

DAÑOS CAUSADOS POR EL TERREMOTO DE LIMÓN: PERDIDAS Y MEDIDAS DE MITIGACION

Luis Diego Morales

Dirección de Prevención y Mitigación, Comisión Nacional de Emergencia, San José

ABSTRACT: The earthquake affected an area of 8,000 km² which includes 80% of Costa Rica's and 20% of Panama's territory. The most important losses and damages occurred to the vital lines such as roads, railroads, bridges, ports and water pipes. The roads between Siquirres and Limon and between Limon and Sixaola were the most affected and a total of 309 km was necessary to rebuild or to rehabilitate. Four bridges collapsed to the south of Limon and another six bridges were highly damaged to the west of Limon. Several type of harms occurred along 92 km of railroads due to tectonic uplifting and sea water level decreased, limiting dock's capacity. Water supply shortage of Limon city spanned for about three months after the earthquake due to severe water pipes damages.

All damages considered together amount 188,3 million US\$, which is equivalent to 4.21 % of the Gross National Product..

During the emergency phase priorities were given to humanitarian assistance by plane, a communication network and several brigades i.e. health, lodging, and supplies. In addition, a seismic activity and basin observation plan was established together with docks and canals dredging.

RESUMEN: El Terremoto de Limón causó daños en un área de 8000 km² que incluyen un 80% de territorio costarricense y un 20% de Panamá. En Costa Rica incluyó parte de la llanura aluvial, la zona montañosa y el valle intermontano de Turrialba.

Los daños y pérdidas más notables ocurrieron en la líneas vitales, incluyendo: carreteras, ferrocarriles, puentes, puertos y acueductos. Las carreteras más afectadas fueron la que comunica Siquirres con Limón y entre Limón y Sixaola, en total fue necesario reconstruir o rehabilitar 309 km de carretera. Al sur de Limón colapsaron 4 puentes. y al menos otros seis sufrieron daños significativos al oeste de Limón. Las líneas de ferrocarril sufrieron daños diversos sobre una longitud de 92 km. Los puertos se vieron afectados principalmente por la pérdida de calado causada por el levantamiento tectónico. Debido a los daños en acueductos, la ciudad de Limón tuvo un severo racionamiento de agua por 3 meses después del terremoto.

Los daños significativos en todos los sectores suman un total de 21.991,9 millones de colones, lo que corresponde al 4,21% del Producto Interno Bruto.

Durante la fase de emergencia, se tuvo como prioridad la asistencia humanitaria sobre rehabilitación de infraestructura. Para lo cual se estableció un puente aéreo, una red de comunicaciones, y varias brigadas (p.e. salud, albergues, abastecimiento). Además, se estableció un plan de vigilancia de la actividad sísmica, de las cuencas y se procedió al dragado en los muelles y canales.

INTRODUCCION

El área más severamente afectada por la violenta sacudida generada por el Terremoto de Limón, se extiende aproximadamente por una superficie de 8000 km², la mayor parte en territorio costarricense (80% aproximadamente) y el resto en la Provincia de Bocas del Toro, Panamá (Ms = 7,6; Montero et al., 1991). Durante el terremoto, esta área tuvo una intensidad (Mercalli Modificada) mayor que VII pero menor que VIII (VII < IMM < VIII), en donde los daños o efectos sobre el terreno o al ambiente, lo mismo que al hombre y sus obras han sido significativas o evidentes, razón por la que esta región recibe el nombre de área de daños (Fig. 1, recuadro), y en ella viven unas 200.000

personas, según datos del Ministerio de Planificación Nacional (MIDEPLAN, 1990). El área de daños (Fig. 1) puede dividirse geomorfológicamente en tres zonas:

La llanura aluvial, angosta y paralela al litoral Caribe, con los valles de la Estrella y Baja Talamanca- Sixaola, limitada hacia el interior por el piedemonte de las últimas estribaciones de la Cordillera de Talamanca, con alturas en general menores a los cien metros sobre el nivel del mar, que solo hacia su extremo sureste alcanza niveles cercanos a los 200 m. La temperatura media anual oscila entre los 25 y 30° C, con una precipitación media anual entre los 3000 y 3500 mm, y niveles de humedad muy altos durante todo el año.

