

# GESTIÓN INTEGRAL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD A DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES EN LAS CUENCAS DE LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS

## INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT TO REDUCE THE VULNERABILITY TO LAND SLIDING AND FLOODING IN THE SIERRA MADRE OF CHIAPAS WATERSHEDS

**José Luis L. Arellano-Monterrosas**

Comisión Nacional del Agua, Organismo de Cuenca Frontera Sur. Carretera a Chicoasén, km 1.5, Fraccionamiento Los Laguitos, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, C. P. 29029, MÉXICO.

Correo-e: jose.arellanoa@conagua.gob.mx; aremonterrosas@hotmail.com

### RESUMEN

En este trabajo se analiza la pertinencia de la aplicación de la metodología de Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) como una estrategia para reducir la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones en las cuencas de la Sierra Madre de Chiapas, México. Las cuencas costeras de Chiapas se caracterizan por un relieve escarpado, la presencia de lluvias extremas y niveles de pobreza de su población que la hacen muy vulnerable al impacto de eventos hidrometeorológicos extremos. En los últimos años, estos eventos se han presentado con mayor frecuencia e intensidad en la región. La ejecución de prácticas de restauración hidrológica- forestal y de conservación del suelo y agua en cada sistema de cultivo y parcela de la cuenca vertiente, permiten el control de la erosión hídrica, una mejor infiltración y almacenamiento de la humedad en suelo que mejoran significativamente las relaciones lluvia-escurrimiento que provocan los deslizamientos e inundaciones. De esta forma, se da inicio a un proceso de desarrollo territorial que permite disminuir la vulnerabilidad de la cuenca a estos desastres.

**Palabras clave adicionales:** Vulnerabilidad, deslizamientos e inundaciones, cuencas, Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), Chiapas.

### ABSTRACT

In this research is analyzed the pertinence of applying the Integrated Water Resources Management (IWRM) methodology in order to reduce the vulnerability to land sliding and flooding in the Sierra Madre of Chiapas watersheds in Mexico. The costeral Chiapas watersheds are characterized by their pronounced topography, presence of extreme rainfall and poverty which make them very vulnerable to extreme hydrometeorological events. In the last years, these events have occurred with more frequency and intensity in the region. In this way, the hydrology-forestry recovery practices, as the conservation and management of soil and water that are performed in each crop system and watershed parcel, allow not just the control in situ of water erosion but the storage of water in the soil and a better infiltration that improve significantly the rainfall-runoff relationship to produced land sliding and flooding to start a territorial watershed development to decrease the watershed vulnerability to these disasters.

**Additional key words:** Vulnerability, Landslide and Flooding, watershed, Integrated Water Resources Management (IWRM), Chiapas.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el cambio climático global y el deterioro ambiental han provocado perturbaciones significativas en el régimen hidrológico regional de Mesoamérica tropical que han provocado desastres naturales asociados al agua (Kabat y Schik, 2003).

En Chiapas, uno de los estados con mayor vulnerabilidad física y social frente a eventos climáticos, los fenómenos

hidrometeorológicos como las lluvias extremas e inundaciones, se han presentado con mayor frecuencia e intensidad en los últimos años (Greenpeace, 2006; Oswald y Hernández, 2005; Carabias *et al.* 2005). En la Sierra Madre de Chiapas, y particularmente en la región del Soconusco, los impactos ambientales, económicos y sociales de estos eventos hidrometeorológicos han provocado severos daños a la agricultura, los ecosistemas y la disponibilidad de recursos hídricos, particularmente vulnerables a las condiciones extremas de clima (Magaña y Méndez, 2002; Arellano, 2005).

De esta forma, en los últimos años en la Sierra Madre de Chiapas, tanto en su Vertiente Interior (Cuenca Superior del Río Grijalva) como particularmente en su vertiente del Pacífico (Costa de Chiapas), las lluvias extremas derivadas de los ciclones tropicales de septiembre de 1998 y recientemente de octubre de 2005 con el ciclón tropical Stan, han provocado severos daños a la población, los ecosistemas y la infraestructura (Richter y Scheider, 2002; Gobierno del Estado de Chiapas, 2005; Arellano, 2006), mismos que han contribuido a la degradación de los recursos naturales así como al deterioro de la economía y el entramado social de la región.

Es común denominar a las contingencias hidrometeorológicas como desastres naturales, pero sus impactos no sólo están relacionados con la magnitud, intensidad y distribución geográfica del evento, pues son también resultado de los modelos de desarrollo y las formas de apropiación del territorio; es decir, son también resultado de una construcción socio territorial. De esta forma, las contingencias hidrometeorológicas no son únicamente atribuibles a la naturaleza, no son sólo desastres naturales, sino consecuencia de factores humanos como el entorno social y económico así como de la ausencia o mala aplicación de políticas públicas de desarrollo que permitan disminuir la vulnerabilidad ante estos fenómenos. Para Blaikie *et al.* (1996), algunos grupos sociales, regiones o países son más frágiles y propensos al daño, pérdida y sufrimiento de una misma amenaza, y por tanto su vulnerabilidad puede aumentar o disminuir con acciones concretas.

De esta forma, aunque no es posible evitar o modificar la intensidad y trayectoria de los fenómenos hidrometeorológicos, los impactos negativos de estos eventos extremos pueden disminuirse significativamente a través de la gestión de riesgos, permite reducir la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos particularmente en cuencas costeras como las de la Sierra Madre de Chiapas.

La gestión de riesgos para reducir la vulnerabilidad a desastres hidrometeorológicos es una derivación importante de la aplicación de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) en cuencas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

El enfoque de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) en Cuencas.

