la ciudad de México.⁴

Salvedades como las de la ciudad de México o Ciudad Guzmán en 1985 no se encuentran representadas en la gran regionalización sísmica, la cual por la magnitud de su escala excluye aquellas áreas, generalmente valles aluviales o antiguas zonas lacustres, donde el movimiento sísmico será amplificado, produciendo intensidades mayores a las del entorno. Otros casos corresponden a los sitios en dónde ciertos fenómenos locales (movimientos de laderas,

⁴ Servicio Sismológico Nacional (www.ssn.unam.mx)



desplazamientos permanentes del terreno por la presencia de fallas activas y licuefacción de suelos⁵), pueden desencadenar consecuencias severas.⁶

Se tienen registros de sismos de gran magnitud (más de 7 grados) también, en el sur de Veracruz, Puebla y Estado de México. En situación especial se encuentran las ciudades del norte de Baja California (principalmente Tijuana, Tecate y Mexicali) ubicadas en la zona de frontera entre las placas del Pacífico y Norteamérica, las cuales comparten peligros similares con las ciudades de Los Ángeles y San Francisco en Estados Unidos.

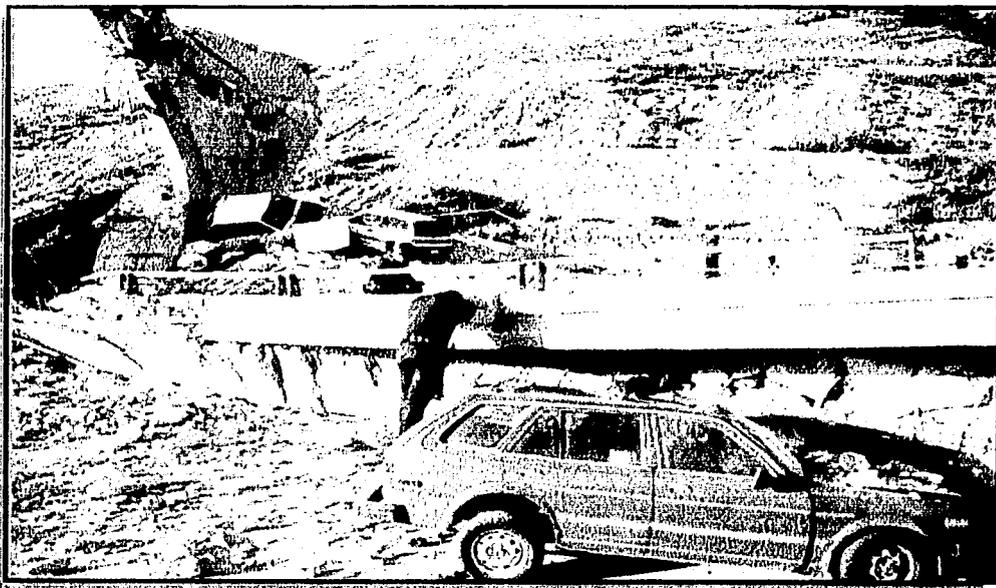
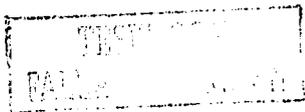


Figura 4. Los derrumbes de autopistas y puentes durante el sismo de 1994 en la ciudad de los Ángeles, California, condujeron a las autoridades estatales a la decisión de apuntalar cientos de puentes con columnas forradas de acero, para hacer frente a los efectos de los terremotos sobre los soportes de concreto de dichas estructuras.

Fuente: Parfit, M. "Los Peligros naturales" National Geographic. Vol. 3, núm. 1, julio de 1998. Washington, D.C.

⁵ La licuefacción es la pérdida de la capacidad de carga de suelos arenosos saturados de agua debido a la vibración producida por un sismo; los edificios sobre estos suelos pueden presentar grandes hundimientos y en casos extremos colapsos por volteo. Secretaría de Gobernación. CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de desastres en la república Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.

⁶ Ibid.



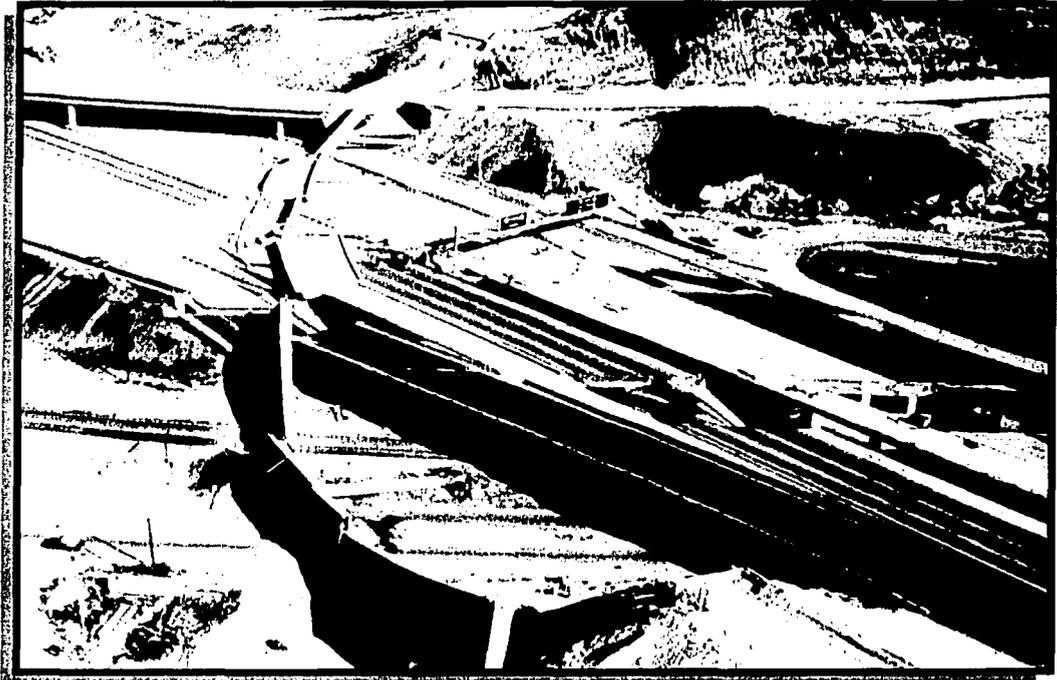


Figura 5. Pavimento y paso superior colapsados en "Golden State Freeway" en la parte norte del Valle de San Fernando, California, producto de un terremoto en 1971.

Fuente: Strahler Arthur y Strahler, Alan. Modern Physical Geography. Ed. Wiley and Sons. Estados Unidos, 1978.

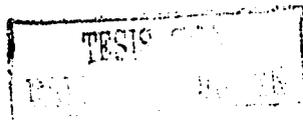
1.1.2 Maremotos

La mayoría de los grandes terremotos ocurren bajo el Océano Pacífico provocando los llamados maremotos o *tsunamis*, palabra japonesa que significa "ola generada por un terremoto", aunque en realidad los maremotos no están compuestos por una sola ola, sino por una secuencia de éstas.

El movimiento del piso oceánico provocado por un terremoto motiva la generación de ondas que se propagan a través del océano hasta arribar a la costa, en donde la altura de las olas puede llegar a ser bastante grande. En 1960, una ola gigantesca generada por el terremoto de Chile, no sólo causó daños en las costas de ese país, sino que también destruyó una parte importante de la ciudad de Hilo en las islas Hawaii situadas a casi 10,000 km del epicentro.⁷

El mayor riesgo de maremotos para nuestro país, lo representan los movimientos sísmicos originados en la región de la Fosa Mesoamericana. Aunque en México el registro sistemático de

⁷ Centro Nacional de Prevención de Desastres. Sismos. Op. cit.



estos fenómenos es reciente (alrededor de 50 años), se sabe que las costas del Pacífico sur representan la región más expuesta. Como ejemplo, a raíz de fuertes sismos con epicentros en el estado de Jalisco en 1932, se produjeron maremotos que afectaron principalmente las costas de Colima, uno de ellos, está considerado como el más destructivo en la historia de nuestro país, con olas de hasta 10 m de altura que penetraron 1 km tierra adentro afectó a Cuyutlán, Colima.⁸

Para que un sismo de lugar a un maremoto se requiere que:

- El hipocentro del sismo o una parte mayoritaria de su área de ruptura, esté bajo el lecho marino a una profundidad menor a 60 km (sismo superficial).
- Ocurra en una zona de hundimiento de borde de placas tectónicas; es decir que la falla tenga movimiento vertical, que no sea solamente de desgarre con movimiento lateral.
- En cierto lapso de tiempo el sismo libere suficiente energía y que ésta se transmita eficientemente.⁹

1.1.3 Vulcanismo

Este es otro de los fenómenos vinculados a la tectónica. "Un volcán es una abertura o un grupo de aberturas próximas entre sí, a través de las cuales emanan gases calientes y materiales rocosos de una fuente profunda hasta la superficie".¹⁰ Frecuentemente los materiales expulsados forman un cono o loma que es la parte característica del volcán. Cada cono volcánico bien desarrollado tiene en su cima o cercana a ella lo que se denomina cráter volcánico, que es la depresión por la cual son expulsados los materiales durante una erupción, aunque algunos flujos de lava pueden hacerlo a través de fisuras localizadas en las laderas o en la base del volcán.

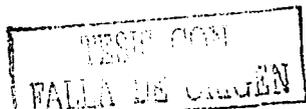
La emisión de material rocoso y gases a altas temperaturas es lo que se denomina erupción volcánica. Durante una erupción un aparato volcánico puede arrojar una amplia variedad de productos clasificados en gases, líquidos y sólidos. Según muestras de gases tomadas en el Parícutín, el Vesubio y volcanes de Hawaii entre otros, entre el 60 y el 95 % de éstos, citan Longwell y Flint, corresponde a vapor de agua; de hecho durante erupciones violentas, la cantidad de agua emanada llega a ser tal que la rápida condensación de ese vapor ha causado inundaciones severas que se suman a los otros peligros que derivan de una erupción.

Dentro de los gases, sigue en abundancia al vapor de agua, el bióxido de carbono y en menor medida otros gases como el boro, flúor, cloro y azufre, algunos de los cuales se vuelven letales al combinarse con el oxígeno del aire.¹¹

⁸ CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de desastres en la República Mexicana, Op. cit.

⁹ CENAPRED. Tsunamis. Fascículo núm. 12. México, 1996.

¹⁰ Longwell y Flint, Op. cit. p. 90.