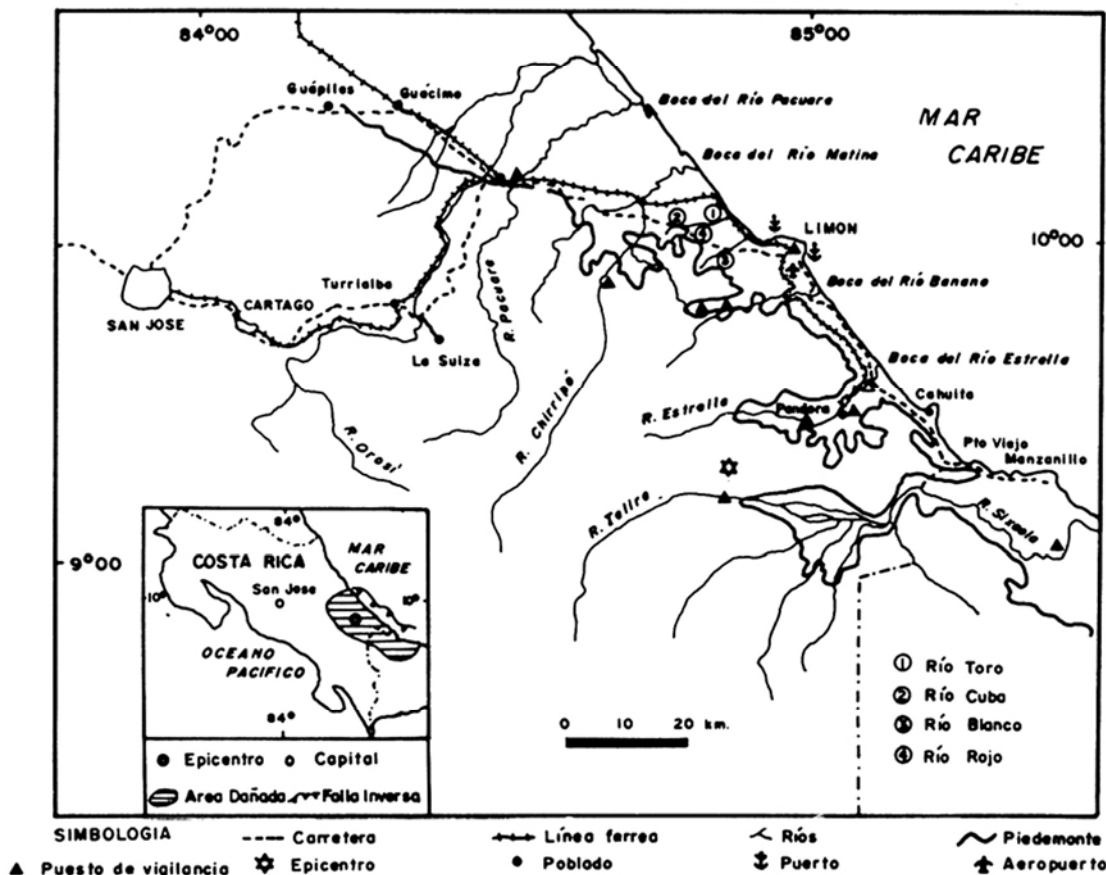


Fig. 1: En el recuadro se muestra el área más afectada por el terremoto y su relación con el resto del país y los países vecinos. Se incluye el epicentro, así como la ubicación de la ciudad capital en este contexto. La figura ampliada presenta las características fisiográficas de la región afectada, con una "llanura aluvial" costera, separada por la cota de 100 ó 200 m de la zona montañosa. Obsérvese el desarrollo de infraestructura civil y poblacional en la "llanura aluvial". Se indican también los puestos de vigilancia de las cuencas hidrográficas.

En esta zona del litoral se concentran las actividades agrícolas (principalmente bananeras), comerciales y portuarias, así como el desarrollo de infraestructura civil e industrial y de población, siendo la ciudad de Limón la más grande e importante del área afectada, con un número de habitantes en sus alrededores cercano a los 60.000, mientras que el resto de la zona tiene una menor densidad de población. La vulnerabilidad sísmica de esta zona es también la mayor de todas, y esto quedó plenamente ilustrado por la severa destrucción material causada por el terremoto, aunque el número de muertos (48) no guarda proporción con los daños y la intensidad de la sacudida sísmica ($VIII \leq IMM \leq X$; Denyer & Arias, 1991).