Después de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible celebrada en el año 2002 en Johannesburgo, la estrategia de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) ha adquirido gran vigencia y relevancia en la agenda mundial del desarrollo sostenible. De esta forma, se integran en un mismo concepto los procesos de gestión integral del agua con el de todos los recursos naturales relacionados al ciclo del agua; es decir, la gestión de recursos hídricos para el desarrollo sustentable en el ámbito territorial de la cuenca (Arellano, 2005).

Debido a la creciente complejidad, incertidumbre y vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos, "... los

*gestores del agua de todo el mundo coinciden en que la única vía de desarrollo es mediante un enfoque inclusivo e integrado de la gestión de los recursos hídricos (GIRH), que reconoce la necesidad de garantizar un sistema global de protección.*" (UNESCO, 2007).

El Global Water Partnership (GWP) define la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) como "*un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.*" (Dourojeanni y Jouravlev, 2003; GWP, 2004).

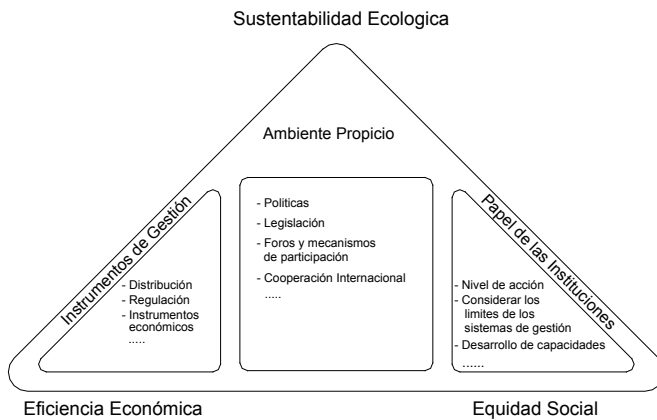
Por otra parte, la Iniciativa del Agua y la Naturaleza en Mesoamérica (UICN, 2003) considera los siguientes objetivos para la GIRH: i) incorporar el manejo de ecosistemas en cuencas; ii) el empoderamiento de los usuarios para un uso participativo, equitativo y responsable del agua; iii) promover la gobernabilidad del agua y prevenir conflictos; iv) aplicar iniciativas económicas y financieras para el buen uso del agua; v) transferir tecnologías apropiadas; vi) la adquisición de una nueva cultura del agua.

De esta forma, para la UNESCO (2007): "*La GIRH no sólo promueve la cooperación intersectorial, sino también el desarrollo y la gestión coordinada de los suelos y del agua (tanto superficial como subterránea) y de otros recursos relacionados, con el fin de maximizar de manera equitativa los beneficios sociales y económicos resultantes, sin comprometer la sostenibilidad del ecosistema. El enfoque de GIRH no sólo debe tener en cuenta las cuencas hidrográficas, sino también el medio ambiente costero y marino adyacente, así como los intereses aguas arriba y aguas debajo de la cuenca.*"

Entonces, la GIRH incluye una mayor coordinación, desarrollo y gestión de: i) el agua y la tierra; ii) las aguas superficiales y subterráneas; iii) la cuenca del río, la planicie costera y su área marítimo-terrestre; iv) los usuarios aguas arriba y aguas abajo. La GIRH no sólo implica la gestión de recursos naturales; incluye también el desarrollo humano de hombres y mujeres, basado en la gestión de esos recursos (GWP, 2004).

Dourojeanni y Jouravlev (2003) proponen un Marco General para la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) basado en tres ejes o directrices estratégicas: sustentabilidad ecológica, eficiencia económica y equidad social, para lo cual es necesario un ambiente político adecuado que permita tanto la aplicación de instrumentos de gestión como el desempeño del papel de las instituciones (Figura 1). Por otra parte, los componentes de un ambiente político adecuado, los instrumentos de gestión y el papel de las instituciones están integrados y son transversales a los diferentes usos o subsectores del agua (agua para la gente, la alimentación, la naturaleza, la industria y otros usos).

De esta forma, el enfoque de la GIRH "*pone especial énfasis en la gestión de las asignaciones de agua dentro de los*



**Figura 1. El Marco General para la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) propuesto por Dourojeanni y Jouravlev (Arellano,**

*límites ecológicos de la disponibilidad, haciendo hincapié en tres aspectos principales: equidad, eficiencia y sustentabilidad ambiental.*” (UNESCO, 2007).

Según Cosgrove, citado por Burton (2003), el concepto de Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), en contraste con el concepto tradicional fragmentado de manejo de agua (el cual hace sólo énfasis en el manejo del agua para satisfacer su demanda), incorpora dos dimensiones fundamentales: i) el sistema natural, el cual representa un componente de importancia vital para la disponibilidad de la cantidad y calidad del recurso, así como de una amplia gama de servicios ambientales que provee; ii) la dimensión humana, la cual fundamentalmente determina el uso del recurso, la contaminación y degradación del recurso, y determina cuáles deben ser las prioridades de desarrollo. Bajo este enfoque, la gestión integral ocurre en y entre estas dimensiones a lo largo de la variabilidad espacial y temporal propia del territorio de la cuenca.

De esta forma, basado en el Marco General para la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) propuesto por Dourojeanni y Jouravlev (2003), el Global Water Partnership (GWP, 2004) incorpora trece elementos clave para la construcción del proceso de GIRH:

#### A. El entorno político:

1.- Políticas: posicionar como objetivo fundamental el uso, protección y conservación del agua.

2.- El marco legislativo: las normas y reglas que permitan alcanzar las políticas y objetivos.

3.- Estructuras de financiamiento e incentivos: buscar recursos financieros para satisfacer las necesidades de agua.

#### B. El papel de las instituciones:

4. Creación de un marco organizacional: formas y funciones.

5.- Construcción de la capacidad institucional. Desarrollo de recursos humanos.