Las lavas, por su parte, corresponden al material más representativo del magma original, constituyen el material líquido que fluye durante una erupción. Los fragmentos sólidos que se observan sobre el cono volcánico o que son transportados por el viento en forma de ceniza correspondieron durante la erupción a la roca líquida o semilíquida que se solidificó por enfriamiento durante su trayectoria por el aire; tales materiales se denominan *piroclastos* y según su tamaño puede tratarse de:

- Cenizas entre .004 mm a 2 mm
- Lapilli entre 2 mm y 64 mm
- Bloques o bombas a partir de 64 mm y según su morfología.¹²

1.1.3.1 Distribución territorial del vulcanismo

El vulcanismo en nuestro país se concentra preponderantemente a lo largo del conocido Sistema Volcánico Transversal, el cual se relaciona con la actividad tectónica-volcánica de la región "Cinturón de Fuego del Pacífico". (Figura 6).

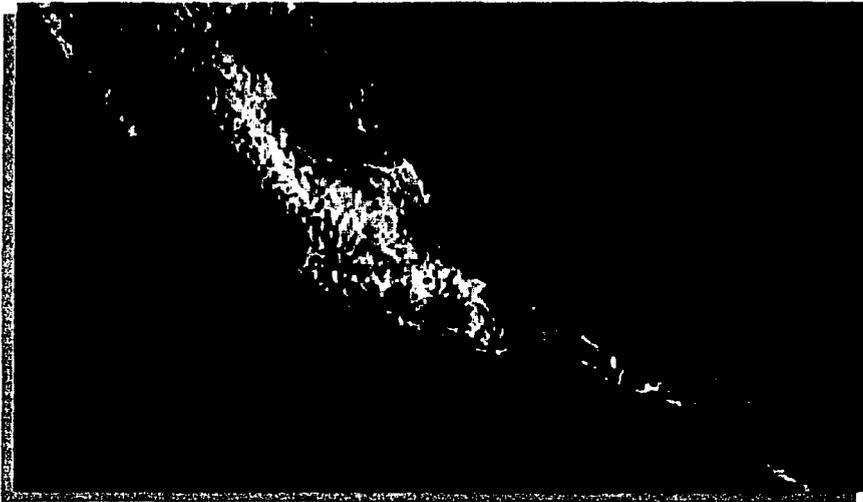


Figura 6. Distribución de volcanes en el territorio nacional

Entre los volcanes que han presentado algún tipo de actividad eruptiva en tiempos históricos se encuentran: Tres Vírgenes en Baja California Sur, Sangangüey y Ceboruco en Nayarit, volcán de

¹¹ Ibid, p.91.

¹² Centro Nacional de Prevención de Desastres. Volcanes. Fascículo 4. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. 1era. Edición, 1992. p. 6.

Fuego de Colima en Colima, Bárcena en la Isla San Benedicto, Colima, Evermann en la Isla Socorro, Colima, Popocatépetl en los límites entre Estado de México, Puebla y Morelos, Pico de Orizaba entre Veracruz y Puebla, San Martín Tuxtla en Veracruz, El Chichón en Chiapas y Tacaná en Chiapas frontera con Guatemala, Parícutín (Figura 7) y Jorullo en Michoacán y Xitle en el Distrito Federal.

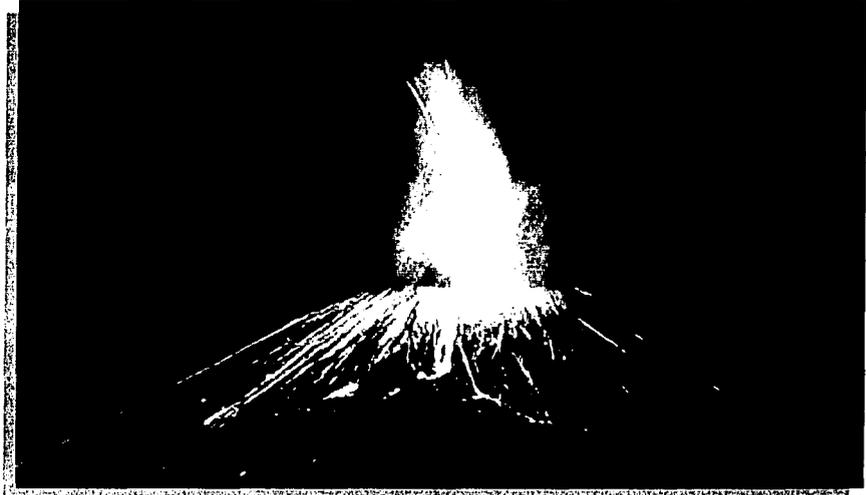


Figura 7. Volcán Parícutín, 1946.
Fuente: Fotografía de K. Segerstrom, U.S. Geological Survey.

En actividad se encuentran actualmente, según reportes del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Popocatépetl (Figura 8), el volcán de Fuego de Colima (Figura 9) y el Tacaná. El Pico de Orizaba aunque de momento no ha mostrado actividad, si constituye un riesgo potencial para la población localizada en sus alrededores por lo que empieza a ser instrumentado para su vigilancia.

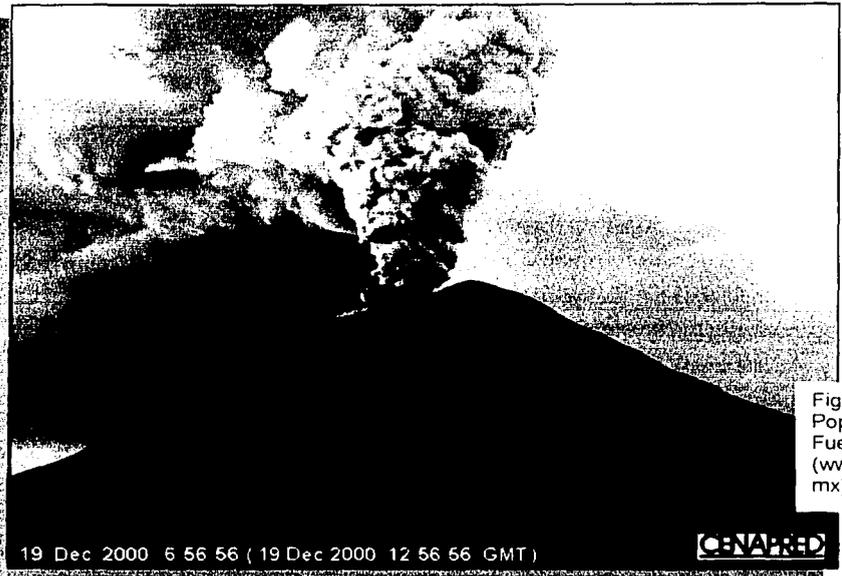


Figura 8. Volcán Popocatepetl.
Fuente:
(www.cenapred.unam.mx)



Figura 9 Volcán de Fuego de Colima, 1994. La actividad inició en los años 80's y se ha caracterizado por la presencia esporádica de pequeños flujos de lava y frecuentes avalanchas procedentes del cráter.
Fuente: North Dakota University. The web's Premier Source of Volcano Info.
(<http://volcano.und.nodak.edu/vw.html>)

TEMA 1
FALLA DE COPEN

1.1.3.2 Peligros asociados a las manifestaciones volcánicas

Se describirán las principales formas de manifestación volcánica así como algunos de los procesos asociados a ellas, en virtud del peligro que representan para las comunidades y las obras de infraestructura situadas en el área de afectación de un volcán.

Flujos de lava

Este tipo de emisiones son activadas por la fuerza de gravedad y los flujos o coladas se distribuyen según la topografía del terreno. En términos generales se producen en erupciones de explosividad intermedia o baja y el riesgo asociado a este tipo de manifestaciones está directamente vinculado a la temperatura, a la composición de la lava, a las pendientes del terreno y desde luego a la distribución de los asentamientos humanos y de las obras de infraestructura.¹³

Las temperaturas y las diferentes composiciones de la lava dan lugar a distintos tipos de flujos, entre cuyas características se distingue su velocidad de avance, elemento de interés en el caso del riesgo que representan. Entre los daños que pueden causar se encuentran, la pérdida de tierras de labor y de vegetación natural al quedar sepultadas por las corrientes de lava y desde luego la destrucción de construcciones debido al peso de la lava que con una densidad característica de entre 2.7 a 2.9 g/cm³ aplasta a la infraestructura de menor altura, no obstante edificaciones de altura superior al espesor del flujo de lava pueden en principio resistir, baste el ejemplo de la iglesia de San Juan Parangaricutiro (Figura 10), hecho que se explica por la velocidad de movimiento del flujo, si bien la densidad de la colada de lava ejerce una fuerte presión dinámica, la baja velocidad de avance disminuye el valor que la presión del peso puede alcanzar.

En consecuencia, los flujos de lava menos viscosas (por ejemplo, "pahoehoe" o "aa") pueden llegar a tener efectos más destructivos por sus mayores facilidades de desplazamiento. En tanto los flujos de lavas más viscosas (coladas de lava de bloques), si bien pueden avanzar sobre terrenos con fuertes pendientes, suelen detenerse al disminuir ésta; no obstante estos flujos implican otros peligros, ya que pueden fragmentarse y dar lugar a derrumbes o a avalanchas de rocas incandescentes que al deshacerse pueden liberar cantidades considerables de polvo piroclástico, caso de lo ocurrido durante la actividad del Volcán de Fuego de Colima en abril de 1991.¹⁴

¹³ Centro Nacional de Prevención de Desastres. Volcanes. Op. Cit. p. 19.

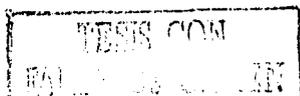




Figura 10. Iglesia semiseppultada por una colada de lava del volcán Parícutín.

Fuente: Parfit, M. "Los Peligros naturales" National Geographic. Vol. 3, núm. 1, julio de 1998. Washington, D.C.

Flujos Piroclásticos

Representan otra de las manifestaciones volcánicas y son generalmente propios de erupciones explosivas. En forma genérica comprenden todo tipo de flujos compuestos por fragmentos magmáticos y gases a alta temperatura que pueden comportarse como un líquido de gran movilidad. El poder destructivo de estos flujos depende básicamente de su volumen y de la topografía del terreno, ya que se deslizan por las laderas del volcán cuesta abajo a grandes velocidades.

En términos generales se pueden distinguir tres tipos de flujos piroclásticos:

- Flujos relacionados con derrumbes o colapsos de domos, y/o con el desmoronamiento de los frentes de lava. A este grupo corresponden los flujos conocidos como nubes ardientes de gran poder destructivo. (Figura 11).
- Flujos producidos directamente en los cráteres de cumbre.
- Flujos descargados desde fisuras.¹⁵

¹⁴ Ibid, pp. 19 - 22.

