

en el registro histórico, así como los períodos de retorno que más se acercan a dichos eventos. Por ejemplo, para el caso de Tela, la precipitación máxima registrada durante 1 día en todo el registro (1970-2002) es de 331 mm. Un evento con período de retorno de 20 años tiene una magnitud estimada de 332 mm, que se apega mucho a los 331 mm. De manera similar, en el caso de La Ceiba para el caso de precipitaciones acumuladas de 3 días se tiene un evento máximo de todo el registro de 786 mm, que casi coincide con eventos de período de retorno de 25 años.

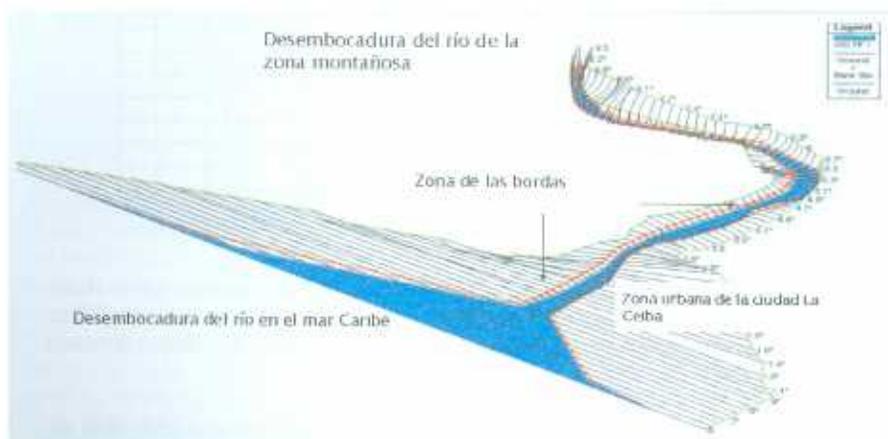
	TELA			LA CEIBA			PR	vt
	1 d	3 d	5 d	1 d	3 d	5 d		
PROMEDIO	203	320	379	280	419	474		
DESVEST	68	121	155	115	173	193	1	
							2	0.4
$x_{1a} =$	54	98	124	92	138	153	5	1.5
$x_{5a} =$	172	265	308	226	340	386	10	2.3
							20	3
$x_{2a} =$	192	300	353	260	390	442	25	3.2
$x_{5a} =$	253	409	493	354	547	616	40	3.7
$x_{10a} =$	293	481	586	403	650	731	50	3.8
$x_{20a} =$	332	550	675	500	749	841		
$x_{25a} =$	344	572	704	521	781	877		
$x_{40a} =$	370	618	763	565	847	950		
$x_{50a} =$	382	639	790	585	878	984		
Max serie	331	613	742	556	786	930		
	313	598	687	551	757	866		
	306	502	629	443	744	807		

Como se observa, con esta información se puede alimentar los modelos hidrológicos y obtener escenarios de amenaza que permiten identificar posibles zonas a ser inundables asociadas a eventos que tienen diversos períodos de retorno.

Como se verá más adelante, la capacidad de manejar este tipo de información estará asociada a la aceptación de los niveles de riesgos que una sociedad o una comunidad están dispuestos a aceptar cuando se deben diseñar e implementar medidas estructurales como bordas u ordenamientos territoriales.

## LA BORDA DE PROTECCIÓN CONTRA DESBORDAMIENTOS EN LA CEIBA

Durante el huracán Mitch, la ciudad La Ceiba experimentó grandes inundaciones producto de dos factores: el desbordamiento del río Cangrejal y un ineficiente sistema de drenajes. Como medida para prevenir futuras inundaciones, el Gobierno de Honduras construyó bordas de seis metros de altura dejando un canal del orden de 180 metros de ancho para el cauce del río. Dicha medida tiene como meta impedir que futuros eventos con períodos de retorno del orden de 20 años, como el huracán Mitch, provoquen desbordamientos hacia la zona urbana.



Utilizando información topográfica, cartográfica, los registros de lluvia de La Ceiba y mapas cartográficos de la cuenca, se modeló precipitación similar a la del huracán Mitch para la cuenca baja tomando en consideración la borda. Los resultados de la simulación, mostrados en el diagrama, indican que el ancho cauce dejado entre las bordas para que fluya el río en estas condiciones extremas es suficiente para contener el río en el cauce impidiendo el desbordamiento en la zona de tales bordas. El desbordamiento que se muestra en la parte baja de la figura corresponde a la zona de desembocadura del río al mar.