#### C. Los instrumentos de gestión:

6.- Evaluación de recursos hídricos: el entendimiento de los recursos y de sus necesidades.

7.- Planes para la GIRH: combinando opciones de desarrollo, la interacción humana y el uso de recursos.

8.- Gestión de la demanda: usando más eficientemente el agua.

9.- Instrumentos para el cambio social: fomentando la participación de la sociedad civil en la gestión del agua.

10.- Resolución de conflictos: manejo de disputas, asegurando el uso compartido del agua.

11.- Instrumentos de regulación: estimación y aplicación de los límites permisibles de uso del agua.

12.- Instrumentos económicos: estableciendo precios y cuotas por eficiencia y equidad.

13.- Manejo e intercambio de información: desarrollo de conocimientos para una mejor gestión del agua.

Entonces, la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) en cuencas comprende fundamentalmente: i) la gestión de cuencas como un ecosistema integrado, y ii) la planificación y gestión participativa (UICN, 2000).

Vulnerabilidad y Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) en Cuencas

Tanto en los ecosistemas como en las cuencas, el grado de deterioro o afectación depende de la magnitud de la perturbación y de la vulnerabilidad del sistema. La magnitud de la perturbación se relaciona con el fenómeno que da origen a la perturbación, ya sea un fenómeno natural o inducido, del tipo de perturbación, de su intensidad y frecuencia, del área afectada. La vulnerabilidad es función de las características del sitio y de las condiciones climáticas, de vegetación, suelo y topografía del sitio (Maass y García-Oliva, 1990). A una mayor vulnerabilidad del sistema y una mayor magnitud de la perturbación, corresponde un grado de afectación o deterioro más severo, según se expresa en la Ecuación (1):

$$\text{Grado de deterioro} = f(\text{Magnitud de la perturbación, Vulnerabilidad del sistema}) \quad (1)$$

De esta forma, por ejemplo, la degradación del suelo por erosión hídrica es función de la erosividad y de la erodabilidad (Ecuación 2). La erosividad de la lluvia es la capacidad energética de las gotas de lluvia para desprender las partículas del suelo,

mientras que la erodabilidad del suelo es la susceptibilidad o resistencia del suelo a este impacto. La erosividad depende de la intensidad y duración de los eventos de lluvia; por otra parte, la erodabilidad depende de las propiedades físicas del suelo (textura, densidad y contenido de materia orgánica, entre otras), de la configuración topográfica del terreno (longitud y pendiente) y particularmente de las condiciones de cobertura del suelo y de las prácticas de manejo y conservación del suelo (Arellano, 1994):

$$\text{Erosión Hídrica} = f(\text{Erosividad de la lluvia, Erodabilidad del suelo}) \quad (2)$$

Para que un proceso de degradación o un desastre se presente, son necesarias cuando menos dos predisposiciones: la posibilidad de que un evento detonador se presente (usualmente denominado riesgo en estado potencial, potencial de riesgo o riesgo potencial) y la vulnerabilidad preexistente; es decir, la predisposición de las poblaciones, ecosistemas, cuencas, procesos, infraestructura, servicios, organizaciones o sistemas a ser afectados, impactados, dañados o destruidos por el evento (Villagrán, 2005).

En forma general, Villagrán (2005) considera que el riesgo de un desastre es función del producto del riesgo potencial y la vulnerabilidad (ecuación 3):

$$\text{Riesgo de desastre} = f(\text{Riesgo potencial, Vulnerabilidad}) \quad (3)$$

Donde el riesgo de desastre se refiere al nivel de probabilidad de que se presenten una serie de elementos que permitan cierto nivel de riesgo potencial (Alexander citado por Villagrán, 2005).

Por otra parte, Gellert y Gammarra (2003) denominan al riesgo potencial como amenazas, las cuales corresponden tanto a eventos propios de la naturaleza como a aquellos creados a partir de la interacción sociedad-naturaleza, donde las formas de apropiación de la naturaleza constituyen amenazas socioterritoriales, eventos tecnológicos, de contaminación y otros de índole social que derivan en conflictos sociales, como los levantamientos armados y las guerras son denominados genéricamente como amenazas antrópicas. Entonces, el riesgo de un desastre es resultado de la amenaza y la vulnerabilidad (Ecuación 4):

$$\text{Riesgo de desastre} = f(\text{Amenaza, Vulnerabilidad}) \quad (4)$$

Para Magaña, citado por Muñoz (2006), los daños provocados por eventos hidrometeorológicos extremos, como los huracanes, son, bajo una perspectiva científica, resultado de dos factores, el peligro y la vulnerabilidad (Ecuación 5):

$$\text{Riesgo de desastre} = f(\text{Peligro, Vulnerabilidad}) \quad (5)$$

De esta forma, el riesgo potencial, amenaza o peligro de las Ecuaciones (3), (4) y (5) representan la fuerza de origen que detona un desastre, mientras que la vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad o resistencia del sistema al impacto de esta fuerza.

En sistemas naturales como las cuencas, y los ecosistemas, el riesgo de desastre de un fenómeno natural como las lluvias extremas que provocan deslizamientos e inundaciones, es una función que depende tanto de la vulnerabilidad del sistema como de la magnitud del evento hidrometeorológico (intensidad, duración, frecuencia, extensión, cobertura geográfica de influencia, entre otras). Entonces, los impactos de estos fenómenos son función de estas variables; es decir, están asociados tanto a la vulnerabilidad del sistema como a las características propias del evento (Figura 2).