¹⁵ Ibid, pp. 24 - 25.



Figura 11. Nube ardiente.
Fuente National Geographic

Flujos de lodo o lahares

Si bien no son manifestaciones volcánicas en sí mismas, sí se trata de fenómenos asociados, aunque no en exclusiva, a los primeros, en cuyo caso las corrientes contienen escombros volcánicos (bloques, lapilli, ceniza, etc.) y agua. Pueden ocurrir durante o después de una erupción.

Estas avenidas de material lodoso pueden generarse por el brusco drenaje de un lago asentado en el cráter, la incorporación de un flujo piroclástico a un río, el deslizamiento de un flujo de lava sobre la cubierta de hielo o nieve de un volcán, lluvias torrenciales sobre depósitos de material no consolidado o por la fusión de la nieve o hielo ocasionada por un flujo piroclástico o una oleada de calor volcánico.

El poder destructivo de estas avalanchas depende de su volumen de carga y de la velocidad de movimiento, asociados a las pendientes del terreno y la forma y capacidades de los cauces. "Los lahares pueden dañar poblados, agricultura y todo tipo de estructura sobre los valles, sepultando

carreteras, destruyendo puentes y casas e incluso bloqueando rutas de evacuación. También forman represas y lagos temporalmente que, al sobrecargarse, se rompen generando un peligro adicional".¹⁶



Figura 12. Flujos de lodo generados por la mezcla del agua de lluvia y ceniza volcánica arrojada por el volcán Chichón durante la erupción en 1982.

Fuente: CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en la República Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.

Lluvia de ceniza

Una más de las manifestaciones volcánicas es el aporte de ceniza a la atmósfera, cuyas consecuencias son de dos tipos:

- En casos de erupciones violentas, se registran inyecciones importantes de fina ceniza a las capas superiores de la atmósfera, causando cambios atmosféricos y climáticos debidos a la obstrucción de los rayos solares por parte de las partículas suspendidas en la atmósfera y a que las cenizas dan lugar a la formación de aerosoles por la precipitación de sulfatos sobre los núcleos de condensación.
- La caída de cenizas por su parte forma capas de espesor variable que se acumulan sobre la superficie terrestre. Entre los riesgos que este tipo de depósitos pueden acarrear destacan, el derrumbe de techos cuando la acumulación ha sido excesiva y éstos ofrecen poca resistencia, así como la irritación de las vías respiratorias. Dado que la ingestión de elementos

¹⁶ Ibid, pp. 25 – 27.

contaminados por el material volcánico es peligrosa, es recomendable también cubrir muy bien los depósitos de agua y trasladar de ser posible al ganado a lugares seguros.¹⁷



Figura 13. Ceniza volcánica depositada sobre los techos durante las erupciones del volcán Chichón, Chiapas, 1982.

Fuente: CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en la República Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.

Cuadro 1. PELIGROS ASOCIADOS A LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS

MANIFESTACIÓN	ERUPCIONES EFUSIVAS			EFECTO MÁS FRECUENTE
	PELIGRO ASOCIADO	VELOCIDAD	ALCANCE	
Lava líquida	Flujos de lava	Baja	Corto	Dstrucción del terreno
Ceniza	Lluvia de ceniza	Media	Intermedio	Acumulación de ceniza

¹⁷ Ibid, pp. 28,29.

MANIFESTACIÓN	PELIGRO ASOCIADO	ERUPCIONES EXPLOSIVAS		EFECTO MAS FRECUENTE
		VELOCIDAD	ALCANCE	
Fragmentos de todos tamaños	Flujos piroclásticos	Muy alta	Corto a intermedio	Acumulación de ceniza Devastación
Ceniza	Lluvia de ceniza	Media	Largo	
Arrastre	Flujos de lodo	Media a alta	Intermedio a largo	
Derrumbe o deslizamiento	Avalancha de escombros	Alta	Intermedio a largo	Devastación

Las velocidades y los alcances están descritos en términos cualitativos, dado que dependen de diversos factores, tales como altura del volcán, intensidad de la erupción, topografía del terreno, vientos dominantes, etc. En términos muy generales estos rangos pueden acotarse en: velocidades bajas (están en el rango de metros por hora), intermedias (pocos kilómetros por hora), y altas (varias decenas de kilómetros por hora); en tanto los alcances cortos implican de cientos de metros a pocos kilómetros, los intermedios algunas decenas de kilómetros, y los largos hasta cientos de kilómetros.

Fuente: CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de desastres en la República Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.

1.1.4 Fallas

Constituyen uno de los rasgos geomorfológicos asociados a la tectónica planetaria. Las masas rocosas se fracturan cuando, durante un esfuerzo tectónico, se sobrepasa el límite de plasticidad de los materiales.

Entre las fracturas tectónicas deben distinguirse, las fracturas propiamente dichas, que son aquellas que se producen entre dos bloques sin causar deslizamientos o desniveles entre ellos y, las fallas, que son fracturas acompañadas de desplazamientos entre los bloques a lo largo del denominado "plano de falla" que representa precisamente el plano sobre el cual se produce el movimiento.

Los movimientos que dan lugar a la formación de estas fracturas de la corteza terrestre y posteriormente, los movimientos de deslizamiento entre los bloques en el caso de fallas, suelen ser regularmente abruptos y estar acompañados de terremotos; aunque hay registro de casos en los que el desplazamiento es lento pero constante, por ejemplo el campo petrolero de Bakersfield, California, en donde la tubería de acero que enlazaba los pozos petroleros fue doblándose paulatinamente hasta que algunos tubos se fracturaron por efecto del esfuerzo cortante derivado del deslizamiento de una falla (cuya velocidad media de movimiento fue de 2.5 cm por año durante un periodo de 17 años).¹⁸



Figura 14. Como parte de las evidencias de movimientos laterales de terreno ocasionados por fallas, se encuentra esta desviación de aproximadamente 6m, en el trazo original de un camino, producto del corrimiento de una falla cercana a la Estación de "Point Reyes" en el Condado Marin de California durante el terremoto de San Francisco en 1906.

Fuente: Strahler, Arthur y Strahler, Alan. *Modern Physical Geography*. Ed. Wiley and Sons. Estados Unidos, 1978.

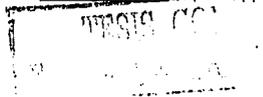
1.2 Riesgos vinculados con la dinámica bioclimática y las actividades humanas

A continuación se abordan los peligros derivados de la dinámica bioclimática, promovidos o acelerados, en ocasiones, por las alteraciones al medio físico-geográfico inducidas por la intervención humana, casos de los derrumbes, flujos de lodo, colapsos de suelos y hundimientos regionales.

Si bien estos fenómenos son parte de los procesos naturales del modelado terrestre, el elevado incremento de su presencia es resultado de la degradación del medio ambiente a causa del uso inadecuado del territorio y de la sobreexplotación de los recursos naturales; lo cual en consecuencia agrava el problema del riesgo que este tipo de fenómenos representan para los asentamientos humanos y las obras de infraestructura, de ahí la pertinencia de identificar y ubicar las áreas susceptibles de desarrollar este tipo de riesgos y conocer su dinámica a fin de tomar las medidas preventivas necesarias.

En nuestro país existen las condiciones naturales y de desarrollo social propicias para que se presenten, con consecuencias cada vez más agudas, problemas relacionados con la inestabilidad y el colapso de laderas. Año con año, el peligro de que la presencia de lluvias active movimientos como desprendimientos y corrimientos es inevitable con el consiguiente riesgo de causar serios daños a numerosas localidades y a diversas obras de infraestructura, entre ellas las obras viales. Un ejemplo de los muchos que hay al respecto, corresponde a los daños causados por el huracán Pauline en octubre de 1997 en las costas de Guerrero y Oaxaca, particularmente en la ciudad de

¹⁸ Longwell y Flint. *Geología Física*. Op. cit., pp. 379 - 380.



Acapulco, donde se registraron numerosos movimientos de materiales rocosos y flujos de lodo y escombros, detonados por la saturación y el colapso de algunas de las zonas altas con fuertes pendientes que rodean esta población.

En la naturaleza el riesgo, de desprendimientos de masas rocosas y suelo, es latente. Los problemas de inestabilidad se presentan en zonas montañosas, donde las pendientes exhiben diversos grados de inclinación. La inestabilidad puede definirse como la pérdida de la capacidad del terreno natural para autosostenerse, lo que deriva en reacomodos y colapsos del mismo.¹⁹ Los movimientos de laderas se originan por el decremento de la capacidad de las pendientes naturales para resistir las fuerzas de gravedad. A causa de las modificaciones geométricas del relieve dichas fuerzas entran en fases de desequilibrio, a la vez que ante la acción de otros fenómenos como escurrimientos y filtraciones de agua pluvial, el relieve se altera y modifica.²⁰

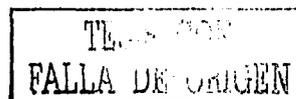
Por otra parte, la propia infraestructura para el transporte (intervención humana) puede motivar o acrecentar algunos de estos tipos de riesgos. La construcción de caminos puede en ocasiones favorecer la inestabilidad de laderas, especialmente cuando las limitaciones presupuestarias condicionan los cortes de laderas con pendientes adecuadas. En caso de lluvias severas, se producen derrumbes que obstaculizan importantes vías de comunicación, cobran vidas y demandan recursos de las instituciones a cargo para el restablecimiento de las condiciones normales de operación de las vías. Un ejemplo de esto lo brindó el caso, ya referido, de Cuenca, Ecuador en 1993 donde la combinación de precipitaciones intensas y la inadecuada construcción de carreteras en el área provocó un fuerte deslizamiento de rocas y suelo que culminó con una súbita inundación que entre los daños puso en peligro al principal proyecto hidroeléctrico de Ecuador.

1.2.1 Remoción en masa

En la dinámica de la superficie del planeta, los procesos geomorfológicos de transporte se dividen en:

- *Movimientos gravitacionales de masa* (todos aquellos que son inducidos por la aceleración de la gravedad). Se relacionan por un lado, con la inestabilidad de vertientes, caso de los deslizamientos de lodo, reptación y la caída de rocas, suelos, detritos, entre otros; por otro lado se vinculan con los movimientos relativos a los asentamientos o colapsos y la subsidencia, que no se relacionan propiamente con las vertientes o laderas.
- *Movimientos de transporte de masa* (material transportado por agua, hielo, aire).

¹⁹ CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastre en la República Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.



