

Figura 11

CLASES DE DESERTIFICACION

Nivel de Precipitación (mm)	P/ETP ^{B/}	Tipo de Textura (% de arena)	Tipo de Pendiente (% de pendiente)	Unidad de Desertificación
Más de 1500	—	Más de 50	Más de 10	1
			Menos de 10	2
		Menos de 50	Más de 10	3
			Menos de 10	4
Menos de 1500	1.0 o mayor	Más de 50	Más de 10	5
			Menos de 10	6
		Menos de 50	Más de 10	7
			Menos de 10	8
	0.76 - 0.99	Más de 50	Más de 10	9
			Menos de 10	10
		Menos de 50	Más de 10	11
			Menos de 10	12
	0.01 - 0.75	Más de 50	Más de 10	13
			Menos de 10	14
		Menos de 50	Más de 10	15
			Menos de 10	16

^{B/} Relación entre precipitación y la evapotranspiración potencial.

Fuente: Organización de los Estados Americanos. Manual Sobre Manejo de Riesgos Naturales en la Planificación del Desarrollo Regional Integrado. (Washington, D.C.: en proceso de publicación).

la salinización. Para enfrentarse con el problema del sobrepastoreo primero hay que reconocer las necesidades de los ganaderos. La reducción del número de cabezas de ganado y la introducción de mejoras tales como cercos alambrados y bebederos puede ayudar. Las técnicas de manejo de pasturas deben satisfacer las necesidades del área, considerando el método más apropiado para terrenos aluviales y colinas arenosas, los tipos de animales que mejor se adapten a las condiciones del área, la estructura social y el contexto cultural. Los ganaderos estarán mejor dispuestos a aceptar alternativas de manejo que requieran una menor inversión de capital, aunque requieran más tiempo para dar beneficios.

Las dificultades que presenta la agricultura de secano incluyen precipitaciones escasas e inestables, vientos calientes y secos, dependencia en agricultura extensiva en vez de intensiva, pocas opciones de cultivos, suelos altamente susceptibles a la erosión eólica y cosechas que generalmente no son suficientes para justificar mayores inversiones en agroquímicos o en

medidas de control de erosión. Por tal motivo, las perspectivas para mitigar los problemas que presenta la agricultura de secano, no son tan favorables como aquellas para terrenos variados. Los problemas más serios que presenta la agricultura de secano son la erosión eólica e hidráulica y la pérdida de fertilidad de los suelos por la absorción de los nutrientes.

La fertilidad puede mejorarse utilizando fertilizantes (que son costosos a corto plazo, pero la alternativa a largo plazo es la pérdida total de la producción). Los suelos arenosos y los suelos en terrenos de mucha pendiente son los más difíciles de mejorar.

Para mitigar la erosión pueden utilizarse una serie de prácticas muy conocidas de conservación de aguas y de suelos. Estas incluyen el uso de cultivos resistentes a sequías, períodos de barbecho y cubiertas protectoras de material vegetal, la instalación de terrazas de retención de aguas, el adecuado espaciamiento entre las filas de plantas y prácticas especiales, tales como la labranza mínima o cero labranza y dejar los residuos de los cultivos en su lugar después de la cosecha. Con cierta

experimentación, es posible encontrar un conjunto de prácticas de manejo que el agricultor acepte y que le brinden mayores ganancias dentro de un corto período de tiempo.

La salinización puede mitigarse con tecnología actualmente disponible. La desalinización es un método práctico para remover los excesos de sales en los suelos, pero requiere un drenaje adecuado. Básicamente lo que es necesario son sistemas de irrigación bien diseñados y correctamente manejados. Para esto es necesario que como mínimo, se consideren las características naturales del suelo (por ejemplo, la composición química de las aguas subterráneas, la salinidad de los suelos hasta la napa freática, las condiciones naturales de drenaje), que se instalen drenajes profundos para transportar el exceso de agua y evitar el riego excesivo. El exceso de riego es una consecuencia común de la tendencia a no cobrar el costo debido por el agua; ésto puede resultar en su uso constante, lo que producirá saturación hídrica y salinización de suelos.

3. AMENAZAS GEOLOGICAS

Las amenazas geológicas más destructivas son los terremotos, las erupciones volcánicas y los tsunamis (grandes olas, generalmente causadas por terremotos a las que erróneamente se denominan maremotos). Los derrumbes, que pueden ser provocados por terremotos o por otros mecanismos, están tratados en la Sección 5 de este capítulo.

Las amenazas geológicas se caracterizan por: (1) comienzo muy rápido; (2) impacto geográfico limitado (los fenómenos ocurren en zonas limitadas y claramente definidas de América Latina y el Caribe); (3) falta de predecibilidad, excepto en un sentido muy genérico; y (4) gran poder destructivo (a pesar de su relativa rareza los terremotos, los flujos piroclásticos y las corrientes de fango causadas por erupciones volcánicas, y las inundaciones causadas por tsunamis en áreas urbanas son las amenazas naturales más temidas y destructivas).

Dadas estas características, la mejor manera de enfrentarse a las amenazas geológicas es evitarlas, utilizando medidas de mitigación no estructurales. Como se ha recalcado anteriormente, esta estrategia requiere información sobre la amenaza que presentan esos eventos lo antes posible en el proceso de planificación. La información necesaria al comienzo del proceso es muy general, pero en las etapas sucesivas se vuelve más explícita a fin de poder responder las siguientes interrogantes:

- ¿Impone el evento una amenaza en el área de estudio?
- ¿Es lo suficientemente importante el peligro como

para justificar la mitigación?

- ¿Qué tipo de mecanismos de mitigación son apropiados?
- ¿Cuáles son los costos y los beneficios de una medida de mitigación en particular, en términos económicos y de calidad de vida?

Para las principales amenazas geológicas existen datos científicos que pueden ayudar a responder la primera pregunta en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, pero hasta ahora no han sido de fácil acceso. Uno de los servicios prestados por la OEA, ha sido recopilar esta información y disponerla de manera apropiada para que los planificadores la utilicen. Esta sección resume la información existente sobre terremotos, erupciones volcánicas y tsunamis.

Terremotos

Se necesitan dos clases de datos para evaluar el riesgo impuesto por los terremotos: la severidad potencial de los mismos y la probabilidad de que ocurran durante un período determinado. Cuando parte de esta información no existe, se puede hacer una evaluación parcial con la información disponible.

La severidad potencial generalmente se define en base a datos históricos, tomando al terremoto de mayor escala ocurrido en el área como el máximo potencial que pueda alcanzar un terremoto en el futuro en esa misma área. Se ha preparado un mapa de intensidades de terremotos en América del Sur, que delimita las zonas de acuerdo con la escala de Intensidad de Mercalli Modificada (IMM), que es una escala de 12 unidades de intensidades de temblor creciente. Por ejemplo, un terremoto de nivel IMM VI, se define de la siguiente manera: "Sentido por todos; muchos se asustan y corren hacia afuera; se caen chimeneas y revoques y techos; los daños son menores."^{3/} Al nivel IMM X, que equivale aproximadamente a la magnitud 7 en la escala de Richter, se le define como: "La mayoría de las estructuras de mampostería y de madera se destruyen; la tierra se agrieta; las vías de tren se tuercen; hay derrumbes." Suponiendo que las medidas de mitigación son difíciles de justificar a nivel IMM VI o menor, es recomendable considerarlas para áreas de nivel IMM VII o mayor.