## VULNERABILIDADES ASOCIADAS A INUNDACIONES

Como se indicó en la sesión inicial, las vulnerabilidades reflejan lo propenso que están la infraestructura, los servicios, los procesos, los comercios y las actividades a ser afectadas de manera parcial o total cuando se manifiestan las inundaciones. La existencia de desastres asociados a inundaciones implica que las diversas sociedades que experimentan este tipo de desastres no han podido adaptarse al comportamiento natural de estos fenómenos hidrológicos. Desde tiempos ancestrales la humanidad ha buscado acercarse a los ríos para beneficiarse de los recursos que ofrece, como el acceso fácil al agua para diversos usos y la fertilidad de los suelos en sus riberas. Sin embargo, el crecimiento poblacional tan grande que experimentan los países en vías de desarrollo en las últimas décadas está provocando que se generen y crezcan asentamientos en las riberas de los ríos, que se utilicen tierras en las riberas para agricultura y ganadería, así como la dotación de la infraestructura necesaria para acompañar estos desarrollos sociales.

A diferencia del estudio cuantitativo de amenazas por inundación que está ya avanzado en lo que respecta a modelos técnicos y técnicas para su evaluación, el estudio de las vulnerabilidades es incipiente y no se cuenta en la actualidad con técnicas o metodologías comúnmente aceptadas para su evaluación cuantitativa. Aunque la amenaza es una sola en el caso de las inundaciones, las vulnerabilidades asociadas son múltiples, pues se manifiestan en distintos sectores: vivienda, infraestructural, agricultura, ganadería, líneas vitales, comunicaciones, etc. Además, es importante reconocer que las vulnerabilidades se manifiestan en diversos entornos: familiar, a nivel de barrio, comunidad, municipio, departamento, país y región.

Existen varios tipos de vulnerabilidades, tales como:

- Vulnerabilidad Estructural
- Vulnerabilidad Funcional u operativa
- Vulnerabilidad Financiera y de ingresos económicos
- Vulnerabilidad Social
- Vulnerabilidad del Proceso Educativo
- Vulnerabilidad Psicológica

## VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS:

La vulnerabilidad estructural refleja lo propensa que está una construcción a ser dañada por un fenómeno natural tal como un terremoto, una inundación o un huracán. Bajo esta vulnerabilidad se incluyen todos los elementos de la construcción que son propensos a ser afectados: paredes, techos, puertas, ventanas, accesos y pisos.

Analizando daños en viviendas asociados a inundaciones históricas, la vulnerabilidad estructural en este caso se puede clasificar de acuerdo a los materiales de construcción empleados debido a que hay materiales más y menos vulnerables al contacto con el agua. Además, hay que reconocer que la vulnerabilidad difiere con respecto a si el agua fluye lentamente o si fluye de manera caudalosa debido a los efectos de erosión hidráulica de flujos de alta velocidad sobre los materiales de construcción.

### Vulnerabilidad de Casas de Adobe en el Lago de Guija durante el Huracán Mitch



El Lago de Guija es una reserva de agua con fines pesqueros y energéticos, pues sirve de embalse a la planta hidroeléctrica El Guajoyo en el Municipio de Metapán en el Departamento de Santa Ana en El Salvador. Durante el huracán Mitch, las viviendas de adobe en la comunidad Las Cuevitas experimentaron daños severos en sus bases como resultado del aumento del nivel del lago y el fuerte oleaje asociado a los vientos que generó el huracán a su paso por la zona.

Esto motivó a los habitantes a reconstruir las viviendas con dos mejoras específicas:

- La elevación de la vivienda por encima del nivel observado durante el huracán Mitch y
- la creación de muros de protección de piedra en el contorno de la vivienda para evitar el impacto de las olas con las paredes directamente.



El estudio de vulnerabilidad estructural debe enfocar los materiales de construcción que se han utilizado en los pisos y paredes de las viviendas que son los elementos estructurales que entran en contacto con el agua durante las inundaciones. De manera similar, es importante analizar las condiciones de las inundaciones cuando se realizan los análisis de vulnerabilidad, pues los desbordamientos de gran caudal pueden tener un poder erosivo enorme y hacer colapsar viviendas, puentes e infraestructura vital como las líneas de agua potable y caminos mientras que las inundaciones de baja velocidad no tienen dicho poder erosivo.

## **VULNERABILIDAD FUNCIONAL**

Esta vulnerabilidad está asociada a los aspectos funcionales en una vivienda, comercio, servicio, proceso o empresa. Por ejemplo, en el caso de la ganadería cuando se inundan los pastos en las riberas de los ríos por varias semanas, el proceso de alimentación del ganado se interrumpe. En tal sentido, se puede decir que estos pastos poseen una vulnerabilidad funcional, porque no pueden funcionar como pastos para alimento de ganado mientras están inundados. De manera similar, un restaurante, una bodega, un centro de salud, una iglesia o una escuela que estén prácticamente inundados no pueden funcionar en esos momentos como está previsto. Eso significa que poseen una vulnerabilidad funcional, que debe ser reconocida, reducida y, de ser posible, eliminada.