Para Villagrán (2005), el concepto de vulnerabilidad tiene



Figura 2. Interrelaciones entre los conceptos de riesgo, vulnerabilidad, exposición y la magnitud de un evento (WMO *et al.*, 2006).

varias facetas según su aplicación en el estudio del impacto de desastres: para la academia e investigación, las agencias de manejo de desastres, la comunidad científica del cambio climático o para las agencias de desarrollo. Para Blaikie *et al.* (1996), el concepto de vulnerabilidad se refiere a la falta de capacidad de una persona o grupo social para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Implica, entonces, la combinación de diferentes variables que determinan el grado en el cual la vida y la subsistencia queda en riesgo por un evento natural o social.

La vulnerabilidad es una condición social que es resultado de los procesos y formas de cambio y transformación de la sociedad, y se define en gran parte por el acceso diferenciado a los recursos económicos, sociales, organizacionales y de poder (Movimiento Tzuk Kim Pop, 2006). De esta forma, la vulnerabilidad se manifiesta como una respuesta de los niveles económicos, de bienestar social, de organización y educación de la población; según su ubicación territorial (parte alta, medio o baja de la cuenca), en el manejo de su entorno y sus recursos naturales; en la resiliencia o resiliencia de su estructura productiva, de infraestructura y habitacional; y finalmente de las adecuaciones a su entorno físico y a las amenazas que represente (infraestructura de protección contra inundaciones).

En este contexto, los impactos están relacionados con varios eventos muy difíciles de predecir como las inundaciones, temblores, incendios y epidemias, entre otros. En contraste, las tensiones se refieren a las presiones, las cuales generalmente son continuas, acumuladas y predecibles, tales como el déficit estacional o el abatimiento de recursos, entre otros.

Por otra parte, Bohle, citado por Villagrán (2005), al extender las dimensiones externas e internas de la vulnerabilidad propuestas originalmente por Chambers, considera a la vulnerabilidad como un espacio social multiestratificado y multidimensional definido por las capacidades políticas, económicas e institucionales de la población en un lugar y tiempo específico. Bajo esta perspectiva, el riesgo es una situación que varía temporal y espacialmente, es decir, en diferentes etapas y ámbito territorial en función de los cambios de las sociedades en su entorno natural y su entramado socioeconómico.

Para los propósitos de este trabajo, se considera pertinente el concepto de vulnerabilidad propuesto en 2004 por la International Strategy for Disaster Reduction (ISDR) como “*el conjunto de condiciones y procesos resultantes de factores físicos, sociales, económicos y ambientales que incrementan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de riesgos potenciales*” (Villagrán, 2005). Bajo este concepto, la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones en cuencas está asociada a los mismos componentes y líneas estratégicas de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH): equidad social, eficiencia económica y sustentabilidad ambiental.

De esta forma, la vulnerabilidad a inundaciones en cuencas comprende: i) Los factores físicos corresponden a la susceptibilidad de las cuencas y sus comunidades a la inundación (localización geográfica, densidad de población, etc.). ii) Los factores sociales que están relacionados con las condiciones de la población: salud, educación, acceso al agua, derechos, relaciones de género, equidad social, los valores, tradiciones y los sistemas de organización. iii) En contraste, los factores económicos están relacionados con los niveles de pobreza y marginación que pueden incluir niveles de reservas económicas individuales, comunitarias y nacionales; niveles de endeudamiento; grado de acceso a créditos, préstamos, seguros y diversidad económica. iv) Finalmente, los factores ambientales que incluyen los procesos de degradación como la deforestación, el cambio de uso del suelo y la erosión hídrica que aumentan la vulnerabilidad de las cuencas al impacto de las lluvias extremas.

Para Chambers, citado por Villagrán (2005), la vulnerabilidad no debe ser considerada únicamente como sinónimo de pobreza; sin embargo, ambos conceptos están interrelacionados. En México, como en muchos países en desarrollo, las poblaciones afectadas por desastres naturales corresponden con mayor frecuencia a las de mayor marginación social, que generalmente habitan en laderas o en las áreas con mayor riesgo de inundaciones en las márgenes de los ríos (Carabias *et al.*, 2005). La vulnerabilidad de las poblaciones a desastres naturales está asociada a las condiciones de pobreza, exclusión y desigualdad (Barnett y Steffen, *et al.* citados por Oswald y Hernández, 2005).

Bajo el enfoque de gestión de riesgos, la vulnerabilidad no sólo implica el grado de deterioro y la magnitud de pérdidas y daños que una comunidad sufre; implica también su capacidad para responder con orden, oportunidad, eficacia y particularmente con anticipación a un evento que distorsiona severamente su cotidianidad. Es decir, el riesgo debe minimizarse permanentemente en la cotidianidad y en la planificación del desarrollo regional y local a largo plazo (Movimiento Tzuk Kim Pop, 2006).

#### Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) y Gestión de Riesgos

Tanto la predicción de la magnitud como la trayectoria de los fenómenos hidrometeorológicos se efectúa con cierto margen de probabilidad. Esta predicción se realiza mediante sensores remotos y radares hidrometeorológicos, la tecnología de información y el uso de modelos de simulación hidrológica. De esta forma, es posible el monitoreo de la evolución, distribución geográfica y trayectoria a tiempo real de estos fenómenos. Usando modelos de simulación de las relaciones precipitación-escorrentía de cada cuenca, es posible, mediante Sistemas de Alertamiento Temprano, analizar diferentes escenarios o umbrales para la definición de zonas con diversos riesgos de inundación.

Los fenómenos hidrometeorológicos extremos no sólo se deben prevenir y atender como contingencias o emergencias una vez que se presenten, sino que se deben disminuir sus impactos potenciales a través de medidas de adopción y participación social. Las contingencias hidrometeorológicas extremas no tienen un papel activo y la sociedad un carácter pasivo-receptor. En México, según Carabias *et al.* (2005), una de las principales limitaciones para la gestión de riesgos, es precisamente la falta de estrategias institucionales y políticas públicas adecuadas, de carácter preventivo, permanentes y de largo plazo.