El riesgo es serio. La Figura 12 muestra doce lugares en América Central y América del Sur con una probabilidad de 50 por ciento o mayor de que ocurra un terremoto de magnitud 7+ dentro de los próximos 20 años. La ocurrencia de temblores destructivos en Costa Rica y Ecuador es casi un hecho (tienen más del 90 por ciento de probabilidades). En el Cuadro A-1 (véase el Anexo A para los cuadros A-1 a A-6) se clasifican de acuerdo a la escala IMM todos los departamentos, provincias y estados en América del Sur que tienen un IMM de VI o mayor. El Cuadro A-2 mues-

tra la probabilidad condicional de que ocurra un terremoto de gran escala en la costa oeste Sudamericana en los próximos 5, 10 ó 20 años, también a nivel departamental, así como la intensidad máxima probable de dicho temblor. Los Cuadros A-3 y A-4 brindan el mismo tipo de información para América Central. En el Manual Sobre Manejo de Riesgos Naturales en la Planificación del Desarrollo Regional Integrado se encontrarán datos similares para México y el Caribe.

Cabe decir que esta información es muy preliminar pero si por ejemplo, se sabe que un área de estudio tiene un 80 por ciento de probabilidad de ser afectada por un terremoto de escala IMM X dentro de los próximos 20 años, el planificador debe reconocer que esa realidad no se puede ignorar.

El trabajo de la OEA con amenazas geológicas se ha concentrado en gran parte en la planificación previa al evento y en medidas de mitigación no estructurales. Por ejemplo, el estudio para el desarrollo integrado de la cuenca de los ríos San Miguel y Putumayo en la frontera entre Colombia y Ecuador, incluyó una evaluación de todos los riesgos naturales que puedan afectar los proyectos identificados. Las zonas donde hay fallas activas – lugares con potencial de terremotos y con tierras inestables que no son apropiadas para infraestructuras – fueron uno de los elementos estudiados.

Las principales amenazas sísmicas son temblores de tierra, fallas en la superficie y propensión a la licuefacción (véase más abajo la sección sobre derrumbes). Una vez que se reconoce la propensión de un área a terremotos, es importante trazar mapas para delimitar las zonas de alta amenaza. Para algunos países latinoamericanos y del Caribe hay mapas de amenaza ya trazados, pero en general no son muy confiables o útiles para ingenieros, funcionarios del gobierno o planificadores para el diseño de obras específicas. Algunos proyectos nacionales y regionales han comenzado a incorporar avances científicos y tecnológicos en el trazado de mapas de amenazas sísmicas, con lo cual la calidad del trabajo ha mejorado bastante. La disponibilidad de información existente y, en particular su calidad, debe determinarse para las áreas bajo amenaza sísmica y complementarse conforme sea necesario.

La ingeniería especializada en terremotos ha logrado técnicas y materiales de construcción resistentes a temblores de tierra, con excepción de los más fuertes. Las leyes de construcción estipulan el uso y la aplicación de dichas técnicas. La readaptación puede tener importantes beneficios económicos en el caso de edificios grandes e instalaciones públicas, así como también puede salvar la vida de millones de personas cuyas viviendas estén construidas a base de barro. Hay

Figura 12

ZONAS DE MAYOR AMENAZA SISMICA: AREAS EN AMERICA LATINA CON MAS DEL 50 POR CIENTO DE PROBABILIDAD DE SUFRIR UN TERREMOTO DE MAGNITUD 7 + ENTRE LOS AÑOS 1989 - 2009

Ubicación	Magnitud (Richter)	Probabilidad (Porcentaje)
Ometepec, México	7.3	74
Oaxaca Central, México	7.8	(72) ^{a/}
Oaxaca Zona Este, México	7.8	70
Oaxaca Zona Oeste, México	7.4	64
Colima, México	7.5	66
Guerrero Central, México	7.8	(52) ^{a/}
Sudeste de Guatemala	7.5	79
Guatemala Central	7.9	50
Nicoya, Costa Rica	7.4	93
Papagayo, Costa Rica	7.5	55
Jama, Ecuador	7.7	90
Sur de Valparaíso, Chile	7.5	61

^{a/} Los valores de probabilidad expresados entre paréntesis reflejan estimativas menos confiables.

Fuente: Nishenko, S. P. Circum-Pacific Seismic Potential 1989-1999. National Earthquake Information Center, U.S. Geological Survey, Open File Report 89-86 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1989).

técnicas sencillas que pueden prolongar la resistencia de estas estructuras a temblores, por un tiempo suficiente como para permitir que sus habitantes las abandonen antes de que éstas se desmoronen. Con respecto a las fallas de la superficie, la mejor manera de enfrentarse a esta amenaza es evitando el uso de las zonas angostas propensas al movimiento a lo largo de ellas.

Erupciones Volcánicas

Las principales amenazas volcánicas son los flujos piroclásticos, las corrientes de fango (lahars), los desprendimientos de cenizas, los proyectiles y el flujo de lava. Estas amenazas generalmente no constituyen un problema muy serio en las áreas ubicadas a más de 30 km del centro del evento, aunque en casos excepcionales un lahar o el desprendimiento de cenizas pueden causar daños hasta una distancia de 60 km. El Cuadro A-5 caracteriza a todos los volcanes "activos" en América Latina y el Caribe. Dado a que algunas de las erupciones más serias han sido causadas por volcanes considerados inactivos, se considera a un volcán "activo" cuando ha erupcionado en los últimos 10.000 años (la Epoca Holocénica de tiempo geológico). El grado de amenaza de un volcán se calcula por su periodicidad, considerándose que los de corta periodicidad (intervalos entre erupciones de menos de 100 años) presentan una mayor amenaza que los de larga periodicidad. La información dada para cada volcán incluye su ubicación, periodicidad, última fecha de erupción, la mayor erupción sufrida y las amenazas asociadas a dichas erupciones.

Si un área de estudio está ubicada dentro de los 30 km del centro de un volcán de corta periodicidad, se deberá preparar un mapa ubicando las amenazas volcánicas y mencionando la posibilidad de ocurrencia y severidad de cada evento cerca del volcán. Existen pocas medidas efectivas para resistir amenazas volcánicas como el flujo de lava o los flujos piroclásticos, a parte de evitar el uso de las zonas propensas a ellos. La adecuada inclinación de techos puede ayudar a reducir los daños.