Zona de Montaña, que se extiende desde el borde con la llanura (100 ó 200 m), hasta alcanzar la divisoria continental de aguas (Fig. 1), con alturas máximas de 3820 m y precipitaciones superiores a los 3500 mm. Esta zona corresponde con la vertiente Caribe de la Cordillera de Talamanca, caracterizada por laderas de fuerte pendiente, en cuyo nivel medio - inferior, se generaron numerosos deslizamientos desencadenados por la sacudida sísmica, los que afectaron los bosques vírgenes de la "Reserva de la Biosfera, La Amistad", así como las cuencas hidrográficas de los ríos más importantes de la región, en coincidencia con el área mesosísmica del terremoto.

La densidad de población es extremadamente baja, y corresponde principalmente con pequeños grupos indígenas que subsisten en condiciones aisladas y precarias, que fueron también afectados por la violenta sacudida sísmica.

Valle intermontano de Turrialba y alrededores, ubicado entre los 500 y 1000 m, tiene un clima caluroso y húmedo en las partes bajas, el cual mejora hacia las partes altas, con una precipitación media anual superior a los 3000 mm.(Fig. 1).

Esta es la zona al interior del país que sufrió los efectos más significativos después de Limón, con una concentración de población en la ciudad de Turrialba de 59.389 habitantes, los que se dedican a actividades agrícolas, café y caña principalmente, complementado con pequeñas lecherías. Los daños más relevantes se presentaron

en viviendas, y en efectos sobre el terreno como fueron los derrumbes o deslizamientos. La intensidad (MM) de la sacudida sísmica en esta zona fue mayor de VII pero menor que VIII, y solo causó daños materiales.

En las secciones siguientes se tratan los aspectos relacionados con los daños más significativos y las pérdidas directas ocasionadas por el terremoto, así como las medidas de mitigación más relevantes puestas en práctica.

DAÑOS Y PERDIDAS

Los daños y pérdidas más notables se encuentran en las "líneas vitales" como carreteras, ferrocarriles, puentes y facilidades portuarias, así como acueductos. De menor consideración fueron los resultados que se presentaron en la red de distribución eléctrica y telefónica, así como en el aeropuerto de Limón. El oleoducto Limón - San José tuvo una respuesta satisfactoria, mientras que los daños en los tanques de almacenamiento y el incendio de la refinería (RECOPE), fueron severos. El daño a las líneas vitales afectó severamente a la población y al sector agrícola haciendo más difícil la atención de la emergencia y la rehabilitación de las zonas afectadas por el terremoto, en particular la llanura aluvial, donde se concentra la actividad bananera y pobladores que se asientan y dependen de dicho cultivo, el cual se ha convertido en uno de los primeros productos de exportación del país, además de que el conjunto portuario de Limón - Moín, es el principal del país, tanto para la exportación (85%) como importación (60%) de bienes y mercancías, y solo quedó la vía aérea como alternativa para enfrentar la emergencia durante los primeros días. Para el sur de la ciudad de Limón, fue un período de semanas a meses, debido al colapso de 4 puentes importantes y la destrucción de la carretera, incluyendo la vía ferrea.

El otro sector más afectado fue el de vivienda, principalmente en construcciones de 1 ó 2 pisos, mientras que en los edificios, solo unos pocos sufrieron daños severos, un edificio de tres pisos colapsó (1 muerto), otro de tres pisos (Hotel Las Olas) sufrió un colapso parcial, y el edificio del

Hospital de Limón (Tony Facio) sufrió daños significativos, por lo que fueron evacuados los pacientes y el personal del Hospital, lo cual hizo más difícil las actividades de atención a la emergencia, siendo necesario trasladar hasta San José por vía aérea, además de pacientes del hospital, los heridos más graves a causa del terremoto.

Líneas vitales

Carreteras: Los mayores daños ocurrieron en la única ruta nacional (#32) que comunica la ciudad de Siquirres con Limón, y la ruta #36, Limón - Sixaola en la frontera con Panamá (Fig. 1). Estas carreteras han sido construidas en buena parte sobre rellenos artificiales, los que a su vez se encuentran sobre un relleno natural que es la llanura aluvial, con suelos generalmente saturados de agua y que ante las sollicitaciones dinámicas generadas por las sacudidas sísmicas van a tener una mala respuesta, ya sea por licuefacción (Mora & Mora, este volumen), asentamiento diferencial o subsidencia, responsables del hundimiento de la carretera o de los desplazamientos laterales que desarrollan rupturas severas de la superficie de rodamiento incluyendo el relleno. Fue espectacular observar como las grietas se extendían por kilómetros a lo largo del eje de la carretera y en otras ocasiones la cortaban transversalmente, alcanzando profundidades mayores que 2,0 m.