Estos movimientos se producen en todas latitudes y condiciones (tierra firme y bajo agua), por lo que se les considera como los procesos exógenos más universales (Cfr. Lugo, 1989). Los movimientos de remoción en masa son resultado de una compleja interacción de factores que pueden variar significativamente en tiempo y espacio, por lo que es importante conocerlos y comprenderlos, particularmente si se reconoce que los costos de los impactos que causan son muy elevados.²¹

Los factores que determinan la remoción en masa se dividen básicamente en naturales y antrópicos. Los primeros se relacionan con las características geográficas del área, entre las cuales destacan: el clima, los aspectos geológicos (tipo y permeabilidad de las rocas, dureza, arreglo estructural, fracturación, descomposición físico-química), el tipo de suelo, las características sísmicas de la zona, la morfología del terreno y los procesos erosivos actuantes. Los segundos se vinculan con las actividades humanas que modifican sensiblemente el medio ambiente, de manera muchas veces perjudicial e irreversible. Entre éstos destacan el crecimiento urbano sin control, los sistemas de transporte, de agua potable, drenaje, alcantarillado, pozos sépticos, represas, minas, etc, los cuales modifican la geometría del relieve e incrementan su susceptibilidad a desencadenar fenómenos capaces de causar desastres, en forma particular, derivados de la remoción en masa.

1.2.2 Derrumbes

Un derrumbe es un tipo de deslizamiento, se trata del movimiento perceptible, pendiente abajo, de una masa de roca, regolita²² o la mezcla de ambas. Constituye el desprendimiento del lecho de roca y del material que lo cubre, cuando lo hay.

Las masa en movimiento arrastran cualquier suelo u otro material suelto que se encuentre en su camino, pero muchas masas de regolita se mueven independientemente de la roca subyacente. Cuando una capa gruesa de materiales sueltos que descansa sobre la ladera abrupta de una elevación se satura con agua proveniente de fuertes lluvias o de la rápida fusión de la nieve, el peso adicional y el efecto lubricante del agua pueden dar lugar a que volúmenes grandes

²⁰ Centro Nacional de Prevención de Desastres. Inestabilidad de laderas naturales y taludes. Fascículo 11. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. 1era. Edición, 1996.

²¹ Otro aspecto que justifica el estudio de los movimientos de masa es la determinación y delimitación cartográfica de las áreas con este tipo de riesgo dentro de los planes de ordenamiento territorial, con objeto de utilizar los documentos resultantes como herramientas fundamentales en la toma de decisiones al planificar el uso del suelo, además de ser de utilidad en la toma de medidas preventivas y de mitigación requeridas. Desde el punto de vista cartográfico a escala nacional los primeros antecedentes sobre movimientos de masa se encuentran en el Atlas Nacional de México, 1992, donde a pequeña escala se muestra la susceptibilidad del terreno a hundimientos y corrimientos de tierras, clasificados de acuerdo al tipo de fenómeno, la morfología, los factores condicionantes y mecanismos, magnitud espacial y temporal, algunos de los fenómenos asociados y el impacto que causan; otro esfuerzo en este sentido lo representan los mapas sobre peligros geológicos y geomorfológicos realizados por el Instituto de Geografía de la UNAM para el Instituto Nacional de Ecología dentro del Programa de Actualización del Ordenamiento Ecológico General del Territorio del País, donde se analizan con mayor detalle los movimientos de masa; y recientemente lo propio, en el Atlas elaborado por el CENAPRED a muy pequeña escala. Oropeza O., et. al. "Peligros geomorfológicos en México: remoción en masa" en Los desastres en México. Una perspectiva multidisciplinaria. Garza S., M. y Rodríguez V., D. (coordinadores) .Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana, 1998. pp. 152 - 156.

de material húmedo se desprendan y se muevan, a veces en forma discontinua hacia los niveles más bajos.

Los deslizamientos de laderas naturales pueden causar daños diversos, de ahí que el conocimiento acerca de los movimientos y el desgaste de masas sean imprescindibles tanto para fundamentar la localización correcta de distintas obras de infraestructura (puentes, carreteras, presas, etc.), como para orientar la construcción de aquellas otras que se deben realizar a pesar de las dificultades impuestas por el desgaste de masas, íntimamente ligado al intemperismo y a la erosión. "Las compañías privadas y las dependencias gubernamentales invierten anualmente cantidades enormes de dinero en la reparación de ferrocarriles, carreteras, acueductos y otras construcciones importantes que sufren daños por deslizamientos y otros movimientos. Parte de ese costo podría evitarse si previamente se tomaran las precauciones necesarias".²³

Es necesario establecer estrategias para identificar la presencia de problemas de inestabilidad de laderas a fin de delimitar zonas en movimiento y diagnosticar el tipo de deslizamiento de la ladera, a partir de lo cual es factible evaluar la magnitud del riesgo y estimar el tiempo en el que el problema se puede volver definitivamente crítico. Información con la que resulta viable establecer programas de acción encaminados a la protección civil.

1.2.3 Flujos o corrientes de lodo

Estos fenómenos constituyen movimientos rápidos de una masa de regolita que tiene la consistencia del lodo. Las características del movimiento dependen fundamentalmente de la cantidad de agua contenida. De hecho, la presencia de muchos flujos de lodo empieza después de fuertes lluvias en los valles de zonas montañosas, en donde inician como corrientes lodosas, es decir escurrimientos que van recogiendo y arrastrando materiales sólidos, hasta que la parte frontal de la corriente se convierte en una represa de lodo y pequeñas rocas, cuyo movimiento se va haciendo cada vez más lento y al llegar a una planicie la presa que se fue formando en el trayecto se derrumba, el agua escurre por los alrededores y por la superficie se esparce una capa delgada de lodo mezclado con fragmentos rocosos.

Su presencia suele ser mayor en las zonas semiáridas en donde la cubierta vegetal es escasa y las corrientes temporales arrastran grandes cantidades de material acumulado durante los años de lluvias todavía más escasas.²⁴

²² La *regolita* es una capa constituida por diversos materiales sueltos: esencialmente se trata de partículas de roca que cubren generalmente el lecho rocoso en la superficie terrestre.

²³ Longwell y Flint. *Geología Física*. Op. cit. 162.

²⁴ *Ibid*, pp. 150 - 153.

Los flujos de lodo son procesos del modelado terrestre, particularmente peligrosos en virtud de su capacidad destructora, debida tanto a los volúmenes de carga que pueden alcanzar, como a la capacidad derivada que tienen para mover objetos grandes y pesados e incluso en ocasiones por la velocidad de deslizamiento que pueden alcanzar. Construcciones como graneros o casas de lámina situadas al paso de estas corrientes, pueden ser arrancadas o verse afectadas por el arrastre de grandes masas rocosas (Figura 15). Por otra parte además, los flujos de lodo constituyen un riesgo significativo por la diseminada presencia en el territorio de zonas con condiciones propicias para el desencadenamiento de procesos de esta naturaleza, en buena medida inducidos por la intervención humana que provoca diversos desequilibrios ecológicos.



Figura 15. Efectos del Huracán Mitch en Nicaragua, 1998. Deslizamientos de tierra provocados por las intensas lluvias sepultaron las poblaciones de El Porvenir y Rolando Rodríguez.
Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en la República Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.

1.2.4 Hundimientos y colapsos de suelos

El hundimiento regional se manifiesta por el descenso de la superficie de una extensión determinada del terreno. Este problema se encuentra asociado con la extracción excesiva de agua subterránea para usos diversos en zonas del país donde este recurso natural es escaso.

Los hundimientos locales son causados por el colapso de la superficie del terreno natural en zonas donde existen cavidades subterráneas. Cuando se presenta un derrumbe de este tipo, normalmente es súbito y devastador. Una de sus características más aparatosas es que se forman verdaderos cráteres o huecos verticales. Normalmente este tipo de problema se presenta cuando existen túneles de antiguas minas.²⁵

Es conveniente señalar a manera de corolario, que los procesos de remoción en masa en general se minimizan, a pesar de que cada vez se detectan más áreas en el país con esta problemática, debido a que se asocian a eventos más violentos (huracanes, temblores, erupciones volcánicas), reconociéndoseles como efectos secundarios de éstos, más que como procesos en si mismos capaces de generar severos daños, que reclaman una inmediata intervención preventiva ante el peligro que representan.

²⁵ CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastre en la República Mexicana. Op. cit

2. Peligros hidrometeorológicos

Este conjunto de peligros provocados, tanto por la acción de fenómenos atmosféricos (huracanes, tormentas de nieve, de granizo, de polvo y de electricidad), así como por sus consecuencias hídricas, (inundaciones fluviales y pluviales, además de sequías), ejercen un daño constante a la infraestructura carretera, pero de manera periódica, en ciertas épocas del año, severos perjuicios a la misma. De ahí la importancia y el interés de su consideración.

Dentro de los tipos de peligros que el Sistema Nacional de Protección Civil incluye dentro de este grupo se seleccionaron aquellos que por su intensidad, periodicidad y frecuencia ponen en riesgo el estado de la infraestructura y la seguridad de los usuarios.

Tipos de peligros que amenazan a la infraestructura carretera y a la seguridad de los usuarios

PRINCIPALES PELIGROS. Se consideran en este nivel aquellos que son capaces de inhabilitar o destruir porciones de la infraestructura carretera y desde luego poner en serio peligro la seguridad de los usuarios de las vías.

Peligros Meteorológicos

Huracanes
Lluvias torrenciales

Peligros Hídricos

Inundaciones pluviales
Inundaciones fluviales
Desbordamientos de lagos, presas
y otros cuerpos de agua

PELIGROS SECUNDARIOS Incluyen aquellos que deterioran la calidad de la infraestructura, pero cuya probabilidad de causar fuertes daños a ésta, es baja, aunque por otra parte, suelen poner en alto riesgo la seguridad de los usuarios.

Riesgos Meteorológicos

Tormentas de nieve
Heladas
Granizadas
Vientos intensos

Riesgos Hídricos

Inundaciones pluviales
Deshielo de granizo y nieve

El sistema de transporte, en términos generales, se adapta sin problema a las condiciones climáticas normales de una región, sin embargo, no a los extremos de algunos de los fenómenos meteorológicos, ya que suelen generar bastantes inconvenientes e influir en la incidencia de accidentes.

En el caso específico de la infraestructura carretera, el clima les afecta de manera continua y constante. Durante las etapas de construcción, en algunos casos por ejemplo, la cimentación debe realizarse con materiales adecuados para contrarrestar los efectos del clima. Las labores de mantenimiento por su parte, están muchas veces determinadas por éste, por ejemplo, cuando la superficie de alguna carretera no resiste las variaciones extremas de temperatura, los esfuerzos de expansión y contracción llegan a formar grietas y a deteriorar los pavimentos, las necesidades de actuación son inmediatas, los costos de mantenimiento muy elevados y las dificultades se incrementan con la llegada de las lluvias. Asimismo, cuando hay un mal tiempo, los factores de seguridad se ven directa e inmediatamente afectados, escasa visibilidad, superficies resbalosas, vientos intensos, etc.