Tsunamis

Estas impresionantes olas de origen sísmico son causadas por fuertes y repentinos movimientos del fondo del mar, generalmente debido a terremotos. En América Latina constituyen una amenaza significativa en la costa oeste sudamericana, donde cada sismo mar adentro de magnitud mayor a 7.5 puede generar tsunamis. En el Caribe son muy poco frecuentes y causan pocos daños, lo cual hace difícil justificar económicamente medidas de mitigación. Aun en las zonas donde

los tsunamis imponen una amenaza significativa, las medidas de mitigación sólo son factibles en centros altamente urbanizados. La construcción de paredes protectoras a lo largo de costas bajas, la plantación de franjas de árboles entre la orilla y las zonas construidas y la zonificación restrictiva son medidas útiles hasta cierto punto, pero la mejor defensa contra esta amenaza son los sistemas de alerta y evacuación.

El Cuadro A-6 presenta una estimación sobre la amenaza potencial de tsunamis en la costa oeste de América del Sur, mostrando la altura potencial de una ola frente a centros urbanos entre Colombia y Chile. Existe este mismo tipo de información para México y América Central.

4. INUNDACIONES

Las inundaciones generalmente se categorizan de acuerdo a su frecuencia estadística. Por ejemplo, se denomina "planicie de inundación de 100 años" a aquellas planicies que bordean zonas de agua siempre que cuenten con un 1 por ciento de probabilidades de inundarse en un año determinado. Comúnmente se considera que una amenaza de esta magnitud, o mayor, es significante.

Las prácticas de desarrollo pueden aumentar inconcientemente la amenaza de inundación, aumentando la cantidad de agua que debe ser transportada o disminuyendo el área disponible para absorberla. Los canales de drenaje y las acequias de irrigación, así como otras desviaciones de aguas, pueden alterar tanto la descarga hacia las planicies de inundación como la capacidad de un cauce de transportar dicha descarga. La deforestación o las prácticas de explotación forestal, pueden reducir la capacidad de absorción de agua de un bosque, aumentando la escorrentía en el área en cuestión. Las grandes represas afectan los canales, tanto río abajo como río arriba: el reservorio actúa como una trampa de sedimento y la corriente libre de sedimento que queda por debajo de la represa, socava el cauce. La urbanización de planicies de inundación o áreas adyacentes, resulta en la escorrentía ya que reduce la cantidad de superficie disponible para absorber las precipitaciones. En resumen, en la planificación del desarrollo integrado debe analizarse el efecto que puedan tener los cambios propuestos sobre las inundaciones, así como también se deben identificar las medidas de mitigación apropiadas a fin de incluirlas en los proyectos de inversión.

El estudio de planificación debe comenzar por establecer las características de los cursos de agua y su propensión a inundaciones. Generalmente esto se hace aforando los ríos, midiendo directamente los niveles de inundación y los intervalos de repetición durante un

período de varios años para determinar estadísticamente la probabilidad de eventos determinados. Sin contar con un registro de por lo menos veinte años, se hace difícil llevar a cabo dichas evaluaciones, pero en muchos países los registros de aforamientos son insuficientes o inexistentes. En estas situaciones pueden utilizarse datos de sensores remotos, registros de daños y observaciones en el lugar, a fin de localizar las áreas propensas a inundaciones de intervalo específico.

Técnicas de Sensoramiento Remoto para el Trazado de Mapas de Planicies de Inundación

Los estudios de planificación de desarrollo integrado tradicionalmente no incluyen evaluaciones sobre la amenaza de inundación, sino que dependen de la información existente. Si se necesita información de este tipo, pero la misma no está disponible, se debe llevar a cabo una evaluación dentro del mismo estudio. Si las restricciones de tiempo y presupuesto del proyecto impiden una evaluación detallada y a gran escala, puede prepararse un mapa de planicies de inundación y una evaluación de la amenaza mediante el método foto-óptico, utilizando datos de Landsat y cualquier otra información que pueda encontrarse.

Las inundaciones y las construcciones en una planicie de inundación causan cambios en los cauces de los ríos, las características de sedimentación y los bordes de inundación. Una inundación aparece en la superficie como anomalías en la humedad del suelo, áreas empozadas, socavación de suelos, vegetación dañada y líneas de escombros por varios días o semanas después de que las aguas retroceden. Dado a que las imágenes de satélite pueden proporcionar un historial de estos cambios, las imágenes más actuales se pueden comparar con datos recopilados previamente a fin de determinar las alteraciones durante períodos de tiempo específicos. De manera similar, las áreas inundadas pueden compararse con un mapa de las mismas previo a la inundación.

Cabe señalar que la delimitación de planicies de inundación utilizando datos de sensoramiento remoto, no puede relacionarse por sí misma, directamente con las probabilidades de repetición. Sin embargo, cuando se usan estos datos conjuntamente con otra información (registros de precipitaciones, datos históricos sobre inundaciones), las planicies de inundación delineadas pueden relacionarse con las posibilidades de ocurrencia de un evento. Este método puede revelar el grado de propensión de un área a las inundaciones y puede brindar información útil para una evaluación de riesgo.

Por ejemplo, el Gobierno paraguayo le encomendó a la OEA que delinease las planicies de inundación y determinase la amenaza a lo largo del río Pilcomayo, dada la alta frecuencia de sus desbordamientos. El

equipo de la OEA encontró datos de Landsat que mostraban al río en condiciones normales y de inundación, los cuales, después de su procesamiento e interpretación, permitieron trazar los límites de las planicies de inundación y de las zonas peligrosas de forma rápida y acertada. De las imágenes que se obtuvieron en tres momentos distintos, los analistas pudieron identificar las áreas de depósito de sedimentos (Figura 13) y también los cambios en el curso del río (Figura 14). Dado a que éste fue solamente un análisis preliminar, el mapa se trazó sin verificar la información en el campo, disminuyendo de esta manera el costo. El mapa que abarca una superficie 60.000 km² a escala 1:500.000, fue trazado en un mes con un costo de US\$ 3.800.

Las características dinámicas de las inundaciones que pueden causar cambios, como por ejemplo los cambios en el cauce del río o en los límites de las planicies de inundación, pueden monitorearse observando repetidamente cualquier área con satélites de observación terrestre. Además, la distribución espacial de las características que hayan cambiado puede ser trazada en un mapa utilizando técnicas de análisis temporal, desarrolladas desde el lanzamiento del Landsat 1 en 1972.^{4/} Se pueden proyectar diapositivas a cualquier escala, de escenas enteras o subdivididas. Las diapositivas pueden ser proyectadas en un mapa básico, en mapas temáticos y en fotografías ampliadas de imágenes de satélite en una banda, a fin de definir las áreas propensas a riesgos naturales para su análisis posterior.

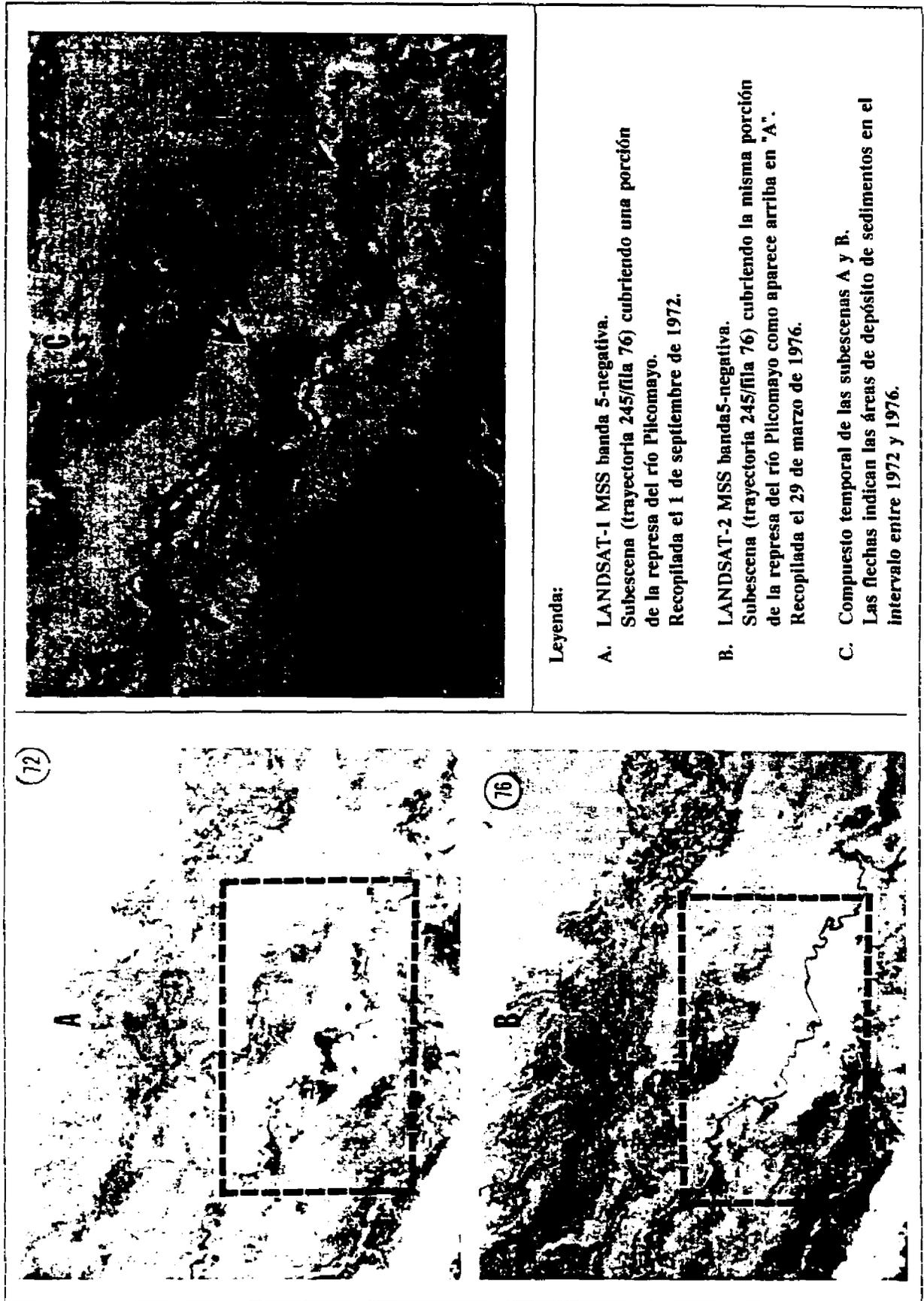
Mientras que el precio de la información varía de fuente a fuente y de país a país, el costo de adquisición y análisis de datos, y de preparación de productos analógicos, generalmente oscila entre cuatro y 20 centavos de dólar por km². A un especialista en sensoramiento remoto con experiencia en sistemas de análisis multispectrales foto-ópticos o computarizados, que cuente con otros estudios de planificación, información complementaria regional y apoyo logístico, le será posible llevar a cabo una evaluación de la amenaza de inundación y preparar un mapa de planicies de inundación que cubra un área de 30.000 a 90.000 km², a una escala de hasta 1:50.000, en aproximadamente un mes.

5. DESLIZAMIENTOS

El término "deslizamiento" evoca la imagen de una gran masa de rocas y desperdicios rodando cuesta abajo, cortando árboles, destruyendo poblados enteros y llevando consigo un viento aullador que destroza todas las estructuras existentes. Esta es una buena descripción para una avalancha, que es un tipo de movimientos masivos de tierra agrupados como deslizamientos. Hay también otros tipos de deslizamientos,

Figura 13

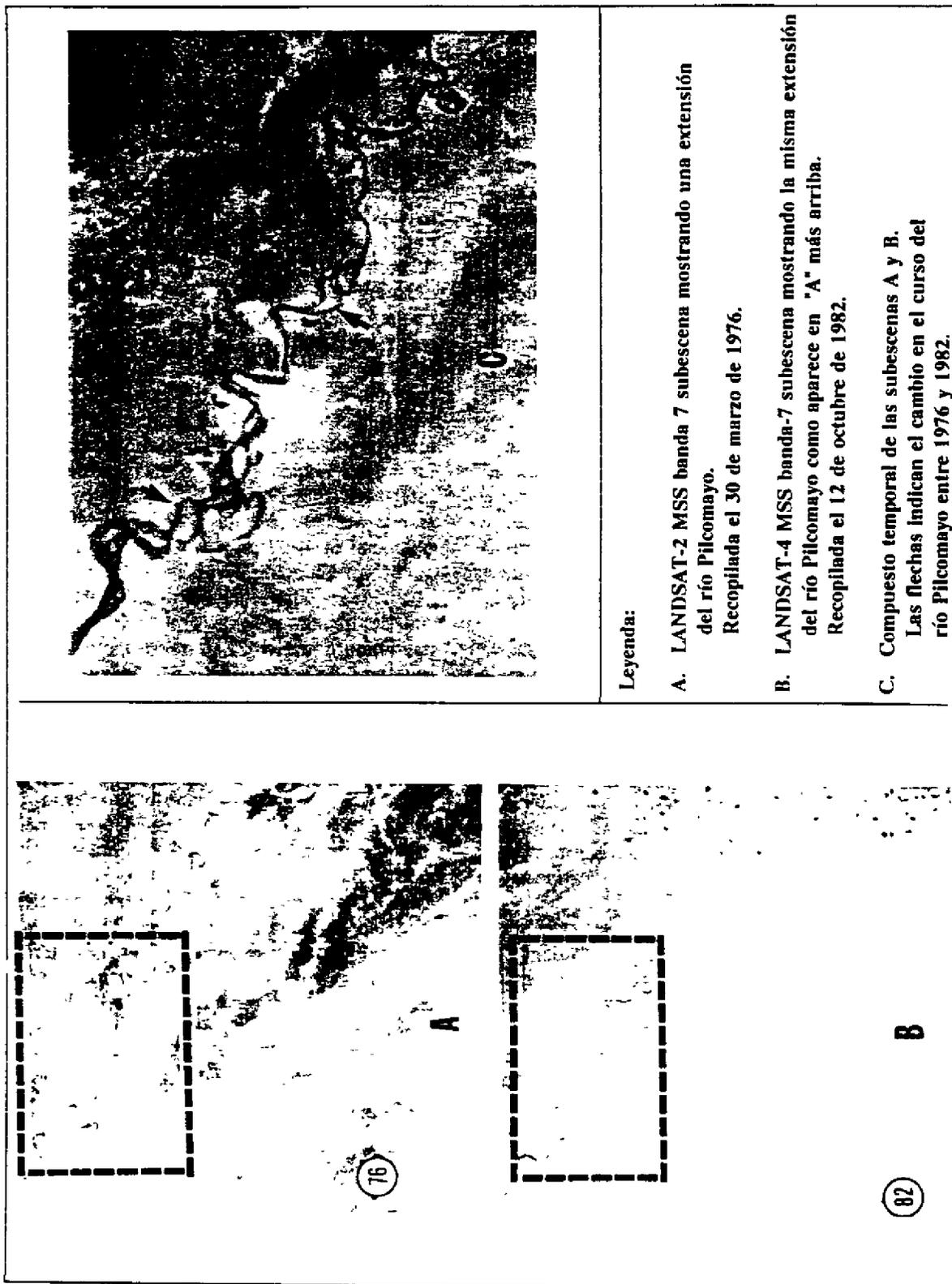
UTILIZACION DE IMAGENES DE SATELITE PARA DETECTAR EL DEPOSITO DE SEDIMENTOS



Fuente: OEA. Manual sobre el Manejo de Amenazas Naturales en la Planificación del Desarrollo Regional Integrado (Washington, D.C.: en proceso de publicación).

Figura 14

UTILIZACION DE IMAGENES DE SATELITE PARA DETECTAR CAMBIOS EN EL CURSO DE LOS RIOS



Fuente: OEA. Manual sobre el Manejo de Amenazas Naturales en la Planificación del Desarrollo Regional Integrado (Washington, D.C.: en proceso de publicación).

algunos son menos dramáticos, pero sin embargo causan mucho daño.

Para el propósito de manejo de amenazas, se consideran tres tipos generales de movimientos masivos de tierra: (1) derrumbes y avalanchas, (2) flujos y deslizamientos laterales (fenómeno de licuefacción), y (3) desprendimientos de rocas. Los derrumbes y las avalanchas son movimientos muy rápidos de material coluvial a lo largo de pendientes sumamente empinadas bajo condiciones de mucha humedad. Ocurren frecuentemente y cada evento puede causar daños moderados o daños mayores, pero dada su frecuencia el total de los daños es muy grande. La licuefacción se refiere a movimientos rápidos y fluidos de materiales no consolidados en planicies o en pequeñas elevaciones. Estos movimientos terrestres ocurren comúnmente y pueden causar grandes daños. Los desprendimientos de rocas se caracterizan por rocas que caen libremente de acantilados y pendientes empinadas. Cada uno de estos eventos puede causar pocos daños, pero dada su alta frecuencia en total causan muchos daños y fatalidades.

Los deslizamientos están frecuentemente provocados por terremotos. Sin embargo, también pueden estar causados por erupciones volcánicas, fuertes precipitaciones, crecimiento de aguas subterráneas, socavamiento de ríos y otros mecanismos, por lo que ocurren más frecuentemente que los terremotos.

Las mejores estrategias para mitigar los deslizamientos son evitar la construcción en áreas peligrosas y ciertos usos del suelo que puedan provocar movimientos masivos. A fin de incluir estas estrategias en la planificación del desarrollo se requiere información sobre la posibilidad de ocurrencia de un deslizamiento. Dicha información sólo debe compilarse para aquellas áreas donde en el uso de la tierra presente o futuro sea intenso, ya que la mitigación no es necesaria en áreas de usos no intensivos, tales como en tierras destinadas a pastoreo o a forestación.

A fin de hacer las recomendaciones sobre la intensidad del uso de la tierra, será adecuado contar con un mapa sobre el potencial de deslizamientos, pero para recomendar el manejo de la tierra se requiere información más explícita tal como la que puede brindar un mapa de zonificación de deslizamientos. A continuación se describen los métodos para preparar este tipo de evaluaciones sobre deslizamientos.

El mejor indicador del potencial de deslizamientos es la evidencia de ellos en el pasado. Datos tales como la ubicación, tamaño y estructura de los mismos pueden interpretarse utilizando imágenes tomadas a control remoto (fotografías aéreas e imágenes de satélite). Asimismo, se puede compilar un mapa aéreo mostrando su distribución y pueden interpretarse las zonas con diferentes potenciales de deslizamiento. Dado a que el mapa está basado únicamente en la frecuencia de

ocurrencia de los deslizamientos y no en los factores que lo causan, su poder de predicción es limitado.

Los derrumbes y las avalanchas están relacionados con pendientes empinadas, con ciertos tipos y estructuras de roca de basamento y con condiciones hidrológicas particulares. Pueden prepararse mapas con estas características, así como también puede compilarse un mapa de zonificación de deslizamientos superponiendo los factores causantes. Muchos de los datos necesarios, tales como la geología de las rocas firmes y la topografía, pueden ya existir. Los demás datos pueden recopilarse utilizando imágenes de sensoramiento remoto. Los datos geológicos, de pendiente e hidrológicos pueden superponerse para compilar un mapa donde cada unidad sea una combinación de estas tres características. Las actividades de desarrollo (por ejemplo, la conversión de un bosque a tierras de pastoreo o de cultivo que aumenta la humedad del suelo), pueden aumentar la susceptibilidad a deslizamientos y las unidades de características naturales en los mapas pueden ajustarse para mostrar los efectos de estas actividades humanas. Cada una de las unidades resultantes pueden después caracterizarse según su potencial de deslizamiento a fin de proveer las bases para la preparación de un mapa de zonificación.

Puede seguirse el mismo proceso al evaluar el potencial de licuefacción, excepto que para este tipo de movimiento masivo de tierra los factores críticos son la presencia de sedimentos holocénicos no consolidados (arenas y sedimentos que tienen menos de 10.000 años) y una profundidad hasta la capa freática menor a 30 pies.

Un ejemplo es la evaluación de deslizamientos que preparó la OEA a solicitud del Gobierno de Dominica.⁵⁷ El estudio encontró que el origen volcánico del país, causal de las pendientes empinadas y la inestabilidad de las rocas de basamento, juntamente con las abundantes precipitaciones crean condiciones que fácilmente generan derrumbes. Un 2 por ciento del territorio del país se enfrenta a deslizamientos existentes, de los cuales el tipo más común es el flujo de escombros. El equipo encargado de llevar a cabo el análisis delineó en primera instancia todos los deslizamientos pasados en fotografías aéreas en blanco y negro a escala 1:20.000 y preparó un mapa de deslizamientos a escala 1:50.000. Después, se compiló con información existente un mapa de la geología de la superficie, el cual se superpuso al mapa de derrumbes para determinar qué unidades de roca de basamento estaban asociadas a los deslizamientos existentes. Se encontró que seis de las ocho unidades de roca de basamento estaban asociadas. Después se compiló un mapa de distintas clases de pendiente con la información ya existente. Se definieron cuatro clases que correspondían a los actuales usos de la tierra. Los factores hidrológicos

fueron examinados, pero no se pudo establecer ninguna correlación entre la distribución de las precipitaciones o las zonas de vegetación y los deslizamientos. Finalmente se combinaron las unidades de roca de basamento y de pendiente, se compararon las unidades compuestas con el mapa de deslizamientos y se determinó la proporción de cada unidad compuesta sujeta a movimiento.

El mapa de amenaza de deslizamiento se utilizó para ubicar las áreas inadecuadas para el desarrollo. Sorpresivamente, también mostró un área de deslizamientos activos que podría embalsar un afluente del río Trois Pitons, amenazando las vidas de la población río abajo. El mapa del país de 290 m² de superficie, fue compilado en seis semanas a un costo total de US\$ 13.000.

Lo importante, es que con el uso de técnicas modernas de sensoramiento remoto se puede compilar un mapa de zonificación de amenaza de deslizamiento - que aumenta enormemente la capacidad de un planificador para tomar decisiones adecuadas sobre el uso futuro de la tierra -- en uno o dos meses, solamente por el costo del tiempo del técnico y de la adquisición de imágenes.

Por más prudente que sea evitar las áreas peligrosas, no siempre es posible seguir esta estrategia. A menudo, la gente de bajos recursos se establece ilegalmente en las áreas de pendientes empinadas propensas a deslizamientos que rodean muchos centros urbanos en Latinoamérica. Los mecanismos de mitigación de deslizamientos tienden a ser muy costosos en estas circunstancias pero, por lo menos, se debería ayudar a estos segmentos de la población a que eviten establecerse en zonas donde han ocurrido deslizamientos en el pasado, así como debería evitarse recortar la base de una pendiente empinada para no aumentar el área de asentamiento. Estas áreas son más susceptibles a derrumbarse con fuertes precipitaciones, por lo que se deberían tomar medidas de preparación para posibles emergencias.

La licuefacción puede prevenirse con técnicas de estabilización de la tierra o puede acomodarse con diseños de ingeniería apropiados, pero ambas opciones son costosas. Como es el caso de todas las medidas de mitigación, estas propuestas son válidas solamente dentro de los límites de costo-beneficio. Los mecanismos para evitar los riesgos, casi invariablemente darán grandes beneficios en relación a los costos. Los resultados para otros mecanismos no son tan predecibles.

Estrategias para Determinados Sectores Económicos

Los gerentes de organismos sectoriales, tanto

públicos como privados, se preocupan por la vulnerabilidad de sus sectores a eventos peligrosos: ¿Qué eventos amenazan cuáles servicios? ¿Cuáles son los puntos débiles? ¿Cuánto daño pueden causar? ¿Cómo afectará el daño las inversiones, los ingresos, el empleo y los ingresos en divisas del sector? ¿Cuál será el impacto de interrumpir x servicio en la ciudad y por z cantidad de días? ¿Qué inversión en mitigación resolvería ese problema? ¿Cuál es el costo-beneficio de dicha inversión? Basándose en la experiencia de la OEA, los sectores que más pueden beneficiarse con evaluaciones de vulnerabilidad son los de energía, transporte, turismo y agricultura, dado que los mismos son los más afectados cuando ocurre un desastre en los países en desarrollo.

A continuación se presentan estudios de casos de tres evaluaciones de riesgos para los sectores de energía, turismo y agropecuario. La sección finaliza con algunas estrategias para llevar a cabo dichas evaluaciones en ciertos sectores económicos.

1. ENERGIA EN COSTA RICA

En 1989 la Dirección Sectorial de Energía de Costa Rica pidió la asistencia de la OEA para analizar la vulnerabilidad de ese sector a riesgos naturales. El estudio comenzó definiendo la naturaleza de los posibles impactos. Estos incluían:

- Destrucción de las infraestructuras; consecuentes pérdidas en inversiones
- Disminución de ingresos en el sector por pérdida de ventas de energía
- Efectos en la producción de bienes y servicios; consecuentes pérdidas de ingreso por empleo
- Pérdida de divisas extranjeras
- Impacto negativo en la calidad de vida.

Era claro que el estudio debía cubrir no solamente los subsectores de energía más importantes, sino también los sectores de servicios y producción que podían afectar o ser afectados por el suministro de energía. Por tal motivo, se incluyeron el sistema de energía eléctrica, el sistema de hidrocarburos, vías ferroviarias, carreteras, telecomunicaciones, el acueducto metropolitano y las principales instalaciones de producción económica. Se analizó la información existente sobre terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, huracanes, inundaciones, sequías y erosión.

Para evaluar la vulnerabilidad de cada instalación, el estudio utilizó dos métodos simultáneamente: estudios de campo y preparación de un sistema de información geográfica para sobreponer cada riesgo con cada sistema de energía y de servicio. La Figura 15 muestra

uno de los mapas generados por el sistema de información geográfica: la amenaza que imponen los derrumbes a las líneas de transmisión. Las matrices preparadas para mostrar estos impactos fueron clasificadas de la siguiente manera:

- Sin impacto
- Amenaza potencial, mayor o menor
- Amenaza presente, mayor o menor

Una rápida evaluación sobre las amenazas descubrió serios problemas. Los mayores impactos causados por cada evento en cada sector, se presentan en la Figura 16. Los problemas más importantes fueron analizados detalladamente y se recomendaron métodos para resolverlos. Algunos ejemplos son los siguientes:

- El peor evento sería un fuerte terremoto o erupción volcánica que abriera una brecha en la represa Arenal o que estropeará las plantas hidroeléctricas de Arenal y Corobici, cortando la mitad de la energía hidroeléctrica del país. La probabilidad de tal evento es baja, pero la magnitud de la posible catástrofe es tan grande que es necesario tenerla prevista. El informe recomendó planes de contingencia para la generación de energía en caso de emergencia y el establecimiento de nuevas plantas de energía fuera del sistema Arenal.
- Hay dos subestaciones críticas y dos líneas de transmisión que están amenazadas por posibles terremotos, derrumbes, erupciones volcánicas, inundaciones y fuertes tormentas de viento. Esta variedad de amenazas hace que la probabilidad de ocurrencia sea moderada, pero la pérdida de cualquiera de estos componentes cortaría el suministro de energía desde el sistema Arenal hasta la región central. El informe recomendó la construcción de una línea alternativa de transmisión que evite los cuatro componentes.
- Periódicamente los deslizamientos dañan un tramo de la vía férrea que transporta productos pesados derivados del petróleo, entre la refinería de la costa Atlántica y una subestación crítica en San José. Como una interrupción prolongada del servicio de la subestación sería una gran catástrofe para la región, y cambiar de lugar las vías sería muy costoso, el estudio recomendó que se construyan instalaciones en un puerto en la costa oeste desde donde se pueda abastecer a San José por tierra.

El gobierno encontró que las recomendaciones eran válidas y está buscando financiamiento para llevar a cabo estudios de factibilidad para los problemas más críticos. Vale destacar la cantidad de problemas serios que se identificaron en un estudio de tres meses y, más importante aún, que varios podrían ser mitigados con inversiones relativamente módicas.

2. TURISMO EN JAMAICA

Las condiciones geográficas y climáticas del Caribe y la ubicación de proyectos turísticos sobre o cerca de la playa, hacen que el turismo en esta región sea especialmente vulnerable a desastres naturales. En las islas del Caribe los huracanes presentan la amenaza más seria, pero las inundaciones, derrumbes, terremotos e incendios también causan grandes daños.

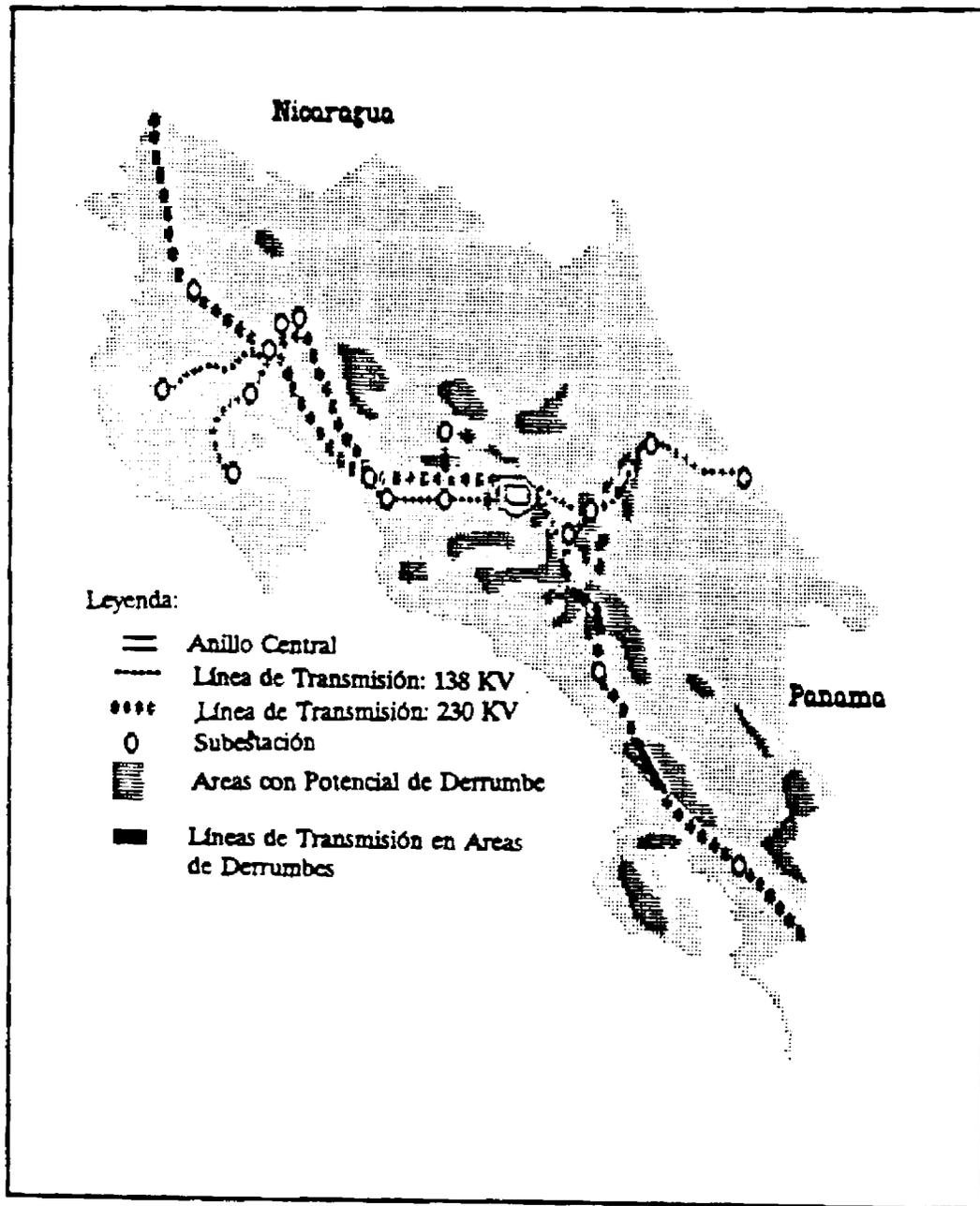
Los daños directos causados por el huracán Gilbert a las propiedades y equipo de la industria turística de Jamaica, alcanzaron la suma de US\$ 85 millones. El daño indirecto fue mucho mayor. Solamente en divisas, el costo entre septiembre y diciembre de 1988 fue de US\$ 90 millones, pérdida especialmente penosa ya que se necesitaban las divisas para financiar los programas de rehabilitación. El cierre temporario de los hoteles por reparaciones resultó en menos visitantes a la isla, causando otros efectos indirectos como una pérdida en los ingresos para la compañía aérea nacional y una reducción en los empleos y en la compra de productos y servicios nacionales.

La vulnerabilidad de la industria turística no está limitada a sus propios bienes de capital, como fue demostrado en la experiencia vivida en Jamaica. Los daños a las carreteras, servicios públicos, aeropuertos, puertos y centros comerciales también afectaron la industria. El Gobierno de Jamaica, consciente de la necesidad de reducir los daños de futuros eventos, solicitó a la OEA su cooperación técnica para preparar una evaluación de la vulnerabilidad del sector turístico a las amenazas naturales y recomendar acciones de mitigación.

La evaluación reveló que muchos de los daños sufridos por instalaciones turísticas, así como por otros edificios, fueron causados por fallas en la construcción y mantenimiento de los edificios, particularmente en los techos. Las láminas de los techos estaban mal enganchadas y los techos no estaban bien atados. Las cabezas de los clavos estaban oxidadas. La fortaleza de las maderas estaba reducida por las termitas y la de los metales por la corrosión. Muchos vidrios volaron innecesariamente debido a su mala instalación y a los malos criterios utilizados en el diseño, pero también porque las ventanas no estaban protegidas contra los escombros arrastrados por el viento. Los desagües obstruidos con escombros forzaron el agua a correr por la superficie, causando erosión y socavación alrededor de los edificios. Hubo escasez de agua porque, debido a la falta de generadores de energía auxiliares, no podía bombearse. Pero, las fallas en la construcción y mantenimiento de los edificios, por más que hayan causado la mayor parte de los daños, son fáciles de corregir: se

Figura 15

COSTA RICA: VULNERABILIDAD DEL SECTOR ENERGIA A LOS DESLIZAMIENTOS



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

Figura 16

NUMERO DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS CAUSADOS POR EVENTOS NATURALES
SOBRE INSTALACIONES DE ENERGIA EN COSTA RICA

	Subsector de Energía Eléctrica				Subsector de Gas y Petróleo		Sector Transporte	
	Plantas hidroeléctricas	Plantas térmicas	Líneas de transmisión	Subestaciones	Refinerías	Tuberías	Vía ferroviaria	Caminos
Terremotos	--	--	--	15	--	1	--	3
Derrumbes ^{b/}	--	--	15	8	--	4	6	15
Muracanes								
Inundaciones	--	1	4	4	--	--	4	--
Viento	--	--	4	2	1	--	4	--
Desbordamiento de ríos	1	1	4	2	--	--	7	1
Erosión	--	--	--	--	--	--	2	--

^{a/} Impactos de importancia no confirmados en puertos y subestaciones
^{b/} Causados por terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, huracanes

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

calculó que prestándole la debida atención a estos asuntos, el aumento en el costo de la construcción habría sido menor a un uno por ciento.