El riesgo de un desastre es un proceso dinámico que se incrementa en el tiempo junto con varios procesos sociales. En nuestros países, los desastres hidrometeorológicos son un verdadero desafío al desarrollo regional, debido principalmente a: i) la persistencia de la percepción de que los desastres naturales son considerados como eventos naturales, es decir, como eventos externos e independientes de los esquemas de desarrollo; ii) el hecho de que tanto el riesgo como la vulnerabilidad son conceptos intangibles, mientras que un desastre natural o la pobreza y marginación son evidentes en el ámbito local, regional, nacional o internacional; iii) la visión de que la naturaleza puede ser sometida con grandes obras de ingeniería, y por tanto la percepción de que los desastres naturales pueden también contrarrestarse (Villagrán, 2005).

De esta forma, el gran desafío en la reducción de la vulnerabilidad, en la gestión de riesgos de desastres naturales como las lluvias extremas, deslizamientos e inundaciones, está en lograr el cambio de percepción de la población, los gobiernos y las instituciones; en reconocer que los desastres naturales, como las inundaciones provocadas por el ciclón tropical Stan

en Chiapas y Guatemala en octubre de 2005, son una dimensión negativa de los modelos de desarrollo y por tanto un indicador de insustentabilidad (Ordóñez, 2006). Entonces, la gestión de riesgos debe incluir los procesos de desarrollo territorial que permitan reducir la vulnerabilidad y el riesgo de desastres.

Para la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, la vulnerabilidad es *“la predisposición de un elemento, un sistema o una comunidad a ser afectado o susceptible al daño.”* En el contexto de riesgo, la vulnerabilidad es entonces definida como factor de riesgo interno; en contraste, el riesgo potencial es definido como el factor externo del riesgo (Cardona, citado por Villagrán, 2005). Entonces, la vulnerabilidad es resultado de tres componentes fundamentales: la fragilidad física o exposición, la fragilidad socioeconómica y la falta de resiliencia.

La resiliencia es un concepto de autodepuración de ecosistemas utilizado en ciencias biológicas (Oswald y Hernández, 2005). Según el concepto de las Naciones Unidas, la resiliencia, se refiere a *“la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a desastres de adaptarse, al resistir o cambiar su comportamiento para lograr y mantener un nivel aceptable de funcionamiento y estructura. Éste se define por el grado en el cual el sistema social es capaz de auto-organizarse para mejorar la capacidad de aprendizaje ante desastres pasados con el fin de lograr una protección mejor en el futuro y desarrollar medidas que reduzcan riesgos.”* (ISDR, citado por Oswald y Hernández, 2005).

La relación de la vulnerabilidad con la resistencia y la resiliencia de un sistema es fundamental en la gestión de riesgos. La resistencia está relacionada con la capacidad del sistema para permanecer sin cambios por un intervalo de tiempo una vez que se presenta el evento. Después de este intervalo de tiempo, el sistema cambia bruscamente como resultado del impacto del evento. En contraste con la resistencia, la resiliencia está relacionada con la capacidad del sistema para recobrar su estado anterior al desastre (Bogardi, citado por Villagrán 2005).

De esta forma, por ejemplo, el evento hidrometeorológico de septiembre de 1998 provocó un fuerte deterioro ambiental en las cuencas de la Sierra Madre de Chiapas con grandes deslizamientos, inundaciones y sedimentación de cauces. Después del impacto, gradualmente los deslizamientos se fueron repoblando con vegetación de manera natural (resiliencia). Posteriormente, las lluvias extremas del ciclón tropical Stan en octubre de 2005 interrumpieron este proceso de recuperación natural de las cuencas y provocaron una nueva ruptura ambiental.

De esta forma, la vulnerabilidad es un concepto político-ecológico clave que representa *“... la multidisciplinariedad en circunstancias concretas de vida, responsables de los desastres”*. Los desastres son atenuados o *“canalizados y distribuidos en forma de riesgos dentro de una sociedad mediante prácticas políticas, sociales, económicas e institucionales”* (Oliver-Smith, citado por Oswald y Hernández, 2005). Entonces, las formas de

apropiación territorial de las cuencas o la construcción cultural de la naturaleza se relacionan con los procesos sociales de los desastres; las formas políticas y económicas determinan también su vulnerabilidad. La reducción de la vulnerabilidad, es decir, la libertad ante desastres, se transforma en una condición de convivencia pacífica de los pueblos (Oswald y Hernández, 2005).

De esta forma, la apropiación territorial y las formas de gestión de recursos hídricos de una cuenca determinan su grado de vulnerabilidad ante desastres naturales como los deslizamientos y las inundaciones. La GIRH permite reducir la vulnerabilidad de las cuencas a los impactos de las contingencias hidrometeorológicas (Arellano, 2005). Por lo que para Oswald y Hernández (2005), *“la alta vulnerabilidad ambiental y social de nuestro país exige establecer estrategias regionales distintas en el manejo sustentable de las grandes cuencas y microcuencas.”*

En este nuevo escenario ambiental de las cuencas y el espacio rural del país, Warman (2002) considera que es necesario incorporar la conservación del suelo y agua y el ordenamiento territorial rural en las Políticas Públicas, la gestión y conservación de los recursos naturales para la disminución de la vulnerabilidad a desastres naturales y la construcción de un desarrollo territorial, de un desarrollo rural sostenible:

*“En la última década sufrimos desastres naturales severos. Los más graves los provocó el agua: lluvias intensas que causaron inundaciones, derrumbes y deslaves, daños a la infraestructura y suspensión de la comunicación y el abasto. Algunos afirman que las lluvias extraordinarias o los huracanes son y serán más frecuentes e intensos por el calentamiento global del planeta, pero todos coinciden en que la deforestación, la erosión y el azolve, la degradación por la intervención humana en los recursos naturales en las cuencas de los ríos son las causas por las que los meteoros naturales se convierten en desastres naturales.”*

De esta forma, es necesario mejorar la capacidad de amortiguamiento del sistema hidrológico a las lluvias extremas para disminuir los riesgos a deslizamientos e inundaciones, tanto en el ámbito territorial rural como urbano, a través del ordenamiento territorial participativo de la cuenca y la instrumentación de políticas públicas de desarrollo territorial; esquemas de incentivos, prácticas y pago por servicios ambientales de protección son necesarios tanto para la reducción de riesgos por inundación como de restauración ambiental sustentable.

A nivel de cuencas, las prácticas de reforestación, restauración hidrológica-ambiental y de manejo y conservación del suelo y agua que se realizan en cada sistema de cultivo y parcela en microcuencas prioritarias de la Sierra Madre de Chiapas impactadas por el ciclón tropical Stan, no sólo permiten el control *in situ* de la erosión hídrica, el almacenamiento del agua en el suelo y su infiltración; contribuyen también a mejorar las relaciones precipitación-escorrentía que permiten disminuir los escurrimientos torrenciales y amortiguar los escurrimientos pico (escurrimientos superficiales extremos) que provocan

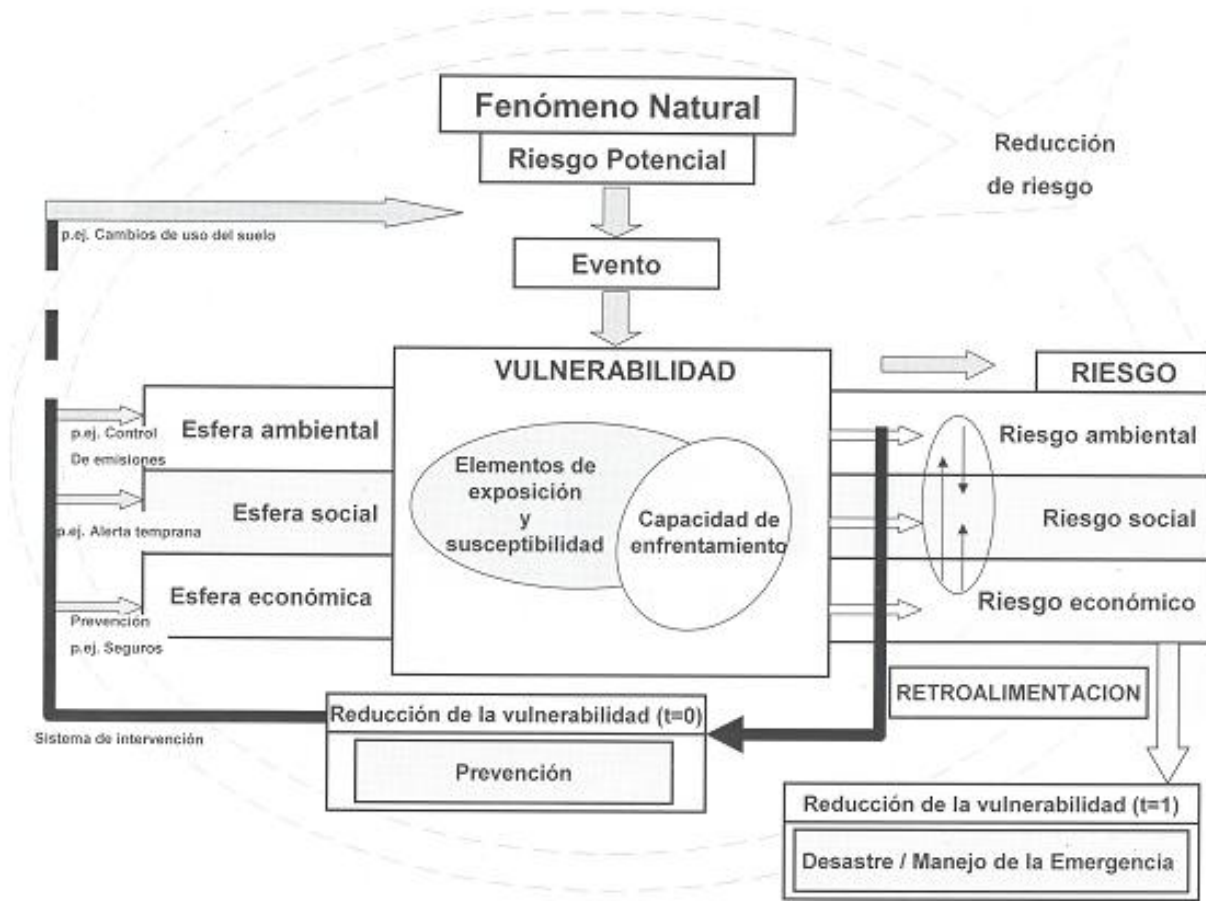


Figura 3. El modelo de sobre la gestión de riesgos y la vulnerabilidad de Birkmann y Bogardi (Villagrán, 2006)

deslizamientos en laderas (erosión hídrica en cárcavas) y crecientes e inundaciones extremas en la cuenca baja (Brujijnzeel, 2004; Arellano, 2005; Arellano y López, 2009).

Por otra parte, al interior de una microcuenca, su respuesta hidrológica a la lluvia, es decir, a la producción de escurrimiento superficial (relaciones precipitación-escurrimiento), depende de la interacción entre las variables climáticas y geológicas, de las propiedades físicas de suelo (donde el parámetro clave es la conductividad hidráulica del suelo a diferentes profundidades), de las condiciones de uso y manejo del suelo, de la intensidad y duración de los eventos de lluvia y la morfología de la pendiente (configuración topográfica). A otra escala, a nivel de subcuenca o microcuenca, el efecto de los cambios de uso del suelo y deforestación incrementan significativamente los volúmenes de escurrimiento superficial y escurrimientos pico (Brujijnzeel, 2004).