Dichos peligros, constituyen en principio, el universo de peligros hidrometeorológicos que se considera pueden afectar:

- Físicamente a la infraestructura carretera (tanto a nivel de conservación, como de rehabilitación y hasta de reconstrucción).
- La operación de la red carretera.
- El funcionamiento socio-económico de las regiones y comunidades que la red vial enlaza.
- La integridad de los habitantes de las regiones afectadas.
- La seguridad de los usuarios de los caminos.

2.1 ¿Cómo se definen esos peligros, cuándo se presentan y qué implicaciones tienen?

Para comprender cada uno de los fenómenos meteorológicos y las respuestas hídricas que se han identificado como peligros para la infraestructura carretera y para la seguridad de los usuarios, se abordarán a continuación cada uno de ellos.

2.1.1 Huracanes

Los huracanes, nombre utilizado en América, son conocidos también como tifones en Asia, baguíos en Filipinas, willy-willy en Australia y genéricamente como ciclones. Éstos como otros fenómenos desarrollados en la atmósfera terrestre tienen como mecanismo motor el calentamiento diferencial de ésta misma y de las superficies marítima y terrestre, producto de la radiación solar.

Durante los meses de mayo a noviembre en el hemisferio Norte, dentro de la zona intertropical de convergencia de los vientos alisios (situada entre los 5° y 10° latitud N), grandes cantidades de aire húmedo y caliente se levantan de la superficie del océano creando un centro de baja presión alrededor del cual se forma un flujo en espiral de masas de aire cargadas de humedad. Los vientos al interior del meteoro se mueven de la periferia al centro y en contrasentido de las manecillas del reloj (en el hemisferio Norte), alcanzando velocidades que exceden los 100 km/hr y en numerosas ocasiones, incluso, las velocidades son mayores a los 200 km/hr.

En su nacimiento se conocen como *Depresiones Tropicales* en cuyo caso, los vientos alcanzan una velocidad igual o menor a 63 km/hr; al aumentar ésta (entre 63 y hasta 118 km/hr) se les denomina *Tormentas Tropicales* y cuando las velocidades del viento son superiores, se dice entonces que han alcanzado la condición de huracanes (Figura 16).

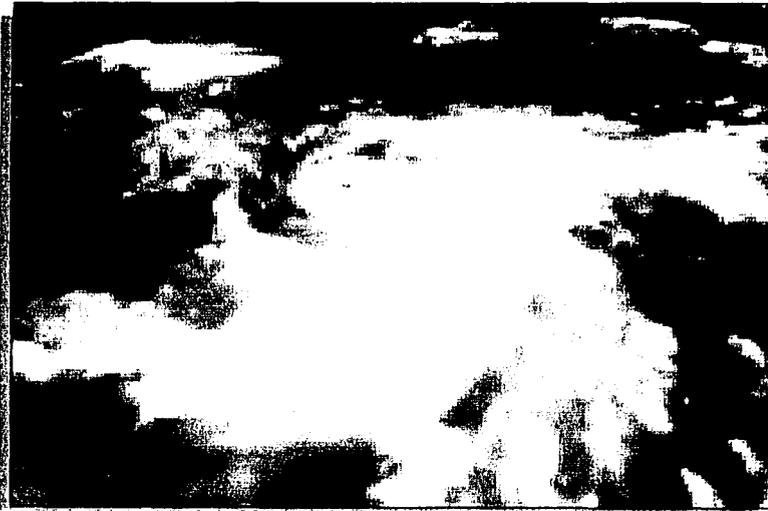


Figura 16. Vista satelital de un huracán.

A los sitios donde se originan los huracanes se les denomina *Zonas ciclógenas*, son ocho en el planeta y México se localiza entre dos de ellas: la zona del Atlántico Norte (donde nacen los huracanes del Caribe que afectan las costas del Caribe mexicano y la vertiente del Golfo de México) y la zona del Océano Pacífico Nor-oriental (cuyos efectos se registran en la vertiente del Pacífico mexicano).

Dentro de estas zonas se sitúan las denominadas regiones matrices, cuya delimitación geográfica si bien depende del comportamiento de las corrientes marítimas y de la posición de los centros de

calentamiento marítimo, si puede documentarse que en el caso de nuestro país (Figura 17) son cuatro:

1. Golfo de Tehuantepec. La formación de huracanes en esta región se inicia generalmente durante la última semana de mayo, aunque son los generados en julio los que llegan a penetrar tierra adentro.
2. Sur del Golfo de México. Se localiza concretamente en la llamada "Sonda de Campeche", en esta área los huracanes se forman regularmente a partir de junio y suelen provocar daños en los territorios de Veracruz y Tamaulipas.
3. Oriente del Mar Caribe. Los huracanes nacidos aquí inician su aparición a partir de julio, suelen ser de gran intensidad y registrar largos recorridos. Afectan frecuentemente la Península de Yucatán.
4. Ubicada en el Océano Atlántico, esta última región se localiza entre los 8° y 12° de latitud N, en ella se forman generalmente a partir de agosto, los huracanes de mayor fuerza y dirigiéndose por lo regular al Oeste penetran en la Península de Yucatán y los estados de Veracruz y Tamaulipas.²⁶

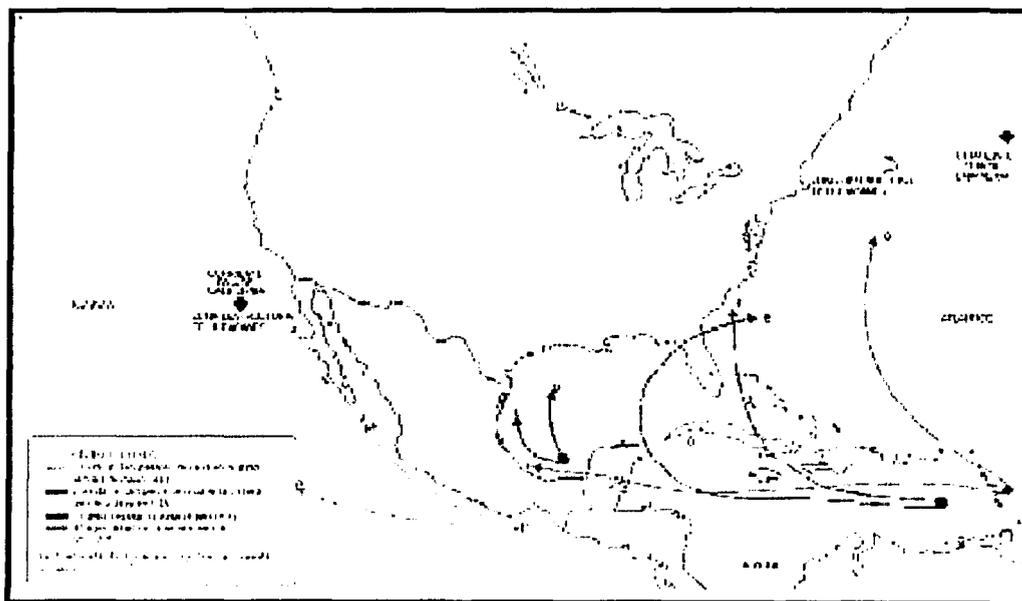


Figura 17. Zonas ciclógenas.

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en la República Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.

²⁶ Centro Nacional de Prevención de Desastres. "Huracanes". Fascículo 5. Secretaría de Gobernación, Sistema Nacional de Protección Civil. México, 1992. p. 6.

La capacidad destructiva de un huracán se deriva de cuatro componentes principales: fuertes vientos, intensas lluvias, la marea de tormenta y el oleaje.

Los vientos propios de un huracán son de hecho el elemento generador de la mayor parte de los daños provocados por éstos. Es por ello que de acuerdo a la intensidad de los vientos se han establecido dos escalas, la de *Beufort* (Cuadro 2), que relaciona la velocidad del viento con el oleaje promedio para ir determinando la categoría del fenómeno meteorológico, y la *Escala de Huracanes de Saffir/Simpson* (Cuadro 3) que establece los posibles daños materiales que un huracán puede causar según la intensidad del meteoro.

Cuadro 2. Escala de Beufort

Beufort Calificación	Velocidad del viento (km/hr a 10 m de altura)	Altura promedio de las olas (m)
0 Calma	0 - 1	0
1 Brisa	1 - 5	0
2 Viento suave	6 - 11	0 - 0.3
3 Viento leve	12 - 19	0.3 - 0.6
4 Viento moderado	20 - 28	0.6 - 1.2
5 Viento regular	29 - 38	1.2 - 2.4
D.T. 6 Viento fuerte	39 - 49	2.4 - 4.0
D.T. 7 Ventarrón	50 - 61	4.0 - 6.0
T.T. 8 Temporal	62 - 74	4.0 - 6.0
T.T. 9 Temporal fuerte	75 - 88	4.0 - 6.0
H. 12 Huracán	118	más de 15.0

D.T. Depresión Tropical
T.T. Tormenta Tropical
H. Huracán

Fuente: CENAPRED. Huracanes. Fascículo 5. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. 1992. p. 11

Los fuertes vientos dirigidos a la costa provocan a su vez la sobreelevación del nivel medio del mar, que es lo que se denomina *marea de tormenta*, la cual puede causar importantes daños al invadir construcciones y poblados cercanos a la costa, además de que al trasladar la rompiente del oleaje tierra adentro se afecta la infraestructura y las propiedades localizadas cerca de la línea de costa.

En el caso del oleaje, los daños provocados por éste durante un huracán se dividen en dos grupos: los derivados de la agitación del mar, que afectan principalmente a las embarcaciones y a los rompeolas y los que se producen por efecto de la *marea de tormenta*.