La ruta nacional de superficie asfaltada, Siquirres - Limón, sufrió daños severos a totales a lo largo de 25 km, comprendidos entre los ríos Barbilla y Blanco (Fig. 1), mientras que la ruta nacional entre Limón y Sixaola también asfaltada, tuvo daños entre totales y severos que se extendieron a lo largo de 60 km, de los cuales casi el 50% resultó con daños totales, sobre todo en los tramos cercanos o de aproximación al paso de los ríos donde existía un mayor relleno.

Carreteras radiales de asfalto - concreto o lastre, que comunican la vía principal con poblaciones cercanas también sufrieron daños severos y fue preciso reconstruir un total de 24 km, mientras que la rehabilitación de la red vial cantonal, aproximadamente 200 km de caminos lastreados, significó otro gran esfuerzo.

En total, es necesario reconstruir o rehabilitar cerca de 309 km a un costo aproximado de 1.015,8 millones de colones (US\$ 8,7 millones).

Puentes: La naturaleza del terreno, la fuerte sacudida y las características propias de la estructura, se conjugaron para causar un impacto severo y espectacular en algunos puentes, que por sus severos daños o colapso (Sauter, este volumen), dejaron incomunicada la región.

En la carretera nacional Siquirres - Limón, fueron dañados seis puentes colocados sobre los ríos, Rojo, Toro, Cuba, Blanco (Fig. 1), siendo el daño más significativo e importante el del puente sobre el río Chirripó, por el colapso del tramo de aproximación noroeste (16 m), que cortó el paso por la única carretera a Limón. Con un relleno provisional se logró rehabilitar en cuatro días el paso por el puente del Chirripó, que es el más largo de Costa Rica. (430,7 m).

En la ruta nacional, Limón - Sixaola, fue espectacular el colapso de los puentes sobre los ríos, Vizcaya, Bananito, Estero Negro y Estrella (Fig. 1), con daños significativos en el Banano, y el Sixaola. Puentes provisionales fueron colocados en los primeros meses para habilitar el paso por esta carretera que conduce al sector turístico del sur de Limón y comunica a las pequeñas poblaciones siendo la única vía de salida de los productores de la zona.

Las pérdidas totales por los puentes de las carreteras nacionales dañados o colapsados es de 725 millones de colones (US\$ 6,21 millones).

Ferrocarriles: Se extienden por la llanura aluvial tanto al noroeste, como al sureste de Limón (Fig.1), durante más de 75 años fue la única vía de comunicación con el interior del país, y el único medio para el transporte de pasajeros, bienes y mercancías. Hoy día se utiliza principalmente para el transporte de bananos desde las diferentes plantaciones hacia el puerto de Limón - Moín. Los ramales más afectados son los de Siquirres - Limón, con 51 km de daños diversos, y Limón - Valle de la Estrella, con 41 km.

Los daños más frecuentes en la vía son, ruptura o torcido de los rieles, desplazamientos de las traviesas y de la línea, en muchos casos causado

por asentamiento o desplazamiento lateral del terreno o del relleno, en donde la licuefacción del suelo fue significativa, tal y como ocurrió con las carreteras.

También resultaron dañados 8 puentes, cuatro de ellos con daños importantes pero sin colapsar, dos en el ramal Siquirres - Limón, principalmente el puente del canal, y sobre el Río Matina, mientras que en el ramal al sur de Limón, el puente sobre el Río Bananito sufrió colapso parcial y en el Valle de la Estrella, el puente Atalanta. Los fenómenos de licuefacción de suelos con las deformaciones asociadas, contribuyeron junto con la sacudida sísmica a los daños observados en estos puentes, aunque con una mejor respuesta de su estructura metálica. Los daños en la infraestructura ferroviaria, incluyendo las instalaciones como los talleres, maquinaria y equipos especiales de vía, elevan las pérdidas a un valor de 1.152,3 millones de colones (US\$ 9,87 millones).

Puertos: La infraestructura portuaria se vio afectada no solo por la violenta sacudida sísmica, sino también por el levantamiento de la plataforma costera que redujo en aproximadamente 1,5 m la profundidad de las aguas (Denyer et al., este volumen). Esto obligó a tener que dragar en la roca coralina, tanto en la zona portuaria de Limón como de Moín para recuperar su calado.