Los daños provocados por las inundaciones son resultado de las interacciones de varios procesos. Los deslizamientos e inundaciones tienen su origen en las lluvias extremas en la cuenca vertiente, al interior de la cual existe cierto equilibrio dinámico con sus condiciones hidrológicas (de geología y suelos, topografía y relieve, de uso y manejo del suelo, de reforestación y prácticas de conservación del suelo y agua, entre otras que permitan

mejorar la capacidad de almacenamiento del suelo); sin embargo, cuando este equilibrio dinámico se rompe, el agua excedente fluye por la red de drenaje como creciente, escurrimiento extremo o gasto pico, desbordando el cauce de los ríos e inundando las áreas contiguas y partes bajas sin protección. La gestión de riesgos de inundación comprende todas aquellas medidas tendientes a disminuir la vulnerabilidad de la cuenca a través del uso adecuado del suelo, de áreas de retención y protección estructural como los bordos de protección (Figura 3). Una vez que el desastre se presenta, se activan las medidas de emergencia y rescate (WMO *et al.*, 2005).

Por otra parte, los trabajos de reconstrucción deben ir más allá de la atención únicamente de la emergencia; es necesario iniciar procesos con diferentes modalidades de desarrollo territorial con énfasis en el control de los factores causales de los desastres (Ordóñez, 2007).

La Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) permite cambiar estos factores causales, pues configura el paisaje rural de cada cuenca, le otorga su rasgo particular, y le imprime una huella hidrológica propia que determina su vulnerabilidad específica a través de la gestión de los recursos naturales asociados al agua (recursos hídricos) que realizan al interior de su territorio las comunidades rurales.

La conservación del suelo y el agua en cada parcela, ladera y microcuenca, permite no sólo la preservación de estos valiosísimos recursos naturales y mejorar los niveles de productividad, sino que contribuye a la sostenibilidad, al desarrollo rural territorial, abona al desarrollo humano de las comunidades y disminuye la vulnerabilidad de estas cuencas y territorios a fenómenos hidrometeorológicos extremos como las inundaciones, a través de lo que denominan como gestión de riesgos de inundaciones, aprendiendo a convivir con el río por medio de la participación, la colaboración y la hidrosolidaridad sobre la base de proyectos de rehabilitación ecológica del río o de prácticas de conservación del suelo y agua en microcuencas (Willerms *et al.*, 2006; WMO *et al.*, 2005; Van der Velde *et al.*, 2006; Arellano, 2006; Arellano y López, 2009).

## CONCLUSIONES

Los desastres naturales como los deslizamientos e inundaciones, no son sólo atribuibles a la naturaleza; son también una construcción socio-territorial a nivel de cuenca.

La Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) en cuencas se refiere al proceso que promueve la gestión coordinada del agua y los recursos naturales asociados a ella que busca un equilibrio entre la equidad social, la eficiencia económica y la sustentabilidad ambiental.

El impacto de los eventos hidrometeorológicos extremos, depende tanto de la magnitud de las lluvias como de la vulnerabilidad de las cuencas y poblaciones.

La vulnerabilidad se refiere al conjunto de condiciones y procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que incrementan la susceptibilidad de una población, cuenca o ecosistema al impacto de riesgos potenciales. De esta forma, la vulnerabilidad es un concepto clave en la gestión de riesgos de deslizamientos e inundaciones y la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) en cuencas.

Las prácticas de conservación del suelo y agua en microcuencas son parte fundamental de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) en cuencas y la gestión de riesgos por deslizamientos e inundaciones, que permiten disminuir la vulnerabilidad de las cuencas al impacto de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

## LITERATURA CITADA

- Arellano M. J. L. 1994. La Degradación del Suelo por Erosión Hídrica en Chiapas: Evaluación y Principios Tecnológicos para su Control. Tesis Profesional. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 360 p.
- Arellano M. J. L. 2004. Coffee Agroecosystems contribution to soil and water conservation in the Cuicilco River Basin, Soconusco Region, Chiapas State, Mexico. *In:* García J. D; Vizcaíno M. P. (eds.). Aquatic Habits: Análisis & Restoration. Fifth International Symposium on Ecohydraulics. Vol. II. International Association of Hydraulics Engineering and Research (IAHR); Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, Spain. pp: 1369-1372.
- Arellano M. J. L. 2005. Apropiación Territorial, Degradación Ambiental y Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca Superior del Río Cus-tepec, Chiapas. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural Regional. Universidad Autónoma Chapingo. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. 519 p.
- Arellano M. J. L.; López M.J. 2009. Resiliencia y vulnerabilidad en las cuencas de la Sierra Madre de Chiapas. LEISA Revista de Agroecología 24: 17-19.
- Arellano M. J. L. 2006. Diluvio y caos: las grandes lluvias del ciclón tropical Stan, degradación ambiental y vulnerabilidad en las cuencas de la Sierra Madre de Chiapas. Mesa Redonda: El Impacto del Huracán Stan y los Retos de la Reconstrucción en Chiapas y Guatemala ¿Cuáles son los desafíos del desarrollo regional después de un desastre natural? Maestría en Desarrollo Rural Regional, Universidad Autónoma Chapingo. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas 7 de abril de 2006.
- Blaikie P.; Cannon T.; David I.; Wisner B. 1996. Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Costa Rica. 290 p.
- Buijnzeel L. A. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? Agriculture, Ecosystems and Environment 104: 185-228.
- Burton J. 2003. Integrated Water Resources Management on a Basin Level. A training manual. UNESCO. Ediciones MultiMondes. Canada. 240 p.
- Carabias J.; Landa R.; Collado J.; Martínez P. 2005. Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Hacia la Gestión Integral de Recursos Hídricos en México. UNAM. El Colegio de México. Fundación Gonzalo Río Arronte. México, D. F. 221 p.
- Dourojeanni A.; Jouraviev A. 2003. Informe del Cuarto Taller de Gerentes de Organismos de Cuenca en América Latina. Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Serie Seminarios y Conferencias No. 26. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile. 52. p.
- Gellert G.; Gamarra L. 2003. La Trama y el Drama de los Riesgos a Desastres: Dos Estudios a Diferente Escala sobre la Problemática en Guatemala. FLACSO. Guatemala. 278 p.
- Global Water Partnership 2004. Catalyzing Change: A handbook for developing integrated water resources management (IWRM) and water efficiency strategies. Global Water Partnership (GWP). Technical Comité. Stockholm, Sweden. 48 p.
- Gobierno del Estado de Chiapas. 2005. Reconstrucción para consolidar el desarrollo. Plan de Reconstrucción. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 126 p.
- Greenpeace. 2006. Los desastres no son naturales, son políticos. Boletín No. 0665. 24 de Agosto de 2006.
- Kabat P.; Schik H. 2003. Climate Changes the Water Rules: How water managers can cope with today's climate variability and tomorrow's climate change. Dialogue on Water and Climate. Liverpool, Gran Bretaña. 106 pp.
- Maass M. J. M.; García-Oliva F. 1990. La conservación de suelos en zonas tropicales: el caso de México. Ciencia y Desarrollo. Vol. XV. Núm. 90. México, D. F. pp. 21-36.
- Magaña R. V.; Méndez P. J. M. 2002. Sobre la variabilidad y el cambio climático en Chiapas. *In:* Pohlan J. (ed.). México y la Cafecultura Chiapaneca. Reflexiones y Alternativas para los Cafecultores. Shaker Verlag. Aachen, Alemania. pp: 55-64.
- Movimiento Tzuk Kim Pop. 2006. ¿Por qué tanta destrucción? Ensayo sobre la naturaleza y la visibilidad de la cotidianidad, la negligencia y la exclusión regional: el caso del altiplano occidental en la tormenta asociada Stan. Movimiento Tzuk Kim Pop. Quetzaltenango, Guatemala. 62 p.
- Muñoz S. R. 2006. Alerta en el Golfo de México. National Geographic. Agosto. pp: 38-47.



- Ordóñez M. C. E. 2007. Desastres en territorios marginales de la globalización. La tormenta Stan en la Costa Sur del Departamento San Marcos, Guatemala. Departamento de Investigaciones de Trabajo Social. Centro Universitario de Occidente. Universidad de San Carlos de Guatemala. Documento inédito.
- Ordóñez M. C. E. 2006. Los impactos del huracán Stan en la franja fronteriza del Occidente de Guatemala. Mesa Redonda Sobre el Impacto del Huracán Stan y los Retos de la Reconstrucción en Chiapas y Guatemala ¿Cuáles son los desafíos del desarrollo regional después de un desastre natural? Organizada por la Maestría en Desarrollo Rural Regional de la Universidad Autónoma Chapingo. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas 7 de abril de 2006.
- Oswald S. Ú.; Hernández R. M. L. 2005. El valor del agua: una visión socioeconómica de un conflicto ambiental. El Colegio de Tlaxcala, A. C. Gobierno del estado de Tlaxcala. Fondo Mixto de CONACYT, Tlaxcala. Secretaría de Fomento Agropecuario. 382 p.
- Richter M.; Scheider I. 2002. Causas y consecuencias de la tormenta de septiembre de 1998 en el Soconusco. Revista de la UNACH. Cuarta época 4: 61-66.
- UNESCO. 2007. La Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH). Boletín Semanal del Portal del Agua de la UNESCO No. 173, Boletín electrónico. In: [www.unesco.org](http://www.unesco.org), consultado en enero de 2007.
- Unión Mundial para la Naturaleza, UICN. 2000. Visión del Agua y la Naturaleza: Estrategia Mundial para la Conservación y Manejo Sostenible de Recursos Hídricos en el Siglo XXI. UICN y Gland Suiza. Cambridge, Reino Unido. 52 p.
- Van der Velde, G.; Leuven R. S. E. W.; Ragas A. M. J.; Smits, A. J. M. 2006. Living Rivers: Trends and Challenges in Science and Management. *Hydrobiologia* 565: 359-367.
- Villagrán L. J. C. 2005. Vulnerability. A Conceptual and Methodological Review. United Nations University. Institute for Environment and Human Security. Studies of the University: Research, Counsel, Education Publication Series No. 4. Bonn, Germany. 64 pp.
- Warman A. 2002. El Campo Mexicano en el Siglo XX. Fondo de Cultura Económica. Sección de Obras de Historia. Primera reimpresión. México, D. F. 262 p.
- Willerms D.; Bellermakers M.; Smits T. 2006. Opportunities of Flood Risks. Social, Economical, Spatial and Communication Aspects. Final Report Session FT 5.01. 4<sup>th</sup> World Water Forum. México City. Center of Water and Society. Faculty of Science. Radboud University Nijmegen. Nijmegen, The Netherlands. Pp. 14-15.
- World Meteorological Organization (WMO) 2005. Manejo de riesgos. Co-operative Programme on Water and Climate (CPWC) y Japan Water Forum (JWF). Documento Temático. Eje Temático 5 Manejo de Riesgos. In: World Water Council and Comisión Nacional del Agua. Documentos Temáticos. Ejes Temáticos y Perspectivas Transversales. IV Foro Mundial del Agua. México, D. F. pp. 161-207.