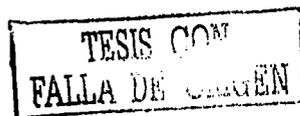
Los huracanes van acompañados también de lluvias muy intensas que suelen provocar grandes y prolongadas inundaciones; incluso si existen montañas cercanas a la costa y situadas a lo largo del recorrido del huracán, las precipitaciones suelen ser todavía más altas y los daños en consecuencia mayores debido al arrastre de gran cantidad de materiales.²⁷

Cuadro 3. Escala de Huracanes de Saffir/Simpson (ESSH)

No.	Viento		Mareas de tormenta por encima de normal		Estimación de los posibles daños materiales e inundaciones
	Km/hr	MPH	mts.	Pies	
1	119 -153	74 -95	1.5	4.5	Ningún daño efectivo a los edificios. Daños sobre todo a casas rodantes, arbustos y árboles. También algunas inundaciones de carreteras costeras y daños leves en los muelles.
2	154 -177	96 - 110	2 - 2.5		Provoca algunos daños en los tejados, puertas y ventanas de los edificios. Daños considerables a la vegetación, casas rodantes y muelles. Las carreteras costeras se inundan de dos a cuatro horas antes de la entrada del centro del huracán. Las pequeñas embarcaciones en fondeadores sin protección rompen amarres.
3	178 - 209	111 - 130	2.6 - 3.7		Provoca algunos daños estructurales a pequeñas residencias y construcciones auxiliares, con pequeñas fisuras en los muros de revestimiento. Destrucción de casas rodantes. Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas y los escombros flotantes dañan a las mayores. Los terrenos planos debajo de 1.5 m pueden resultar inundados hasta 13 km de la costa o más.
4	210 -249	131 - 155	4.5 - 5	13 - 18	Provoca fisuras más generalizadas en los muros de revestimiento con derrumbe completo de toda la estructura del techo en las residencias pequeñas. Erosión importante en las playas, daños graves en los pisos bajos de las estructuras cercanas a la costa. Inundaciones de los terrenos planos debajo de 3 m. situados hasta 10 km de la costa.
5	Más - 250	Más - 155	Más - 5.5	Más - 18	Derrumbe total de los techos de muchas residencias y edificios industriales. Algunos edificios se desmoronan por completo y el viento se lleva las construcciones auxiliares pequeñas. Daños graves en todos los pisos bajos de todas las estructuras situadas a menos de 4.6 m. por encima del nivel del mar y a una distancia de hasta 460 m. de la costa.

Fuente: CENAPRED. Huracanes. Fascículo 5. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. 1992. p. 11

De acuerdo con los registros de ingreso a tierra de diversas perturbaciones tropicales, la Comisión Nacional del Agua ha dividido en tres grupos a las entidades del país en las que se ha presentado por lo menos uno de estos eventos. (Cuadro 4). Por su parte, el CENAPRED elaboró un mapa de incidencia de ciclones tropicales a partir del estudio "Probabilidad de presentación de ciclones tropicales en México" llevado a cabo por el área de Riesgos Hidrometeorológicos (Figura 18).



Cuadro 4. Clasificación según periodos de recurrencia

Ocurrencia de penetración (años)	Entidades
2 - 4	Baja California Sur, Michoacán, Sinaloa Sonora y Tamaulipas.
5 - 7	Campeche, Colima, Quintana Roo y Jalisco.
8 - 26	Nayarit, Guerrero, Tabasco, Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Yucatán.

Fuente: CENAPRED. Huracanes. Fascículo 5. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. México, 1992.

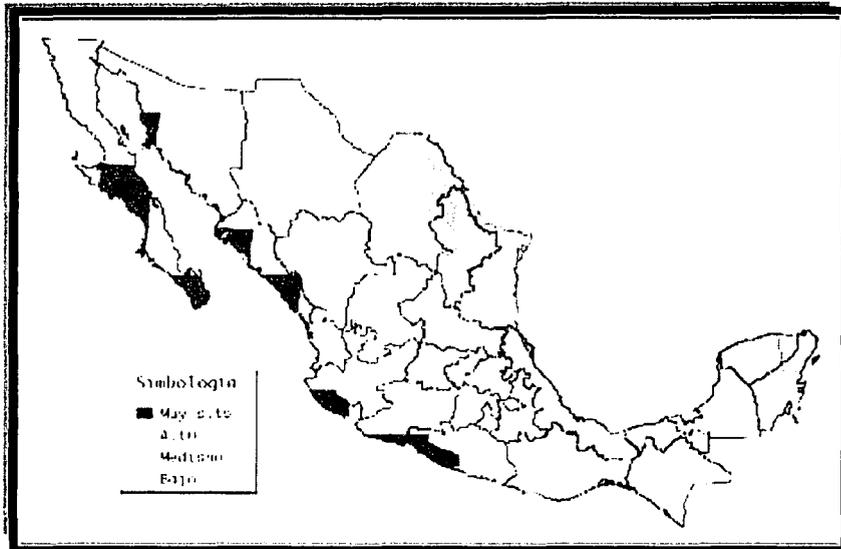


Figura 18. Incidencia de ciclones en la República Mexicana. Estimación realizada a partir del análisis estadístico de la incidencia de trayectorias de ciclones tropicales en una malla de 2° de latitud por 2° de longitud, durante el periodo 1960 a 1995. El objetivo fue calcular la probabilidad de ocurrencia en cada uno de los espacios de trabajo, obteniendo así un criterio para definir el nivel de peligro. El área de estudio abarcó desde la línea de costa hasta los 1000 m de altitud, formando una franja de entre 50 y 250 km considerada como área de influencia de los ciclones tropicales

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en la República Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.

²⁷ Ibid, pp-9 - 12.

2.1.2 Lluvias torrenciales

Otro de los peligros hidrometeorológicos, lo representan las fuertes precipitaciones. El período de lluvia en la mayor parte del país, a excepción del extremo Noroeste, se concentra en los meses de mayo a octubre, coincidiendo con la época de huracanes, que aunque si bien, no toda la lluvia que baña al territorio nacional tiene su origen en dichos fenómenos, las fuertes concentraciones de precipitación en unos cuantos días si están asociadas a las Tormentas tropicales y a los huracanes que anualmente se acercan a las costas del país o penetran en ellas, dando lugar en consecuencia a precipitaciones que exceden con mucho los registros promedio y los niveles de flujo de los cauces, así como la capacidad de almacenamiento de los cuerpos de agua.

Otro tipo de precipitaciones presentes en la citada época del año, lo constituyen las lluvias orográficas provocadas por los vientos provenientes del mar, cargados de humedad, que al encontrarse con los sistemas montañosos, ascienden y dan lugar a las lluvias localizadas en el lado de barlovento de dichos sistemas.

Durante el invierno algunas áreas del país registran también la presencia de precipitaciones intensas derivadas de los frentes fríos que provenientes del Polo Norte se desplazan hacia el sur.

Un tipo más de lluvias tiene su origen en el ascenso de la humedad por convección, son las llamadas lluvias convectivas, cuya intensidad es muy elevada pero su periodo de duración muy corto y su cobertura espacial muy localizada.

Una concentración extrema de lluvia en un período relativamente corto de tiempo representa sin duda un riesgo, pero éste es realmente tal, cuando se combina, entre otras, con condiciones de deterioro ecológico, carencia de planeación urbana y agudos niveles de pobreza de la población.

De manera que dentro de la tarea de identificación de riesgos para la prevención de daños, el análisis espacio-temporal del comportamiento de la precipitación en el territorio es fundamental.

2.1.3 Otras formas de precipitación

Tormentas de nieve

La nieve es otra forma de precipitación. Formada a temperaturas menores a 0° C el vapor de agua se solidifica y forma cristales de hielo hexagonales que se unen en una gran gama de estilos. Un copo de nieve es una aglomeración de cristales de hielo. Aunque las tormentas de nieve tienen una escasa presencia en el territorio del país, su consideración no es poco importante, en virtud de los riesgos que generan principalmente a la seguridad de los usuarios de las carreteras, además de los daños que causan a la infraestructura.



Heladas y granizo

El granizo es la unidad de precipitación sólida, más densa, pesada y grande. Es resultado de vigorosos movimientos convectivos desarrollados en las nubes de tormenta en la época caliente del año. Aunque su presencia es totalmente local, el riesgo que impone principalmente a la seguridad de los usuarios demanda su consideración.

Las heladas por su parte, se presentan cuando la temperatura de la franja de aire inmediata al suelo se reduce bajo el punto de saturación y la condensación se efectúa a una temperatura menor a 0° C. El riesgo que imponen las heladas afecta básicamente a los usuarios, más que a la infraestructura en si misma, al volver la superficie de rodamiento altamente resbalosa; aunque desde luego también, la constante presencia de heladas va generando daños en la estructura de los pavimentos

2.1.4 Inundaciones, desbordamientos y deshielos

Entre los efectos directos de los fenómenos meteorológicos que se han señalado y que a su vez se convierten en nuevos y poderosos peligros, se encuentran las inundaciones, los desbordamientos y los deshielos.

El flujo en un río está controlado primordialmente por variaciones en la precipitación, del mismo modo que lo están los niveles de almacenamiento de los cuerpos de agua, sean éstos naturales (lagos, lagunas) o artificiales (presas, bordos, etc). Al rebasarse los niveles de captación y de retención de un cauce o de una depresión, se presentan como consecuencia inmediata, los desbordamientos y las inundaciones causantes, debido a la fuerza destructiva del agua, de grandes daños a la infraestructura carretera.

Tales riesgos desde luego no dependen exclusivamente de la cantidad de lluvia, en ellos participan además, las características naturales de las cuencas hidrológicas (a las que pertenecen tanto cauces como cuerpos de agua) y decididamente también el grado de deterioro ecológico de éstas.

Las inundaciones se presentan prácticamente en cualquier lugar del país, sin embargo con fines de sistematización, éstas pueden asociarse con el origen de las precipitaciones, así encontramos que los huracanes y las tormentas tropicales pueden provocar inundaciones generalizadas en las principales cuencas hidrológicas del país, especialmente en las localizadas en las vertientes del Golfo de México y del Océano Pacífico. En el caso de las lluvias generadas por los frentes fríos se asocian los registros de importantes avenidas en los ríos de la región Noroeste, casos por ejemplo de las cuencas del Fuerte y Yaquí, en donde además las lluvias desencadenan el deshielo de la nieve acumulada en las partes altas de las montañas de la zona. Por su parte las lluvias

convectivas dan lugar a inundaciones muy localizadas, registradas en su mayoría en las zonas urbanas de la Altiplanicie Mexicana.²⁸

De acuerdo con el "Programa nacional para el control de avenidas y la prevención de daños por inundaciones" de la Comisión Nacional del Agua, entre los años de 1973 a 1990, el promedio anual de daños por inundaciones en el país se estimó en 173.000 millones de pesos de 1990 que no incluyen los daños no cuantificables como la afectación a las condiciones normales de vida y de producción.²⁹

En cuanto a los deshielos, se consideran sólo aquellos que son producto del derretimiento posterior a una tormenta de nieve, debido a los riesgos que esto puede representar para la seguridad de los usuarios. El tratamiento de este aspecto incluirá en consecuencia, los deshielos de la nieve que se encuentra sobre la propia infraestructura, así como la que se localiza en las inmediaciones de ésta.