Una vulnerabilidad funcional crítica se manifiesta en las líneas vitales: agua potable y caminos. Si por algún motivo se contamina el sistema de distribución de agua potable o su fuente como resultado de una inundación, se pone en peligro la salud de las personas de una comunidad. De manera similar, un camino en zonas muy bajas puede dejar de funcionar como paso para vehículos en casos de inundaciones.

## INUNDACIONES EN LA ZONA COSTERA DE ATLÁNTIDA, HONDURAS

Año con año, algunas comunidades de la costa norte de Honduras situadas en el departamento de Atlántida quedan incomunicadas por días o semanas debido a que sus caminos de acceso están situados en las planicies de inundación.

En tales casos la población debe buscar alternativas como el uso de caballos y mulas, o bien, atravesar a pie los tramos para agenciarse de víveres y trasladarse a otras comunidades.



En casos extremos, la autopista que conduce desde Tela hacia La Ceiba se ve bloqueada en dos sitios: en el río Perla y en el río Lean. En ambos casos, los desbordamientos de los ríos son tales que interrumpen el tránsito de vehículos, de manera que la carretera deja de ser funcional en esos momentos.



Uno de los parámetros más críticos para determinar la vulnerabilidad funcional de una estructura es la elevación de su piso con respecto al nivel del río. Entre más alto sea el nivel del piso, menor será la vulnerabilidad funcional de la estructura en general.

## VULNERABILIDAD ASOCIADA A LOS INGRESOS ECONÓMICOS

En muchos casos se puede presentar una vulnerabilidad de ingresos económicos relacionada con posibles pérdidas económicas durante desastres naturales. Un ejemplo ilustrativo es la agricultura, la cual es propensa a ser dañada por inundaciones o sequías. Las personas que se dedican a la agricultura en planicies de inundación son vulnerables financieramente en la medida en la cual su trabajo y por ende, sus ingresos económicos se ven afectadas por una inundación que pueda destruir sus cultivos.

## ¿UNA VULNERABILIDAD CALCULADA? CULTIVOS DE MAÍZ EN EL LAGO DEL GUIJA.

El lago de Guija es un lago que es utilizado por la hidroeléctrica Guajoyo como embalse de agua para la generación de energía eléctrica. Mediante un decreto legal, la CEL tiene la facultad para regular el nivel del lago, lo que en la época de lluvia significa llevarlo hasta un nivel máximo permitido de 430.30 metros sobre el nivel del mar para almacenar agua para la producción de energía eléctrica.



Todos los años, pobladores de las comunidades Las Cuevitas y La Barra siembran maíz en terrenos situados debajo de los 430.30 metros, por lo cual, siembran en una zona de amenaza de inundación.

Reconociendo que el maíz es un cultivo vulnerable a las inundaciones, sobretodo cuando queda semanas bajo el agua, los ingresos económicos de varios pobladores de estas comunidades son vulnerables debido a la posibilidad de que el nivel del lago aumente drásticamente como resultado de fuertes lluvias que nutren el lago con agua procedente de Guatemala, antes de que madure el maíz.

Otro ejemplo es el de la ganadería de exportación en zonas inundables. Durante el reciente huracán Mitch, tanto en Guatemala, como en Honduras se dieron enormes pérdidas en este sector. Por una parte, los cercos de madera y alambre espigado fueron para el ganado barreras imposibles de atravesar, sucumbiendo a la inundación.

La vulnerabilidad de ingresos económicos está asociada a la propensión de los ingresos a reducirse o perderse como resultado de las inundaciones. En tal sentido, un comercio o una bodega que esté situada en zonas de inundación podrá generar pérdidas económicas ya sea por la inhabilidad de realizar las actividades comerciales cotidianas, o bien por la pérdida de mercadería que sea alcanzada por la inundación.

### VULNERABILIDAD SOCIAL

Esta vulnerabilidad es la más compleja de definir dados los múltiples factores sociales que la integran. A continuación se presentan algunos ejemplos ilustrativos.

Consideremos dos viviendas vecinas, de tal forma que se encuentran bajo la misma amenaza. Sin embargo, en una de las dos viviendas viven tres personas muy ancianas y dos bebés menores de un año. En contraste, en la otra viven 4 niños mayores de 10 años y adultos pero no ancianos.

Como es de esperarse, durante un evento natural los bebés y los ancianos requieren de un cuidado especial para ser evacuados dada su falta de movilidad. En cambio, en la otra vivienda no hay personas que requieran de cuidados especiales. Esto implica que la vivienda con los bebés y los ancianos presenta una vulnerabilidad social más alta que la vivienda con los niños mayores de 10 años.

Otro ejemplo de vulnerabilidad social se presenta para el caso de los servicios sociales de salud, religión, educación y de formación profesional. En la medida en la cual se interrumpe el proceso de la comercialización de productos en un mercado se estará afectando dicho proceso. De ahí que se tenga que determinar la vulnerabilidad social en este contexto.

Como un factor adicional asociado a la vulnerabilidad social se menciona la asociada a la salud de las personas. Sin embargo, por lo general la salud es un factor que se asocia con los procesos que se llevan a cabo después de un desastre. Como ejemplos se mencionan las enfermedades gastrointestinales, pulmonares y de la piel que se pueden generar en niños como resultado de las inundaciones.

En este caso se debe determinar cual sector de la población es vulnerable y de que manera lo es. Por ejemplo, la niñez desnutrida no cuenta con un sistema de defensa inmunológico adecuado que le permita hacer frente a las bacterias y virus que generan enfermedades como la diarrea o la pulmonía. Sin embargo, una niñez bien alimentada y nutrida podrá defenderse mejor de estas bacterias que se presentan como resultado de las inundaciones.

## **VULNERABILIDAD DEL PROCESO EDUCATIVO**

En ciertos desastres naturales como las inundaciones, se debe recurrir a las escuelas como refugios temporales mientras dura la inundación. Desafortunadamente, mientras están siendo utilizadas como refugios, las escuelas dejan de ser los centros educativos y se interrumpe el proceso educativo. Se dice entonces que el proceso educativo es vulnerable. Sin embargo, en varios países se están haciendo esfuerzos por no interrumpir los procesos educativos mediante la selección de escuelas como refugios.

## **VULNERABILIDAD PSICOLOGICA**

Históricamente, algunas personas que han sobrevivido a un terremoto o a una tragedia de enormes proporciones manifiestan temor cuando se producen fenómenos naturales similares aunque sean de pequeña magnitud. Esto significa que un evento de grandes proporciones puede generar una vulnerabilidad psicológica en ciertas personas.

Por lo general, esta vulnerabilidad se detecta mejor en el caso de terremotos. Personas afectadas por un gran terremoto se atemorizan ante un temblor. Esto no les permite reaccionar en forma eficiente o lógica durante eventos similares. Dado que se trata de un fenómeno psicológico, se recomienda su tratamiento desde que se manifiesta el temor para minimizar su efecto y no trasladar dicho temor a otros desastres. En muchos casos este tipo de temor se manifiesta ante la imposibilidad de controlar la situación generada por el fenómeno, manifestando las personas un comportamiento de angustia ante cualquier evento de este tipo.

Aunque algunos autores manejan vulnerabilidades adicionales de otros tipos, éstas quedan fuera del ámbito de este texto. Se recomienda la revisión de literatura especializada para profundizar en este campo.

## **DEFICIENCIAS EN LAS MEDIDAS DE PREPARACION ASOCIADAS A INUNDACIONES**

Una de las lecciones aprendidas del huracán Mitch fue el elevado costo que tuvo en términos de vidas humanas las deficiencias en las medidas de preparación en caso de desastres.

La poca capacidad de la gente en reconocer de antemano lo que en realidad podía implicar un huracán como Mitch en la región, la improvisada respuesta cuando se iniciaron los daños y los escasos recursos disponibles para realizar las tareas de búsqueda, rescate, evacuación y manejo de la situación de desastre pusieron de manifiesto que los países afectados no contaban con programas integrales de manejo de desastres que abarcaran desde el nivel local en las aldeas y caseríos hasta el nivel nacional.

Entre las deficiencias en las medidas de preparación se reconocen las típicas tales como la ausencia de comités de emergencia debidamente organizados, entrenados y dotados de recursos, la incapacidad en coordinar la asistencia humanitaria; la ausencia de señalización de rutas de evacuación, así como de sistemas de alerta temprana y la carencia de estructuras eficientes para manejar una respuesta coordinada que abarque desde el nivel nacional hasta el nivel local de manera escalonada.

Sin embargo, se debe reconocer que hay responsabilidades que no se desean aceptar por parte de la sociedad civil y por parte de la población que está en mayor riesgo. Día a día se observa la invasión de terrenos en zonas de alta amenaza por gente en busca de mejores condiciones de vida. La selección de tales zonas muchas veces obedece a las ventajas que ofrecen en base a la cercanía a centros sociales tales como los mercados, las escuelas, fuentes de empleo y servicios médicos. Desafortunadamente, esta misma población al asentarse en estas zonas de alta amenaza constituye un foco de creación de riesgos, pero no reconoce las mínimas condiciones necesarias para asegurar el sostenimiento de la vida si se manifiesta un fenómeno de gran intensidad.

En tal sentido, es necesario también analizar las deficiencias en las medidas de preparación en todos los sectores, para identificar las medidas necesarias para fomentar una mejor preparación y de esta manera minimizar las pérdidas ocasionadas por los eventos naturales