También se identificaron medidas de mitigación a largo plazo. El estudio recomendó la protección de la vegetación en las playas, la protección de dunas, manglares y arrecifes de coral, los cuales protegen la tierra de la acción de las olas y del viento. La vulnerabilidad a los desastres naturales de las nuevas zonas de construcción debería ser evaluada. Asimismo, deberían hacerse cumplir las reglamentaciones sobre la distancia entre las construcciones y la costa y debería regularse la calidad de las aguas residuales vertidas en el mar para proteger los corales vivos.

En resumen, el estudio preliminar llevado a cabo en un mes, identificó una serie de posibles acciones que podrían reducir considerablemente el impacto de futuros huracanes y otras amenazas naturales. El análisis preliminar indicó que la relación costo-beneficio de muchas de estas acciones sería alta. Concluido el estudio, el Gobierno de Jamaica solicitó el financiamiento del BID para llevar a cabo los análisis de factibilidad de estas propuestas, y para implementarlas. El objetivo final de este trabajo es que el sector turísti-

co alcance una estrategia y un programa que sean prácticos y efectivos para reducir las pérdidas que imponen los desastres naturales.

3. AGRICULTURA EN ECUADOR

En Ecuador, como en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, la agricultura es una de las principales fuentes de ingreso, empleo, inversión y divisas. Sin embargo, es quizá el sector más vulnerable y menos definido en términos de infraestructura y apoyo institucional para enfrentarse a las amenazas naturales. Por ejemplo, en las inundaciones causadas por el fenómeno de El Niño en 1982-83, el sector agrícola sufrió un 48% del daño total de US\$ 232 millones. Más aún, además de generar presiones inflacionarias sobre los precios del mercado interno, el desastre tuvo un gran impacto en la balanza de pagos causado por la pérdida de ingresos de exportación agrícola y la necesidad de importar alimentos básicos para compensar la pérdida sufrida en la producción interna.^{6/}

En 1990 el Ministerio de Agricultura de Ecuador solicitó a la OEA asistencia para evaluar la vulnera-

bilidad de ese sector a las amenazas naturales e identificar estrategias de mitigación adecuadas para reducirla a un nivel aceptable. Estas estrategias serían identificadas como ideas o perfiles de proyecto, algunas de las cuales serían seleccionadas por las autoridades locales para ser estudiadas y evaluadas más profundamente a fin de determinar su factibilidad económica y técnica.

El estudio, realizado a nivel nacional, primero definió 14 de los cultivos más importantes y los agrupó en tres categorías: cultivos básicos destinados a la alimentación, cultivos estratégicos y cultivos de exportación. También se definieron y se localizaron geográficamente los elementos claves que apoyan la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte y distribución de los productos agrícolas. Esta información fue superpuesta en un sistema de información geográfica (SIG; véase la próxima sección) con información sobre sequías, erosión, inundaciones, deslizamientos, erupciones volcánicas y amenazas sísmicas.

Al relacionar los datos socioeconómicos a nivel provincial con las áreas propensas a amenazas, el estudio pudo determinar los impactos de los eventos en términos de ingreso sectorial, empleo, inversión, ingreso de divisas y seguridad alimenticia nacional. En base a estos criterios, se seleccionaron las 49 situaciones más críticas. Por ejemplo, se encontró que en el mediano y largo plazo la erosión en la provincia de Carchi podría afectar 11.750 ha de cultivo de papa, que constituye más del 43% de la producción nacional y el 40% y 80% respectivamente, de los empleos e ingresos generados por el sector en esta provincia.

Se identificaron los problemas más serios según los cinco criterios seleccionados y se establecieron las diferentes políticas que alcanzarían los mejores resultados. Por ejemplo, se determinó que las políticas orientadas a evitar el desempleo deben mitigar las inundaciones en la provincia de Guayas y la erosión en la provincia de Tungurahua. Para proteger el ingreso de divisas las acciones más efectivas serían proteger la producción de banana en la provincia de El Oro contra sequías y mitigar los riesgos de inundación en la provincia de Guayas, especialmente en áreas utilizadas para la producción de café y banana.

También se identificaron en el estudio posibles estrategias de mitigación, así como programas y proyectos ya planeados o encaminados dentro del Ministerio de Agricultura y otras instituciones, que serían adecuados para llevar a cabo estas estrategias y estudios más detallados. Un informe con las conclusiones más importantes fue preparado y remitido al gobierno para su consideración. Basándose en las recomendaciones del estudio, el gobierno preparó una propuesta de cooperación técnica para actividades de mitigación de riesgos en el sector por un monto de US\$ 317.000, la

cual será presentada ante distintos organismos externos para su financiamiento.

4. ESTRATEGIAS SURGIDAS DE LOS ESTUDIOS DE CASOS

Las siguientes observaciones son comunes a estos sectores, pero existen otras estrategias aplicables a la evaluación de sectores en forma individual:

Los sectores son unidades útiles de análisis para examinar temas de evaluación de riesgos y reducción de vulnerabilidad. Los sectores son reconocibles y legítimos como objetos de un programa. Los bancos basan sus préstamos en ellos. El enfoque sectorial encaja dentro del organigrama de los organismos internacionales financieros y de los gobiernos nacionales. El conocimiento y experiencia de la mayoría de los profesionales técnicos están basados en el enfoque sectorial. La información para llevar a cabo el diagnóstico (Fase I) de un proyecto de planificación del desarrollo integrado, se recopila y analiza en forma sectorial. Los estudios sectoriales no tienen, necesariamente, que limitarse a los sectores económicos ya que tanto los sectores urbanos como rurales y los sectores de bajos ingresos de la población son unidades válidas para el estudio.

Las medidas de reducción de vulnerabilidad pueden ser efectivas en función de los costos como proyectos en sí mismos o, lo que es más usual, como componentes de un programa de desarrollo sectorial. La inclusión de esas medidas puede mejorar la relación costo-beneficio en los proyectos de inversión.

Los estudios de vulnerabilidad sectorial constituyen un nuevo enfoque que puede considerarse para su inclusión en el diagnóstico (Fase I) de los estudios de desarrollo. Los estudios iniciales a nivel nacional permiten una evaluación rápida y poco costosa de políticas y proyectos a un nivel de perfil que puede ser examinado más detalladamente en el futuro.

Los estudios sectoriales revelan vínculos previamente desconocidos entre los desastres y las actividades de desarrollo. Con frecuencia un sector no es consciente del papel que desempeña dentro de la red de instalaciones críticas. En muchos casos no cuenta con las estrategias adecuadas para enfrentarse a situaciones fuera de lo común causadas por un evento ajeno. La complejidad de las interrelaciones entre los componentes de algunos sectores hace difícil enfrentarse con el impacto de un evento natural. Esto es particularmente cierto cuando el sector está más dedicado a algunos componentes, por