²⁸ Centro Nacional de Prevención de Desastres. Serie Cuaderno de Investigación. Domínguez M., R.; Jiménez E., M.; García J., F. y Salas S., M. A. "Reflexiones sobre las inundaciones en México". Núm. 4, julio de 1994. pp. 11 - 12.

²⁹ *Ibid*, p. 2.

TESIS CON
FALDA DE ORIGEN

Bibliografía

Alcaldía de Santiago de Cali. "Definiciones y conceptos básicos", tomados del Plan para la mitigación de riesgos de Cali. Colombia, 1997.

Allen, D. "Fire Hydrant Maintenance. Using GPS and GIS". pp. 28 – 29. ArcUser. Magazine for ESRI Software Users. Vol. 3, núm. 1, January – march , 2000. California, United States.

Aneas de Castro, Susana D. "Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía". En Script Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Núm. 60, 15 de marzo de 2000. Universidad de Barcelona.

Arguello Rodríguez, M. y Lavell A." Internacionalización y Globalización: Notas sobre su Incidencia en las Condiciones y Expresiones del Riesgo en América Latina". Revista Quorum de la Universidad de Alcalá, España. Texto tomado de (<http://www.desenredando.org>)

Arguello Rodríguez, M. y Lavell A. Sistema de Naciones Unidas frente al desastre asociado con el Huracán Mitch en Honduras. De la atención de emergencias a la gestión de riesgos. LA RED. 1999. Tomado de la página de La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. (<http://www.desenredando.org>)

Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. 1991.

Backhoff P., M. y García Ortega, G. Los Sistemas de Información Geográfica y el Transporte. Publicación Técnica núm.32 Instituto Mexicano del transporte, SCT. 1992.

Backhoff P., M. A. et. al. Curso-Taller "Los sistemas de Información Geográfica en el Transporte". Coordinación de Vinculación Sectorial. Instituto Mexicano del Transporte, SCT. 2000.

Backhoff P., M. A. El Sistema de Información Geoestadística para el Transporte. Desarrollo y aplicaciones Multitemáticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. UNAM. 2002.

Beck, U. Risikogesellschaft Auf den Weg in eine andere Moderne, Frankfurt, 1986. Cita tomada del documento en español traducido por Elisa Renau. "La irresponsabilidad organizada". Alemania, S.G.S. L., Alzira Comisiones Obreras. www.ccoo.es/arcadia/arc_01_bec.html

BID-CEPAL. "Desastres Naturales: Un problema de desarrollo en América Latina y el Caribe". Conferencia presentada en el Seminario: Cómo enfrentar los Desastres Naturales: Una cuestión de Desarrollo. Nueva Orleans, Estados Unidos, 2000.

Bitrán Bitrán, D. "Consecuencias socioeconómicas de los terremotos y consideraciones de su impacto futuro". En Quorum, revista. México, agosto de 1992.

Bitrán Bitrán, D. Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980 – 99. Secretaría de Gobernación, CENAPRED y CEPAL. 2000.

Bocco, G. Sistemas de información geográfica: ética y concepto. (<http://dgsca.unam.mx/jornada/1999/abr99/990405/cien-bocco.html>).

Boltanski, L. y Chiapello, E. El nuevo espíritu del capitalismo. Ed. Akal Cuestiones de Antagonismo. España, 2002

Boltvinik, J. Y Hernández Laos, E. Pobreza y distribución del ingreso en México. p. 88. Ed. Siglo XXI. México, 2001.

Boltvinik, J. "Geografía de la Pobreza en México". La Jornada 30 de Agosto de 2002.

Brown, T.J. "Road Hazards and Risk Management in New Zealand" Trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.

Burrough, P.A. Principles of Geographic Information System for Land Resources Assessment. Oxford University Press. Inglaterra, 1987.

Calvo García-Tornel, F. "Algunas cuestiones sobre Geografía de los Riesgos". En Script Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Núm. 10, 15 de nov. de 1997. Universidad de Barcelona, España. (<http://www.ub.es/geocrit>)

Calvo García-Tornel, F. La Geografía de los Riesgos. En GeoCrítica. Cuadernos Críticos de Geografía Humana. Año IX, núm. 54, noviembre, 1984. Universidad de Barcelona, España. (<http://www.ub.es/geocrit>)

Cardona A, Omar D. "Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo". En La Red. Los desastres no son naturales, Maskrey, A. compilador. ITDG. Lima, 1993.

Cardona A., Omar D. "La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión". Artículo y ponencia para International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice. Disaster Studies of Wegeningen University and Research Centre. Holanda, junio de 2001. Texto tomado de (<http://www.desenredando.org>)

Cardona A., Omar D. "Manejo Ambiental y Prevención de Desastres: Dos temas asociados". En La Red. Los desastres no son naturales. Maskrey, A. compilador. ITDG. Lima, 1993.

Cebrian, J. A. y Mark, D. M. "Sistemas de Información Geográfica. Funciones y Estructura de Datos" en Estudios Geográficos. Tomo XLVII núm. 184 julio – septiembre de 1986. Madrid.

CENAPRED. Sismos. Fascículo 2. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. 1era. Edición, 1990.

CENAPRED. Volcanes. Fascículo 4. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. 1era. Edición, 1992.

CENAPRED. "Huracanes". Fascículo 5. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. 1992.

CENAPRED. Serie Cuaderno de Investigación. Domínguez M., R.; Jiménez E., M.; García J., F. y Salas S., M. A. "Reflexiones sobre las inundaciones en México". Núm. 4, julio de 1994.

CENAPRED. Inestabilidad de laderas naturales y taludes. Fascículo 11. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. 1era. Edición, 1996.

CENAPRED. Tsunamis. Fascículo núm. 12. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. México, 1996.

CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastre en la República Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.

CENAPRED. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. (Publicación impresa). México, 2001.

Centro Nacional de Metrología. Factibilidad de uso de un SIG para la planeación y el monitoreo de la Red de Laboratorios de Calibración del Centro Nacional de Metrología. Documento interno elaborado por García Ortega, M. G. México, 1996.

CONACYT. "Huracanes". Información Científica y Tecnológica. Revista quincenal vol. III, núm. 37, 15 de enero de 1981. México.

CONAPO y Comisión Nacional del Agua. Indicadores Socioeconómicos e Índice de Marginación Municipal, 1990. Primer informe técnico del proyecto "Desigualdad regional y marginación municipal en México". México, 1993.

CONAPO "La marginación en México: trayectorias y perspectivas" p. P. 247- 264 en La situación demográfica de México, 2000, pp. 247 - 264. México 2000.

CONAPO. "Población, fenómenos naturales, riesgos y desastres" pp. 189- 220 en La situación demográfica de México, 2000. México, 2000.

Córdoba y Ordóñez, J. "Geografía y Cartografía: reflexiones sobre el estatus científico de una simbiosis necesaria", en Geografía para el Tercer Milenio. Palacio Prieto y Sánchez Salazar (editores) Instituto de Geografía, UNAM, 2001

Cutter, Susan L. Respuestas sociales a los riesgos ambientales. <http://www.unesco.org/issj/rics150/cutter159.htm>

Dana, P. The Geographer's Craft Project. University of Texas. Austin, 1998.

Dangermond, Jack. "Risk Analysis and Response. GIS and Public Safety". ArcUser. The magazine for ESRI Software Users. Vol. 3, núm. 1, January – march , 2000.

Daratech 2000 Geographic Information Systems: Markets and Oportunities. Cambridge, Massachusetts:Daratech.

de Buen R., Oscar. La integración del transporte de carga como elemento de competitividad nacional y empresarial. Publicación Técnica no. 24. Instituto Mexicano del Transporte, SCT. México, 1990.

Delgadillo Macías, J. (Coordinador) Desastres Naturales. Aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México. Editado por: Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM, Centro de Ciencias de Sinaloa, Facultad de Historia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, CONACYT y el Sistema de Investigación del Mar de Cortés. México, 1996.

Derruau, Max. Geomorfología. Ed. Ariel. Barcelona, 1978.

Desastres en la Región" en DIRDN Informa. Revista para América Latina y el Caribe, Núm. 15, 1999.

Díaz Pineda, J. "Desastres Naturales. Riesgos, emergencias y catástrofes". Programa de análisis resistente de las infraestructuras de carreteras a los desastres naturales. Trabajo inédito. España, 2000.

Díaz Pineda, J. "Introducción al problema de la vulnerabilidad de las infraestructuras carreteras". En Carreteras. Revista Técnica de la Asociación Española de la Carretera. 4º época, núm. 106. Enero - Febrero de 2000.

DIRDN. Guía para la Comunicación Social y la Prevención de Desastres. "La prevención de desastres comienza con la información". Naciones Unidas, 1998. (<http://www.disaster.info.desastres.net/idndr/public/comunic/cap1.htm>)

DIRDN. Foro del Programa Internacional del DIRDN. Mandato de Ginebra sobre Reducción de Desastres. Estrategia Adoptada. Julio de 1999.

DIRDN. "Desastres en la Región" en DIRDN Informa. Revista para América Latina y el Caribe, núm. 15, 1999.

DIRDN. "DIRDN Global" en DIRDN Informa. Revista para América Latina y el Caribe, núm. 15, 1999. (http://www.disaster.info.desastres.net/idndr/dirdninf/No15_99/espanol/index_15.htm)

DIRDN. "Editorial: El Decenio termina ¡y comienza un nuevo Milenio!. A implementar conjuntamente la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres". En DIRDN Informa. Revista para América Latina y el Caribe, núm. 15, 1999. (http://www.disaster.info.desastres.net/idndr/dirdninf/No15_99/espanol/index_15.htm)

Dollfus, O. El espacio geográfico. Colección ¿qué sé? Oikos – tau. España, 1976.

Fire Agencies. Improve Response with GIS". Pp.22 –25. ArcUser. Magazine for ESRI Software Users. Vol. 3, núm. 1, January – march , 2000. California, United States.

García de Miranda, E. Apuntes de Climatología. México, 1980.

Garza Salinas, M. "Breve Historia de la Protección Civil en México". En Los Desastres en México. Una perspectiva multidisciplinaria. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana México, 1998.

Garza Salinas, M. y Rodríguez Velázquez, D. (coordinadores). Los Desastres en México. Una perspectiva multidisciplinaria. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana. 1998.

Griffiths, John F. Climatología Aplicada. Publicaciones Cultural. México, 1985.

Hewitt, K. "Daños ocultos y riesgos encubiertos: haciendo visible el espacio social de los desastres". En Mansilla, E. Desastres un modelo para armar. Colección de piezas de un rompecabezas social. La Red. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 1996.