Aunque los muelles no salieron de operación, se redujo notablemente su capacidad (30%). Los daños en la infraestructura portuaria, tales como bodegas, talleres, patios de carga y descarga, alineamiento de las grúas pilotes y vías de acceso, necesitan de una inversión incluyendo mejoras y el dragado, cercana a los 1.778,0 millones de colones (US\$ 15,2 millones).

Acueductos: Los daños a los sistemas de captación, conducción, almacenamiento y distribución de agua potable fue uno de los problemas más severos que tuvo que enfrentar la población y quienes tenían la responsabilidad de atender la emergencia y proceder a la rehabilitación de los servicios de agua potable.

Existen tres fuentes de abastecimiento (500 litros/segundo) para la ciudad de Limón y sus alrededores (Fig. 1), Río Blanco, Moín, y la principal que es la de la Bomba (70%), donde existe

una toma de agua del río Banano y una planta de tratamiento, además de una batería de pozos. De La Bomba salen dos acueductos hacia la ciudad de Limón, el más nuevo con una longitud de 15 km y 500 mm de diámetro con recubrimiento externo e interno de concreto cuyo reparación llevo 2,5 meses. El más viejo y angosto (300 mm) de hierro fundido, con una longitud de 17 km, sigue la ruta del ferrocarril, y el más nuevo (500 mm) de concreto, sigue aproximadamente la carretera vieja. Ambos sufrieron rupturas múltiples en su trayecto, 120 daños en el nuevo de concreto y 50 daños en el viejo de hierro fundido (el acueducto de Moín hacia Limón con 12 km de longitud y de 300 mm de diámetro y de hierro dúctil, tuvo unos 25 daños y fue el primero en rehabilitarse). En la red de distribución se presentaron alrededor de 470 daños, sobre todo en las tuberías de asbestos - cemento, lo cual dejó a la ciudad con racionamiento de agua por cerca de 3 meses. Otros sistemas menores afectados fueron los microacueductos rurales (23) que sirven a poblaciones más pequeñas, lo que agudizó el efecto destructivo del terremoto.

Las pérdidas en los sistemas de captación, tratamiento, conducción, almacenamiento y distribución de agua potable y en los sistemas de alcantarillados, requieren de una inversión incluyendo mejoras, de 2.772,0 millones de colones (US\$ 23,7 millones).

Otras líneas vitales como la "red eléctrica y telefónica" sufrieron daños menores en comparación con los discutidos en las líneas y páginas anteriores, y el servicio fue restablecido por sectores en términos de un día a 7 días en las zonas más alejadas. Sus pérdidas se incluyen dentro del sector Energía en la tabla 1, se muestra un resumen de las pérdidas directas por sectores, según los datos del Plan Regulador de la Comisión Nacional de Emergencia y los archivos de ésta.

Vivienda

El número de viviendas que existían en el área afectada, con base en los datos de MIDEPLAN, nos da un estimado cercano a las 44.000 viviendas. Según los datos de la Comisión Especial de Vivienda (CEV) un total de 12.321 fueron dañadas total o parcialmente, lo que significa que más del 25% de las viviendas sufrieron daños, y que por lo

Tabla 1

Pérdidas directas para los diferentes sectores gubernamentales (Fig.2), sin incluir la empresa privada, la industria o el comercio (excepto en la producción y exportación bananera), ni el trastorno económico-social, y la baja de la producción y el desarrollo. *

Sector (millones de ¢)	Pérdidas	%
Líneas vitales	7.453,6	33,89
Agricultura	7.102,3	32,29
Viviendas	5.193,0	23,61
Energía	1.244,4	5,66
Salud	340,8	1,55
Social	337,8	1,54
Educación	320,0	1,46
Pérdida Total en ¢	21.991,9	100,0
Pérdida Total en US\$	188,3	100,0
Cambio: 116,80 colones = 1 US\$; APRIL 22, 1991		

* A los datos anteriores habría que agregar las pérdidas irreparables o invaluables que significan 48 vidas humanas , 65 km² de bosque virgen deslizados, además de su flora y fauna, y en particular la acuática por el levantamiento costero.

tanto unas 50.000 personas tuvieron problemas con su viviendas, de las cuales 4.452 fueron declaradas con daños totales o destruidas, estimando 5 miembros por familia, da un total aproximado a los 22.260 personas con necesidades urgentes de vivienda.

El mayor número de las viviendas dañadas o destruidas se encuentran en la zona de la "llanura aluvial", construidas en su mayoría sobre pilotes de madera que forman en general un primer piso o entre piso, sobre el cual se monta o edifica en madera la vivienda propiamente dicha, y de este modo se protegen de la humedad del suelo y de las frecuentes inundaciones. La naturaleza aluvial del suelo tiene una mala respuesta ante la sacudida sísmica, ya sea por procesos de amplificación o asentamiento diferencial, que en conjunto con las características de la vivienda, la van a someter a deformaciones que la dañan.

El monto total de las pérdidas, considerando los datos de la CEV, con 4452 viviendas destruidas, 4679 con daños severos y 3190 con daños moderados o menores, nos da un valor estimado de 5.193,0 millones de colones (US\$ 44,46 millones).

Sector Agrícola

La principal actividad está en las plantaciones bananeras que se extienden por "la llanura aluvial", con suelos blandos, fértiles y profundos y saturados de agua, por lo que existen redes de canales para drenaje. La violenta sacudida sísmica generó destrucción del suelo y de los drenajes, con fenómenos de licuefacción, asentamientos, y ruptura del terreno, lo cual aunado a los daños directos en los cultivos y a la infraestructura de las plantaciones como caminos, sistemas de transporte interno, planta y bodegas, causó un impacto severo a la producción. Por otro lado, la interrupción de líneas vitales para el transporte (carreteras y ferrocarriles) y la limitación de las actividades portuarias, contribuyeron a aumentar las pérdidas del principal producto de exportación de la región y del país.

Los pequeños propietarios de cultivos tradicionales para subsistencia, o para el consumo local o bien para exportación como el cacao, sufrieron un impacto proporcionalmente mayor, ya que su capacidad operativa y de recursos es muy limitada, además de la incomunicación por la

interrupción de la carretera o del ferrocarril, en particular para el sector al sureste del Río La Estrella, cuyo puente colapsó, además de que la crecida del mes de abril 1992 destruyó el paso provisional. Las pérdidas del sector, incluyendo la producción bananera, el banano dejado de exportar, la producción no tradicional y la de subsistencia es alrededor de ¢ 7.102,3 millones de colones (US\$ 60,81 millones).

Incluyendo todos los sectores con daños significativos, el total de pérdidas directas por sectores, se muestran en la tabla 1, en donde el gran total es de 21.991,9 millones de colones (US\$ 188,3 millones), utilizando siempre el tipo de cambio al día del terremoto (1 dólar = 116,8 colones; April 22, 1991). Al comparar el monto de pérdidas directas totales con el "producto interno bruto", del país para el año de 1990 (522.000 millones de colones = 4.470 millones de US\$), resulta que las pérdidas directas representan el 4,21% del producto interno bruto (Fig. 2), lo cual significa un fuerte impacto para la economía de un país en vías de desarrollo.

El sector Energía incluye las pérdidas en la refinería (1.080 millones de colones) y en el sistema eléctrico y telefónico. El sector Salud muestra las pérdidas en la infraestructura hospitalaria, incluyendo hospitales, clínicas, centros de salud y puestos de salud rural.

En el sector Social se indican los gastos directos por la atención humanitaria, cuidados médicos, alimentación, adquisición, almacenamiento y distribución de agua potable, albergues, vituallas, transporte, combustible, personal de apoyo y otros.

En el sector de Educación se incluyen las pérdidas por daños a la infraestructura y materiales didácticos de escuelas, colegios y el daño a cuatro edificios en el campus de la Universidad de Costa Rica.

No están consideradas las pérdidas por daños a otros edificios públicos o privados, industriales o comerciales, tanto de la región de Limón como al interior del país, por lo cual el total de pérdidas directas puede sobrepasar los 200 millones de dólares USA.

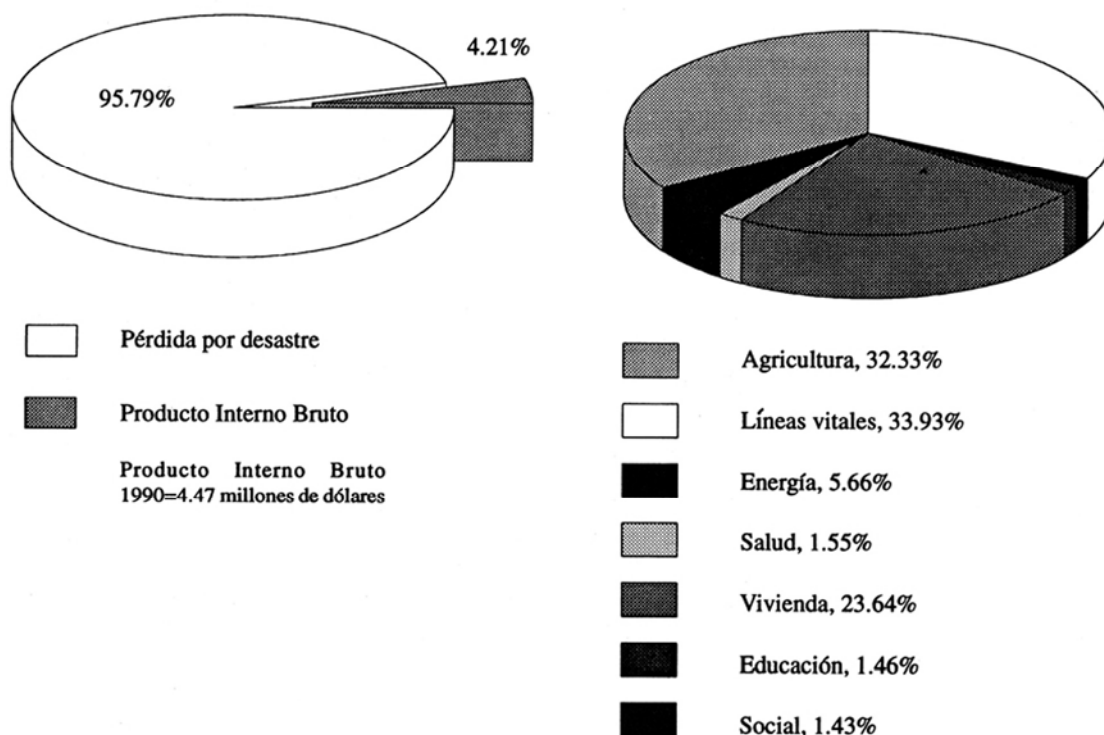


Fig. 2: Pérdida por desastre, comparado con el Producto Interno Bruto y pérdidas para los diferentes sectores gubernamentales.

MITIGACION O CONTRAMEDIDAS

El objetivo durante la fase de la emergencia (primeras semanas), se concentró primero en la "asistencia humanitaria", y luego en la "rehabilitación de la infraestructura". Para cumplir con los dos objetivos anteriores fue necesario establecer y mantener:

- a. Un puente aéreo (San José - Limón - comunidades aisladas), con un Centro Regional de Operaciones de Emergencia regional instalado en el Aeropuerto de Limón.
- b. Una red de Comunicaciones por radio.
- c. Nivel de coordinación con instituciones de estado, locales o nacionales, países amigos y organizaciones no gubernamentales, o comunales, con activación y apoyo logístico a los comités locales de emergencia;
- d. Brigada de atención médica de urgencia;
- e. Brigada de Salud Pública;
- f. Brigada de abastecimiento y distribución;
- g. Brigada de evaluación de daños;
- h. Brigada de albergues;
- i. Grupos científicos o técnicos.

La rehabilitación estuvo a cargo de las instituciones del estado según correspondiera, con la colaboración de organizaciones comunales, no gubernamentales, y de países amigos.

Para las tareas de reconstrucción, fue establecido un "Plan Regulador" cuya ejecución está a cargo del gobierno de Costa Rica y bajo la supervisión de la Comisión Nacional de Emergencia. En este documento se presenta un diagnóstico de los daños y un plan de acción específico para cada uno de los sectores afectados y los lineamientos para su ejecución. Los sectores fundamentales son los siguientes: Acueductos y alcantarillados (ICAyA), Energía (MIRENEM - RECOPE), electricidad y telecomunicaciones (ICE), agricultura (MAG - Sector Privado), obras públicas y transportes (MOPT - INCOFER - JAPDEVA), Salud (MIS - CCSS), vivienda (MIVAH - CEV - INVU), educación (MEP - MOPT).

Prevención y Mitigación

Observación de la actividad sísmica: Dos redes sismográficas portátiles fueron instaladas después del terremoto para el seguimiento y evaluación del fenómeno sísmico (Red de la Universidad de Costa Rica, Instituto Costarricense de Electecidad e Instituto de Geofísica - México; y red de la Universidad Nacional de Costa Rica - Universidad de Santa Cruz - California).

Capacitación de los Comités locales: Procura organizar grupos comunales para que ellos también asuman tareas de mitigación o preparación ante desastres, siendo las inundaciones una de las amenazas naturales a las cuales son más vulnerables.

Plan de Vigilancia de Cuencas: Una red de estaciones de observación hidrometeorológica, fue instalada en las cuencas más afectadas por el terremoto (Fig. 1). El objetivo fundamental era un control para alerta de crecidas e inundaciones, con radio comunicación de las bases locales al Comité Regional de Limón y al Centro de Comunicaciones de la Comisión Nacional de Emergencia (en San José). La Comisión es el ente coordinador en colaboración con las comunidades y las instituciones miembros del sector hidrometeorológico. El sistema de alerta, aunque incompleto y vulnerable, funcionó satisfactoriamente y permitió alertar a los comités de emergencia y estos a sus comunidades, antes de las inundaciones del mes de agosto de 1991, que se convirtieron en el "otro desastre de Limón" y agravaron aún más la crítica situación post-terremoto.

La inestabilidad y permanente amenaza de las cuencas hidrográficas alteradas por el terremoto, obliga a mantener el sistema de vigilancia, pues las poblaciones se asientan en la llanura de inundación de los ríos, sin opciones de traslado, ya que ahí tienen sus lugares de trabajo (fincas bananeras principalmente) o sus pequeñas propiedades.

Dragado y construcción de diques: En el caso de la dársena de los puertos de Limón y Moín para darle profundidad luego del levantamiento de la costa (1,5 m) por el terremoto. En los canales donde el fenómeno de licuefacción produjo su colmatación o bien donde la rápida sedimentación ha levantado el cauce de los ríos o existen poblaciones o caminos amenazados por el desborde de esos ríos.

Actualización del Código Sísmico: La comisión permanente del código sísmico de Costa Rica (Asociación de Ingenieros Estructurales, Colegio de Ingenieros y Arquitectos), trabaja en su revisión para incorporar las enseñanzas dejadas por las nuevas fuentes sísmicas (1990-1991) y la respuesta de los edificios, viviendas y obras civiles en general. El patrón de isoaceleraciones vigente, debe cambiarse a una nueva zonificación sísmica con valores de isoaceleración más precisos, para lo cual existen ya valiosos datos de la red de acelerógrafos de la Universidad de Costa Rica.

Reglamento de Cimentaciones: La Asociación de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, ha querido aprovechar las enseñanzas de los terremotos (1990-1991), en donde el efecto del sitio ha sido relevante para los diferentes grados de destrucción observados. El objetivo es lograr un reglamento que permita orientar y establecer criterios o normas generales y particulares según el tipo de suelo o terreno sobre el cual se desea construir.

Atlas de Amenazas Naturales y Vulnerabilidad: La Dirección de Prevención y Mitigación de la

Comisión Nacional de Emergencia con el aporte de la Universidad de Costa Rica y el Sistema de Información del Sector Vivienda y el intercambio de datos e información con diferentes instituciones públicas y privadas, ha estado desarrollando un "sistema de información" con una base de datos relacionales, alfanumérica y gráfica, que permite establecer una zonificación del territorio nacional, y un uso más racional del suelo según los diferentes niveles de amenaza y vulnerabilidad que se presentan; además de orientar las actividades de mitigación, o preparación de la población o la respuesta ante emergencias.

REFERENCIAS

- Denyer, P. & Arias, O., 1991: Efectos geológicos del terremoto de Limón, Costa Rica. - 35 págs., Universidad de Costa Rica, Informe no publicado, San José.
- Denyer, P., Arias, O & Personius, S. (este volumen): Efecto tectónico del Terremoto de Limón. - Rev. Geol. América Central.
- Montero, W., Ponce, L., Pardo, M., Domínguez, J., Boschini, I., Rojas, W., Suárez, G. & Camacho, E., 1991: The Limón earthquake of April 22, 1991 ($M_s = 7.5$), seismicity, focal mechanism and tectonic implications [abs]. - Fall AGU Meeting, Supplement to EOS 72 : 301.
- Mora, S. & Mora, R. (este volumen): Los deslizamientos causados por el Terremoto de Limón: Factores de control y comparación con otros eventos en Costa Rica - Rev. Geol. América Central.
- Sauter, F. (este volumen): Evaluación de daños en puentes y otras estructuras. - Rev. Geol. América Central.