

DESLIZAMIENTOS E IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS HURACANES MITCH Y STAN, EN GUATEMALA

Byron Yury Medina¹

¹ Fundación Defensores de la Naturaleza, 7 av. 7-13 Zona 13 Ciudad de Guatemala. e-mail: bmedina@defensores.org.gt; web: <http://fondoagua.org>

Resumen

Guatemala por su posición geográfica, formación geológica volcánica en zonas de ladera, con actividad sísmica y bajos niveles de desarrollo, es uno de los países del Istmo Centroamericano con alta riqueza en diversidad de ecosistemas y especies, que sufre la incidencia de eventos recurrentes de origen hidrometeorológico como huracanes, lluvias torrenciales, inundaciones y deslizamientos, que pueden inducir a grandes desastres naturales, provocando pérdidas de vida en los ecosistemas naturales y urbanos.

En febrero de 1976 el territorio Guatemalteco fue sacudido por un terremoto que dejó como cauda más 25,000 muertos; en octubre de 1,998 nos afectó el huracán Mitch y muy recientemente en octubre de 2005, el Huracán Stan que llevo a las autoridades gubernamentales a decretar estado de calamidad y estado de emergencia nacional. Las crecidas y deslizamientos causadas por las lluvias de Stan, dejaron mas 800 muertos y 1.5 millones de afectados directos. Se estima que los daños y pérdidas ascendieron a US \$988 Millones, cantidad equivalente a 3.4 % del PIB de año 2004. Los daños ambientales por erosión afectaron 719,800 Ha, calculando una perdida promedio de suelo de 12.45 t/Ha, valorados en US \$ 41,000 dólares. (CEPAL 2005).

En términos generales durante Stand, las inundaciones afectaron las zonas bajas de la costa pacífica, mientras que las tierras altas y las zonas de transición fueron principalmente afectadas por deslaves y derrumbes. Deforestación de bosques, sobreexplotación y saturación del suelo, disposición de desechos sólidos, aunadas a la pobreza, son señaladas por expertos como las principales causas que dieron origen a deslaves tras las fuertes lluvias ocasionadas por el huracán Stan, que agravan la fragilidad de los ecosistemas y elevan el riesgo ante este tipo de eventos que sin ser extremos, ocasionan un impacto negativo en el bienestar de la sociedad y rezagan el alcance de los niveles de crecimiento y desarrollo. (IARNA/URL-IIA Perfil Ambiental de Guatemala, 2006).

Para el Huracán Stan, las lluvias intensas en buena parte de su litoral del Pacífico, recibieron cantidades de lluvia que alcanzaron entre 400 y 650 mm. superando, en la mayoría de sitios las cantidades recibidas durante Mitch, el caso de la severa condición lluviosa asociada al huracán Stan, puede considerarse de gran interés, porque se trató de un huracán que apenas alcanzó la categoría 1 en la escala Zaffir-Simpson, y nos enseña que la preparación ante la amenaza debe ser máxima siempre, no solamente cuando se trata de huracanes muy intensos.

Para el Huracán Mitch, las lluvias torrenciales, de difusión geográfica, con prolongación e intensidad de moderada a fuerte (200 mm y 600 mm de lluvia en un periodo de 13 días entre el 25 de octubre y el 6 de noviembre) al final de la época de lluvia de 1998, cuando los suelos se encontraban saturados, la lluvia recibida en estas áreas es burdamente equivalente a la precipitación promedio recibida en el periodo de un año. (Medina B 1998).

Los deslizamientos de tierra representan un fenómeno natural que afecta a todos los ecosistemas montañosos, particularmente aquellos que se encuentran en áreas de elevadas precipitaciones y actividad sísmica. Al día de hoy, sin embargo, los esfuerzos por cuantificar la contribución de este fenómeno a cambios de cobertura de suelo han sido limitados.

En la Sierra de Las Minas, las lluvias asociadas al huracán Mitch transformaron 1,765 ha de bosque, lo que es equivalente a tasas de perturbación por deslizamientos de tierra entre 0.196 (tasa de retorno de 500 años) y 1.290 por ciento siglo⁻¹ (tasa de retorno de 75 años), a pesar de que las tasas de cambio de cobertura vegetal por deslizamientos son menores que por deforestación, se cree que tienen un mayor impacto en estos ecosistemas, por su influencia sobre la vegetación y el suelo (Restrepo y Alvarez, 2005).

Estas condiciones provocaron miles de deslizamientos de tierra tanto en terrenos de pendiente moderada como en terrenos más escarpados y en los bordes de los Ríos al este de Guatemala, en general se presentaron dos tipos de deslizamientos: Menores de 15 Ha. fueron deslizamientos traslacionales y rotacionales que se movilaron hacia flujos grandes, y los mayor extensión (15 y 25 Ha), que algunas veces generaron flujos de escombros. La mayoría de los daños y muertes relacionados con deslizamientos de tierra que ocurrieron durante el Huracán Mitch fueron resultado de los flujos de escombros. (Bucknam, Et. Al, 2001)

En el presente documento se realiza un análisis de los eventos (Mitch-Stan) sobre los factores hidrometeorológicos: tipo de lluvias, deslizamiento, y amenazas antropicas (uso inapropiado del suelo, erosión y deforestación) su frecuencia y tipo de daño, y su relación con sus impactos socioeconómicos y ambientales.

Palabras clave

Huracanes Mitch-Stan, deslizamientos, deforestación, impactos ambientales.

1. INTRODUCCIÓN.

El agua es parte integral de la vida, esta presente en todos los aspectos de los seres vivos, y juega un papel complejo y multifacético para el desarrollo de los humanos y los sistemas naturales; como recurso productivo es esencial para mantener el medio de sustento para las personas mas vulnerables del planeta; pero el agua tiene también posee propiedades destructivas, como lo demuestran recientemente los huracanes y sus inundaciones.

Las amenazas de la seguridad del agua que se visualizan con el cambio climático, a través de el calentamiento mundial y su aumento de temperatura, esta trasformando los patrones en el ciclo hidrológico, con eventos hidrometeorológicos mas recurrentes, extremos y menos predecibles (los cuales se han incrementado a nivel mundial en los últimos 30 años hasta convertirse en la causa del noventa por ciento de las muertes debido a desastres naturales); las interrupciones en los patrones de monzones en asía, la trayectoria de los huracanes en el atlántico, con mayor potencial de lluvia en menor numero de días y aumento en numero de personas afectadas por inundaciones y deslaves, crea inseguridad e incertidumbre respecto a los cursos del agua y plantea el compromiso de las poblaciones para actuar en la mitigación, adaptación y deducción del riesgo, que siguen siendo un desafío mundial. (PNUD 2006)

Las inundaciones pueden ocurrir debido a precipitación alta (regularmente durante la presencia de un fenómeno atmosférico como un huracán o frente frío, con lluvias intensas, continuas y de corta duración), fallas en las represas, derretimiento rápido de nieve, ríos bloqueados, que provocan aumento en los caudales de los ríos y quebradas, que provocan desbordamientos; se convierten en desastres cuando hay asentamientos humanos en tierras aluviales, relacionados con procesos de deforestación avanzada e impacta las áreas de captación y regulación hídrica que desencadenan deslizamiento de tierra, flujos de lodos y avalanchas. En los países en vías de desarrollo las inundaciones y los deslaves son los principales desastres que han golpeado las economías de los pueblos.

En Guatemala las zona mas susceptible a inundaciones es la costa vertiente del pacifico, con mayor densidad de población, con condiciones topográficas de cuencas de respuesta rápida (corto recorrido y fuertes pendientes) y alta precipitación en partes altas, concentrada en 6 meses, entre mayo y noviembre; Otras zonas susceptibles son las cuencas Motagua y Polochic que drenan a la vertiente Atlántida. La susceptibilidad a erosión del país es alta (en 1987, se estimo que el volumen de perdida de suelo anual por erosión era de 1,416.74 toneladas por km²) considerando fuertes pendientes, alta intensidad de lluvia y pobreza, que obliga que estas zonas sean desprovistas de cobertura natural o forestal, para desarrollar cultivos limpios de subsistencia como maíz y frijol; esta erosión genera material sedimentado en las partes planas de las cuencas que incrementan el riesgo a inundaciones al reducir la capacidad hidráulica de los ríos. (IARNA/URL-IIA 2005).

De los factores que han jugado un papel relevante en las recientes catástrofes es la deforestación y avance de la frontera agrícola, debido en gran parte a la interacción entre pobreza, presión demográfica y medio ambiente. Es necesario entonces enfocar la situación también dentro del ámbito demográfico, de políticas para el ordenamiento territorial, conservación de la naturaleza, educación ambiental, entre otras. (CEPAL 2005)

2. DEFORESTACIÓN, INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS.

Los problemas que presenta la inestabilidad de las laderas de las montañas, son uno de los peligros naturales más destructivos del planeta, derrumbes, deslizamientos, flujos, reblandecimiento de terrenos y movimientos complejos ocurren día con día en cualquier parte del mundo.

Los deslizamientos de tierra representan un fenómeno natural que afecta a todos los ecosistemas montañosos, en áreas de elevadas precipitaciones, con escaso drenaje y actividad sísmica, favorecidas por efectos antropicos como, deforestación, urbanización, prácticas agrícolas y de infraestructura inadecuadas. Al día de hoy, sin embargo, los esfuerzos por cuantificar la contribución de este fenómeno a cambios de cobertura de suelo y cuencas mayores han sido limitados.

Utilizamos el término "deslizamiento de tierra" para describir a todos los tipos de fallas de inclinación, deslizamientos rotacionales y traslacionales, flujos de tierra que se mueven despacio, y flujos de escombros de movimiento rápido compuestos de lodo, grava (hasta piedras grandes) y escombros orgánicos que frecuentemente se movilizan de los deslizamientos de tierra. Los flujos de escombros típicamente ocurren en respuesta a períodos de lluvia intensa. La adición de suficientes volúmenes de agua en relación al contenido de sedimento también puede resultar en dilución del flujo de escombros hasta una consistencia de flujo de arroyo. *(Bucknam, Et. Al, 2001)*

Los bosques juegan un papel clave en la protección del suelo contra la erosión y en el almacenamiento de agua. El incremento de la cobertura vegetal en y sobre el suelo mejora el vínculo hidrológico forestal, ya que las hojas de las copas de los árboles y la cobertura vegetal reducen la erosión hídrica, el sistema radicular permite mayor infiltración del agua y retención del suelo, evitando la erosión laminar. La eliminación de bosques incrementa significativamente la escorrentía superficial y degrada los suelos, aumentando el volumen de sedimentos en el cauce de los cursos de agua degradando su calidad y puede taponar drenajes naturales; en suelos expuestos a procesos de erosión el riesgo de deslizamientos es mucho mayor.

En la mayoría de las tormentas pequeñas y pasajeras, las sub cuencas individuales tienden a inundarse en secuencia una después de la otra, cuando la tormenta ha pasado; se sabe que las inundaciones de cuencas amplias dependen más de la intensidad de la lluvia que de la forma en que del uso de la tierra, solo tormentas de larga duración y extremadamente severas afectan a todos los tributarios de un río principal a la vez; tormentas de tal magnitud deberían ser suficientes para saturar la capacidad de absorción de los suelos y causar una escorrentía rápida incluso si la tierra estuviera forestada.

Además de los efectos que causa la deforestación, en el caso concreto de las ciudades, a medida que se expanden las urbanizaciones se agudiza el problema de las inundaciones, territorios que naturalmente tienen vocación para regulación de agua, conservación de biodiversidad, se impermeabilizan y dan problemas de drenaje asociados con deposiciones de sedimentos y basuras en los cauces.

3. EFECTOS DEL HURACAN MITCH.

El 24 de octubre de 1998 la tormenta tropical atlántica Mitch alcanzó la categoría de huracán convirtiéndose en una de las tempestades más destructivas de Centroamérica y el Caribe. Durante la semana siguiente atravesó Honduras, Nicaragua, Guatemala, El Salvador, Belice y Costa Rica, mientras el ojo de la tormenta se mantenía a unos 150 km.

La extensión de su diámetro, fuerza y aparente trayectoria errática estacionaria frente al litoral caribeño de Honduras, acumulo humedad y provocó lluvias torrenciales, inundaciones, deslaves y vientos de alta intensidad. En su punto máximo, durante los días 26 y 27 de octubre, el huracán llegó a la categoría 5 (la más alta en la escala Saffir-Simpson).

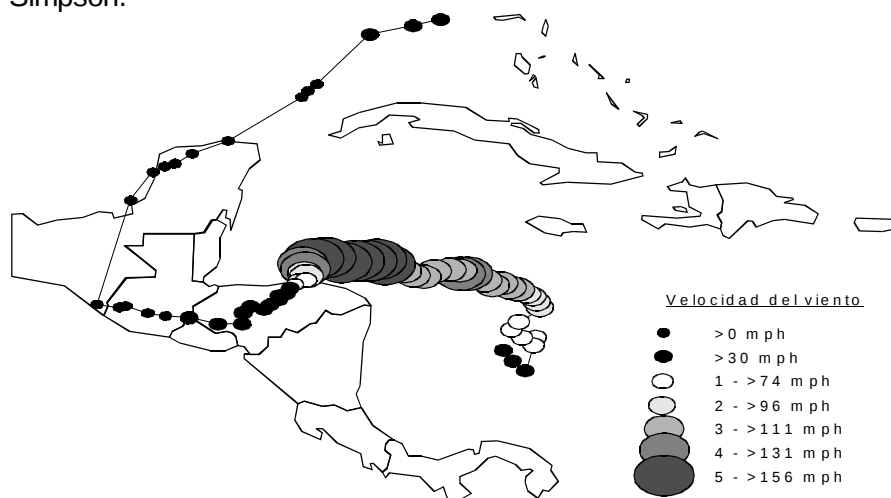


Ilustración 1: Recorrido del Huracán Mitch. **Fuente:** John Hopkins University Applied Physics Laboratory. Copyright 1998 Ray Sterner and Steve Babin

En Guatemala; las áreas más afectadas fueron aquellos valles lacustres noroccidentales de las cuencas del Polochic y del Motagua, la costa sur, la parte central del país, y la costa del Caribe Atlántica. Las lluvias del Huracán Mitch fueron excepcionales debido a que se difundieron geográficamente, prolongándose por un periodo de alrededor de una semana, con una intensidad de moderada a fuerte, y ocurrieron al final de la época de lluvia cuando la tierra ya tenía un alto contenido de humedad, este tipo de lluvia, en tierra saturada o casi saturada, tiene la capacidad de provocar tanto deslizamientos someros como profundos sobre un área grande.

Todas estas áreas recibieron entre 200 mm y 600 mm de lluvia en un periodo de 13 días entre el 25 de octubre y el 6 de noviembre. Las mayores cantidades de lluvia (400 mm a 600 mm) ocurrieron en la parte alta del Valle del Polochic y montañas circundantes y en la Sierra de las Minas. Las menores cantidades de lluvia (200 mm a 400 mm) ocurrieron en las montañas que rodean La Unión, el lado este de la Sierra de las Minas y en la región fronteriza con Honduras, precipitaciones entre 78 y 46 mm/día propiciaron flujo de escombros y fueron las áreas menos estables durante Mitch.

Estas condiciones provocaron alrededor de 11,500 deslizamientos de tierra en un área de 10,000 km² en las regiones afectadas; con promedios de uno a 120 deslizamientos de tierra/km²; tanto en terrenos de pendiente moderada como en terrenos más escarpados y en los bordes de los ríos al este de Guatemala; en general se presentaron dos tipos de deslizamientos: Menores de 15 Ha. fueron deslizamientos traslacionales y rotacionales que se movilaron hacia flujos grandes, y los mayor extensión (15 y 25 Ha), que algunas veces generaron flujos de escombros. La mayoría de los daños y muertes relacionados con deslizamientos de tierra que ocurrieron durante el Huracán Mitch fueron resultado de los flujos de escombros. (Bucknam, Et. Al, 2001).

En la Sierra de Las Minas, las lluvias asociadas al huracán Mitch transformaron 1,765 ha de bosque, lo que es equivalente a tasas de perturbación por deslizamientos de tierra entre 0.196 (tasa de retorno de 500 años) y 1.290 por ciento siglo⁻¹ (tasa de retorno de 75 años), a pesar de que las tasas de cambio de cobertura vegetal por deslizamientos son menores que por deforestación, se cree que tienen un mayor impacto en estos ecosistemas, por su influencia sobre la vegetación y el suelo, además podría ser que las pocas áreas montañosas que están protegidas y representan la única posibilidad para la conservación. (Restrepo y Alvarez, 2005).

Si se combinan con datos de las propiedades físicas de materiales de la capa superficial de la ladera, forma de la ladera y características de la lluvia, los mapas proveen una base para evaluar la susceptibilidad al deslizamiento de tierra de otras áreas similares, además la evidencia anteriores deslizamientos de tierra, es el mejor indicador de una futura actividad de deslizamientos de tierra (Bucknam, Et. Al, 2001)

4. EFECTOS DEL HURACAN STAN.

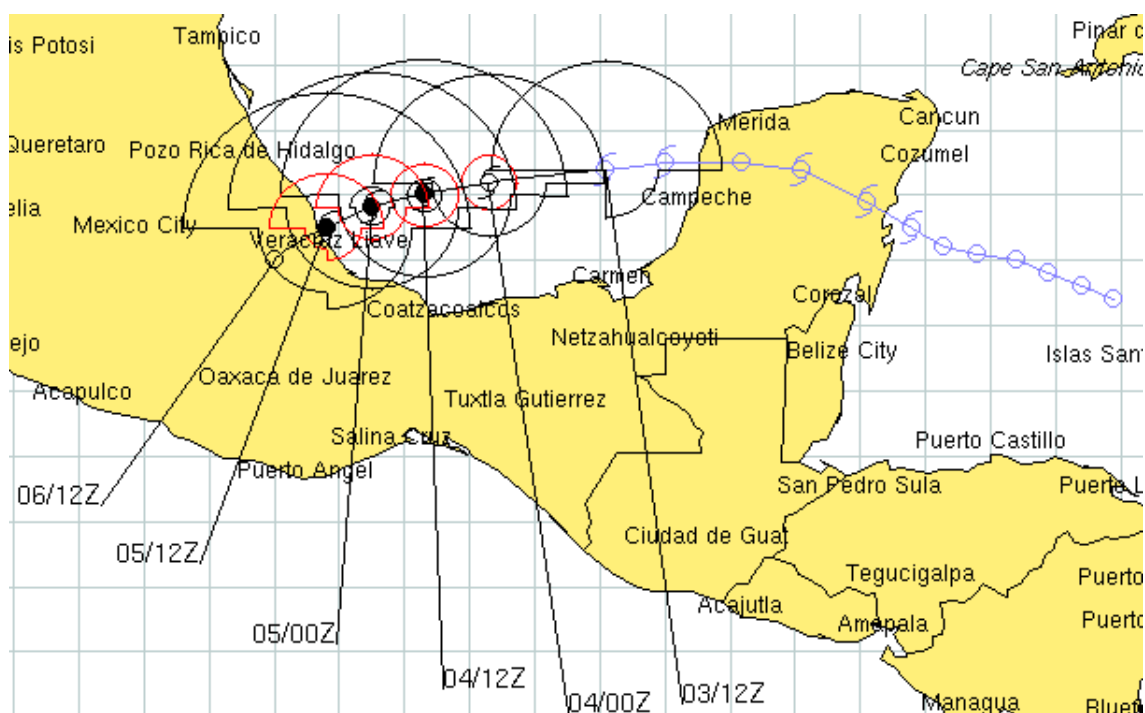


Ilustración 2. Imágenes de la trayectoria del Huracán Stan Fuente: Naval Reserch, Laboratory Marine Meteorology division Monterrey California, Internet.

Stan fue la tormenta tropical No.18 con nombre y el 10º huracán de la muy activa temporada ciclónica del Atlántico en 2005, Inicialmente relativamente débil, alcanzó categoría 1 en la escala Saffir- Simpson al tocar tierra territorio mexicano en el Estado de Veracruz. Su velocidad de desplazamiento fue frenada y transitó lentamente, como tormenta tropical sobre el territorio mesoamericano afectando de manera severa al sureste de ese país, las porciones nor-orientales altiplánicas y costera de Guatemala y El Salvador.

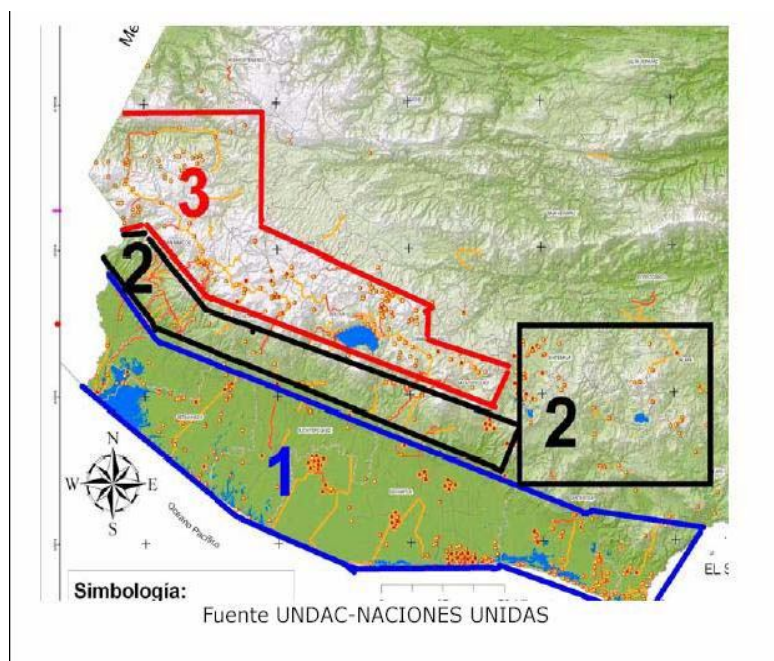


Ilustración 3: Zonas afectadas y tipo de afectación por Stan, modificado de CEPAL 2005.

Las intensas lluvias ocasionadas por el huracán entre el 4 y 5 de noviembre afectó alrededor un tercio territorio nacional en 10 departamentos de la boca costa pacífica y altiplano occidental (Chimaltenango, Escuintla, Huehuetenango, Retalhuleu, Sacatepéquez, San Marcos, Santa Rosa, Sololá, Suchitepéquez y Totonicapán), a través de inundaciones y deslizamientos generalizados, con graves consecuencias sobre vidas, patrimonio, medios de vida y actividades de la población. A través de la ilustración La zona 1, es la costa pacífica fue afectada principalmente por inundaciones, mientras que las tierras altas y las zonas de transición de pie de monte (zonas 2 y 3) fueron principalmente afectadas por deslaves y derrumbes.

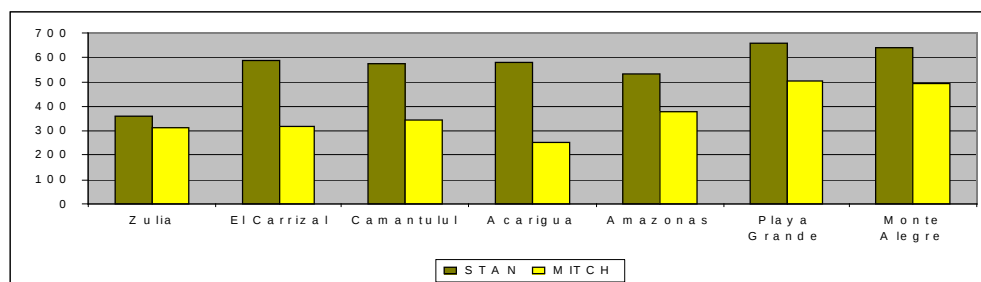


Ilustración 4: Comparación de lluvias en Guatemala entre los huracanes Stan y Mitch al su ingreso por Guatemala FUENTE: (INSIVUMEH), adaptado de Ramirez y Zarate, 2005.

En estas zonas volcánicas de pie de monte, durante los meses lluviosos (Mayo-octubre), se activan las amenazas húmedas por inundación y flujos de lodos, donde existe una correlación directa entre los cambios de espesor de la capa freática y la estabilidad de las laderas, la precipitación acumulada es más importante para la generación de inestabilidad de laderas que la intensidad de una sola tormenta. (CBNDR-RAPCA, 2003)

Los deslizamientos ocurridos durante Stan muestran que la mayoría de las comunidades afectadas estaban asentadas sobre abanicos aluviales dentro corrientes aluviales y son susceptibles de ser afectados por inundaciones y flujos de detritos; que a su vez desencadenan flujos de lodos y escombros que han sido catastróficos; La máxima ocurrencia del origen de los flujos de escombros sucede, cuando el ángulo del talud varía entre 30-50° grados, pero la zonas mas críticas se refieren al sitio de formación de

abanicos aluviales o depositación de la carga sedimentaria de los flujos de escombros, que es cuando las pendientes tienen menos de 15 grados de inclinación. (Cordillera 2007)

Cuando ocurre un fenómeno natural extremo, como la tormenta tropical Stan, surgen cambios en el medio ambiente causados por los deslaves, derrumbes, e inundaciones y suelen producirse daños al capital natural, así como pérdidas de servicios ambientales. Los daños son producto de cambios en la cantidad o calidad de los activos ambientales como la pérdida de suelo, pérdida de vegetación arbórea y cultivos, arrastre de sedimentos y escombros a cuerpos de agua, pérdida de calidad y/o cantidad de agua disponible, cambios en la dinámica de los ecosistemas, entre otros.

La evaluación de pérdida de suelo, en la zona de desastre, a través de la ecuación universal de pérdida de suelo por erosión hídrica, estimada que a partir de una pérdida promedio de suelo de 12.45 toneladas/ha y analizando solo el 80% de zonas de ladera, la pérdida de tierra es de 719 mil hectáreas, que arroja una pérdida de 9,027,483 toneladas de suelo, cuyo valor económico de uso equivalente es de 308.7 millones de quetzales. Estos daños agravan la fragilidad ambiental y elevan el riesgo frente a este tipo de eventos que, sin ser extremos, ocasionan un impacto negativo en el bienestar de la sociedad y rezagan el alcance de niveles de crecimiento y desarrollo (CEPAL 2005, IARNA/URL-IIA 2006, CONAP 2007).

5. IMPACTOS ECONOMICOS DEL LOS HURACANES MITCH Y STAN.

El Huracán STAN, según expertos fue peor que el Mitch, desde el punto de vista económico, social y ambiental, con mayor cantidad de muertos y daños materiales, especialmente en la red vial del país; daño regiones con mayor población y pobreza, quedando al descubierto la marginalidad en que viven cientos de familias. Entre las actividades antropogénicas que magnificaron o que fueron la causa directa de los daños, se encuentran: la deforestación, la sobreexplotación del suelo, la inadecuada disposición de desechos sólidos, y la ubicación de viviendas e infraestructura sin tomar en consideración las condiciones biofísicas del medio.

Solamente por los desastres ambientales provocados por las tormentas tropicales Mitch y Stan Guatemala se ha perdido más de lo que se ha invertido por parte de toda la economía en los 8 años del período entre tormentas (puentes y carreteras, viviendas, infraestructura productiva y de servicios, cultivos, etc.). En esas pérdidas hay costos aún no considerados como asolvamiento de presas para producción de energía eléctrica, riego, agua potable. Ello implica un freno muy significativo al crecimiento y desarrollo del país. Para prevenir las pérdidas es necesario reforestar y construir infraestructura antidesastres.

Para el estado y sociedad sería rentable y una prioridad invertir en lo ambiental, habrá que reforestar las áreas de captación y regulación hídrica que en la mayoría de casos se encuentran ubicadas en terrenos comunales y municipales, con lo que mediante el pago de servicios ambientales se podría utilizar recursos financieros para invertir en la creación de riqueza con formas asociativas de producción y reducción de la pobreza (CONAP 2007).

Resumen de Daños, Pérdidas e Inversiones necesarias por las Tormentas Tropicales Mitch y Stan					GASTOS DEDICADOS AL PRODUCTO NACIONAL BRUTO A PRECIOS DE MERCADO AÑOS: 1990 - 2006 (Millones de quetzales de cada año) Variación de Existencias de la Formación Geográfica Bruta de Capital Fijo	
	Mitch 1,998	Stan 2,005	Total			De 1,990 a 2,006
			US \$ millones	Q millones	Total	54,063.1
Inversión Requerida	623.5	1,450.2	2,073.7	15,552.78	Promedio anual	3,378.9
Daños y pérdidas	748.0	988.3	1,736.3	13,022.25	Nº de años necesarios para la recuperación	8.5
Total	1,371.5	2,438.5	3,810.0	28,575.03		

Tabla 1: GUATEMALA: RIESGOS AMBIENTALES, RESUMEN DE ALGUNOS DE LOS EFECTOS ECONOMICOS DE MITCH Y STAN Probablemente una economía fallida por desastres ambientales (vulnerabilidad ambiental a tormentas tropicales). ADAPTADO DE CONAP 2007. FUENTE: Portal de Internet del Banco de Guatemala (www.banguat.gob.gt)

6. CONCLUSIONES.

Guatemala por su posición geográfica, formación geológica, nivel de desarrollo y capacidad de adaptabilidad al cambio climático es un país vulnerable y susceptible a eventos como huracanes y tormentas con sus efectos conexos.

Las zona mas susceptible a inundaciones son las cuencas del Polochic y Motagua de la costa del Caribe Atlantica, y la costa vertiente del pacifico sur, que posee la mayor densidad de población, con condiciones topográficas de cuencas de respuesta rápida (corto recorrido y fuertes pendientes) y alta precipitación en partes altas, concentrada, entre mayo y noviembre;

Las áreas con mayor propensión a deslizamientos son áreas muy pobladas y en las que existen las actividades productivas importantes en tierras altas del altiplano occidental y las zonas de transición de pie de monte volcánico con evidencia de deforestación, sobreexplotación del suelo, inadecuada disposición de desechos sólidos, y la ubicación de viviendas e infraestructura asentadas en zonas corrientes aluviales anteriores.

Coincidentemente estos eventos Mitch-Stan ocurrieron al final de la época lluviosa, cuando los suelos y acuíferos estaban ya saturados, donde la mayoría de las áreas afectadas recibieron entre 200 mm y 600 mm de lluvia en periodos entre 6 a 12 días; precipitaciones entre 46 y 78 mm/día propiciaron los flujos. La mayoría de los daños y muertes relacionados con deslizamientos de tierra que ocurrieron durante el Huracán Mitch fueron resultado de los flujos de escombros, en cambio para el Stan fueron los Flujos de detritos.

Entre los Huracanes Mitch y Stan hubo una diferencia de 7 años, el impacto del Stan fue mayor desde el punto de vista del numero de fallecidos, impactos socioeconómicos y ambientales; a pesar que apenas llego a categoría numero uno, impactó sobre todo los sectores sociales y las condiciones de vida de los grupos más vulnerables de la sociedad Guatemalteca que rezagan el alcance de niveles de desarrollo; Si bien las lecciones aun nos están aprendidas del todo, las evaluaciones hacen un llamado para poner mayor atención a los instrumentos de política, marcos regulatorios y jurídicos e instrumentos económicos de gestión ambiental y reducción de riesgo.

7. REFERENCIAS.

- Bucknam, R.C., J.A. Coe, M. M. Chavarria, J.W. Godt, A. C Tarr, L. A. Bradley, S. Rafferty, D. Hancock, R. L. Dart, and M. L. Johonson. 2001 Landslides Triggered By Hurricane Mitch In Guatemala. Inventory And Discussion. Usgs Open File Report 01-443.
- Capacity Building for natural disaster reduction (CBNDN), Regional Action Program for Central America (RAPCA), 2003. Zonificación de amenazas naturales en la cuenca del Río Samalá y análisis de vulnerabilidad y riego en la población de San Sebastián Retalhuleu, Guatemala, C.A.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe Latina y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. 2005. Efectos en Guatemala de las lluvias torrenciales y la tormenta tropical Stan, octubre de 2005. Guatemala. (CEPAL-SEGEPLAN)
- Comision de áreas protegidas –CONAP 2007. Sistematización de experiencias de compensación de servicios ambientales hídricos en Guatemala. Gestión de áreas protegidas y la Biodiversidad de Guatemala.
- Cordillera, S.A. 2007, informe final Diagnostico de Riesgos por deslizamientos y Flujo de detritos en Santiago Atitlán, Sololá.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Rafael Landivar y Asociación Instituto Incidencia Ambiental. 2006. Perfil ambiental de Guatemala. Tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental. IARNA/URL-IIA. Guatemala.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Rafael Landivar y Asociación Instituto Incidencia Ambiental. 2005. Situación del Recurso Hídrico en Guatemala. IARNA/URL-IIA. Guatemala.
- Medina B, 1998, El Huracán Mitch, su efecto en la producción del café y su plan de contingencia, revista agricultura S.A. Año 1, No.11
- Ramirez P, Zarate E 2005 Año de récord hidrometeoro lógicos en Centroamérica, Comité Regional De Recursos Hidráulicos Del Istmo Centroamericano (CRRH) Organismo especializado del Sistema De La Integración Centroamericana (SICA)
- Restrepo C, Alvarez N. 2000. Landslides and their impact land-cover in themountains of Mexico and Central America University of Puerto Rico Rio Piedras. Departamento de Recursos Naturales, San Juan, Puerto Rico,
- USAID/G-CAP, MAYO 2000 Chemonics International Inc.CEPAL, /UNEP/LAC-IGWG.XII, FEB 2000, Panorama del impacto ambiental de los recientes desastres naturales en America Latina y el Caribe.
- Sistema de Naciones Unidas. 2006. PNUD Informe de desarrollo humano. Más allá de la escasez.

- Schuster, R.L., Bucknam, R.C., and Mota, M.A., 2001, Stability assessment of a Hurricane Mitch-induced landslide dam on the Rio la Lima, Sierra de las Minas, eastern Guatemala: U.S. Geological Survey Open-File Report 01-120, 7 p.
- <http://www.disaster-info.net/newsletter/101/esp/huracanes.htm> (OPS, Desastres preparativos y mitigación en las ameritas, Boletín 101, OCT 2005)
- <http://www.alianzamountanas.org/issues/hazards.html>