Hewitt, Kenneth. Regions of Risk. A Geographical Introduction to Disasters. Themes in Resource Management. Ed. Longman. Inglaterra, 1997.

Hugh Cowan. "GeoNet: Monitoring hazards in a new century" pp. 49 – 52. TEPHRA. Revista del Ministerio de Defensa Civil y Administración de la Emergencia de Nueva Zelanda. Vol. 19 junio de 2002.

Hurn, J. GPS A guide to the next utility. Trimble Navigation, USA, 1989.

Inbar, Moshe. "Natural disasters in Geographical realm". pp77 – 83. En Geografía para el Tercer Milenio. Palacio Prieto y Sánchez Salazar (editores). Instituto de Geografía, UNAM, 2001.

INEGI. Estados Unidos Mexicanos. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Resultados preliminares.

Instituto de Geografía, UNAM. Atlas Nacional de la República Mexicana. México, 1991.

Lavell, A. "La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría" En Estado, Sociedad y Gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido, Allan Lavell y Eduardo Franco, editores. LA RED; FLACSO; ITDG-Perú. Perú, 1996.

Lavell, A. "Desastres durante una Década: Lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990 - 1999)" FLACSO y LA RED. Artículo publicado en Anuario Política y Social de América Latina, núm. 3. Secretaría General de la FLACSO. p. 6. Tomado de la página de La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. (<http://www.desenredando.org>)

Lavell, A. "Desastres y Desarrollo: Hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un Desastre. El caso del Huracán Mitch en Centroamérica". En Garita, N. Y Nowalski, J. (compiladores). Del Desastre al Desarrollo Sostenido: El caso de Mitch en Centroamérica. BIDS y CIDHS, 2000.

Lewis, S. y Fletcher, D. "An introduction to GIS for Transportation". Transportation Research Board. Annual Conference 1991. Washington, D. C. 1991.

Longley, P.A. Geographic Information Systems and Science. Wiley & Sons, England, 2001.

Longwell, Chester R. y Flint, Richard F. Geología Física. Ed Limusa. México, 1979.

Maderey, Laura E. Geografía de la Atmósfera. Colegio de Geografía, UNAM. México, 1982.

Mansilla, E. "Desastres y desarrollo en México" Revista Desastres y Sociedad. Núm. 1, año 1. La Red. Noviembre, 1993. Tomado de (<http://osso.univalle.edu.co/tmp/lared/public/revistas>)

Mansilla, Elizabeth. "Prevención y atención de desastres en México". en Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido. Allan Lavell y Eduardo Franco, editores. LA RED; FLACSO; ITDG-Perú. Perú, 1996.

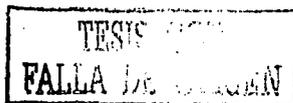
Marek Potrykowski y Zbigniew Taylor. Geografía del Transporte. Ed. Ariel. Barcelona, España. 1984.

Masciarelli, E.; A., P.; Zeballos, M.; Marhuenda, F. "Modelación de aspectos de vulnerabilidad a los Peligros Naturales por medio de Técnicas de Simulación Numérica" XIII – Congreso Argentino de Vialidad y tránsito – (2001).

Masciarelli, E. A. "Métodos y Modelos de Prevención de Riesgos en Proyectos Viales", trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.

Maskrey, A. "Comunidad y desastres en América Latina: Estrategias de Intervención". en: Viviendo en Riesgo. Maskrey, A. compilador. ITDG. Lima, 1993. (<http://osso.univalle.edu.co/tmp/lared/public/libros>)

Maskrey, A. "Vulnerabilidad y mitigación de desastres". En La Red, Los desastres no son naturales. Maskrey, A. compilador. ITDG. Lima, 1993.



Massone, Héctor E. "Riesgos y desastres naturales. Un signo de nuestro tiempo". En Ciencia Hoy. Revista de Divulgación y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy. Vol. 9, núm. 52, mayo-junio de 1999. Argentina, 1999.

Mitchell, A. The ESRI Guide to GIS Analysis. Vol. 1: Geographic Patterns and Relationships. ESRI Press. Redlands, California, 1999.

Monmonier, M. Cartographies of Danger. Mapping Hazards in America. The University of Chicago Press. Estados Unidos de Norteamérica, 1997.

Moraga Bravo, W. "Plan Nacional de Prevención de Desastres y Acción ante Emergencias". Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.

Niezen, C. "La silenciosa revolución del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Señales del Cielo". PCWorld. Perú, octubre de 2001. Tomado de: (<http://www.elcomercioperu.com.pe/Pcworld/html/2001>)

North Dakota University. The web's Premier Source of Volcano Info. (<http://volcano.und.nodak.edu/vw.html>)

OEA, Unidad para el Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. PROCORREDOR. Stephen O. Bender (Jefe Área Geográfica Centroamérica).

Oliver_Smith, A. "El gran terremoto de Perú, 1970: el concepto de la vulnerabilidad y el estudio y la gestión de los desastres en América Latina" pp. 147 – 160. En Desastres Naturales en América Latina. Lugo Hubp, J. y Inbar, M (compiladores). Fondo de Cultura Económica. México, 2002.

Organización Panamericana de la Salud. "Hacia un mundo más seguro frente a los desastres naturales. La trayectoria de América Latina y el Caribe". OMS. DIRDN. 1994.

Organización Panamericana de la Salud. Serie Mitigación. "Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario." Guías para el análisis de vulnerabilidad. Oficina Regional de la OMS. Washington, D.C., 1998.

Oropeza O., et. al. "Peligros geomorfológicos en México: remoción en masa" en Los desastres en México. Una perspectiva multidisciplinaria. Garza S., M. y Rodríguez V., D. (coordinadores) Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana, 1998.

Parfit, M. "Los Peligros naturales" National Geographic. Vol. 3, núm. 1, julio de 1998. Washington, D.C.

Pérez Santangelo, H. "Catastro y Catástrofes". En Geoinformación. Núm. 3. Revista sobre Tecnologías y Sistemas de Información Espacial Integrada. Enero – Febrero de 1999.

PREDES. Aspectos conceptuales. Perú. (<http://www.anc.org.pe/desadoc3.htm>).

Proceedings of the IEEE, January 1999. Special Issue on Global Positioning System.

Reboratti, C. "La Geografía entre límites, escalas y fronteras", en Geografía para el Tercer Milenio. Palacio Prieto y Sánchez Salazar (editores) Instituto de Geografía, UNAM, 2001

Robinson, A., Sale, R., et. al. Elements of Cartography. Wiley and Sons. Estados Unidos de Norteamérica, 1984.

Rodríguez Velázquez, D. "Desastre y vulnerabilidad. Entre las ciencias naturales y las ciencias sociales". En Los Desastres en México, una perspectiva interdisciplinaria. Coordinadores Garza Salinas, M. y Rodríguez Velázquez, D. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana. México, 1998.

Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en la República Mexicana. Versión en disco compacto. México, 2000.

Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil. "Protección Civil, un plan para protegernos". La prevención de desastres en México. Fascículo 1. 3ª reimpresión. México, 1995

Seguí Pons, J. y Petrus Bey, J. Geografía de redes y sistemas de transporte. Ed. Síntesis. Colección Espacios y Sociedades. Serie general núm. 16. Universidad Complutense de Madrid. España.

Servicio Sismológico Nacional - Instituto de Geofísica de la UNAM, (<http://www.ssn.unam.mx>)

SHCP. ACUERDO que establece las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN). Marzo de 2001

Shinjuro Komata. "Road Hazards Zonation and Risk Evaluation due to Rainfall in OYASHIRAZU, JAPAN", trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.

Slocum, Terry A. Thematic Cartography and Visualization. Ed. Prentice Hall. Estados Unidos de Norteamérica, 1999.

Strahler, Arthur N. y Strahler, Alan H. Modern Physical Geography. Ed. Wiley and sons. Estados Unidos, 1978.

Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E. Geography of Transportation. Prentice Hall. New Jersey, E.E. U.U. 1996.

Teodorovic, D. Transportation Networks. A Quantitative Treatment. Gordon and Breach Science Publishers. Países Bajos, 1986.

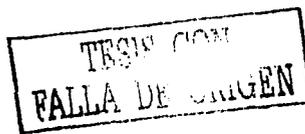
Tomlinson, R. F. "Geographic Information Systems a new frontier". p.p. 18 – 29 en Peuquet Donna J. Y Marble, Duane F. Introductory readings in Geographic Information Systems. Taylor and Francis. Inglaterra 1990.

Torres Torres, F. *et al.* Delgadillo Macías, J. (coordinador). Desastres naturales. Aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México. UNAM, Universidad Autónoma de Sinaloa, Centro de Ciencias de Sinaloa, CONACYT y Sistema de Investigación del Mar de Cortés. México, 1996.

Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional. Manual de para la Atención de Emergencias en la Red de Carreteras Alimentadoras y Caminos Rurales. Subsecretaría de Infraestructura, SCT. Noviembre de 2000.

Velásquez, A. y Rosales, C. Escudriñando en los desastres a todas las escalas. Concepción, metodología y análisis de desastres en América Latina utilizando DesInventar. Segunda parte. Síntesis por países y definiciones DesInventar. Red de Estudio Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. LA RED. 1999. (<http://www.lared.org.pe>)

Velázquez Rodríguez, D. "Desastre y vulnerabilidad. Entre las ciencias naturales y las ciencias sociales". En Los Desastres en México, una perspectiva multidisciplinaria. coordinadores Garza



Salinas, M. y Velázquez Rodríguez, D. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Iberoamericana. México, 1998.

White, H. P. and Senior, M. L. Transport Geography. Ed. Longman. Londres y Nueva York.

Wigberto Luis Sánchez González, W. L. "Reducción de Desastres en la República de Cuba. trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.

Wilches-Chaux, Gustavo. "La vulnerabilidad global". En La Red. Los desastres no son naturales, Maskrey, A. compilador. ITDG, Lima, 1993.

Yasuji Nagaya. "Sistema de intercambio de información sobre avalanchas". Trabajo presentado en el Seminario Internacional de Gestión de Riesgos en Caminos. Temuco, Chile. Octubre de 2001.

Yue-Hong Chou. Spatial Analysis in Geographic Information Systems. On word Press. Santa Fé, USA, 1997.

<http://www.idefe.es/maritima/que/earte1.htm>8cuadro de gato

<http://www.qsl.net/ce6tra/gps.htm>

<http://personal.redestb.es/jatienza/pps/HISTORIA.htm>

www.cenapred.unam.mx

www.navtech.com

www.trimble.com/gps

www.garmin.com/aboutGPS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN