

**CAPACITY BUILDING FOR NATURAL DISASTER REDUCTION (CBNDR)
REGIONAL ACTION PROGRAM FOR CENTRAL AMERICA (RAPCA)**



**Zonificación de Amenazas Naturales en la cuenca del río Samalá y
Análisis de vulnerabilidad y riesgo en la población de San Sebastián
Retalhuleu, Guatemala, Centro América**

Guatemala, septiembre 2003

Para mayor información contactar:

Dr. Cees van Westen
International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC)
P.O. Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands
E-mail: westen@itc.nl

Información sobre los resultados del proyecto RAPCA pueden ser obtenidos en la página de internet referenciada a continuación:

<http://bb.itc.nl>

Username: UNESCO

Password: RAPCA

Seleccione: Organizations in which you are participating: UNESCO RAPCA

PRESENTACIÓN

El **Programa de Acción Regional para Centro América (RAPCA**, por sus siglas en inglés) está incluido en el Programa *Capacity Building for Natural Disaster Reduction* (CBNDR), ambos financiados por el Gobierno de Holanda y administrados por la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura y las Artes (UNESCO).

En Centro América, la coordinación del Programa ha corrido a cargo del Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC) mientras que la ejecución de cada Proyecto Nacional ha sido encomendada a las Instituciones encargadas de la Reducción y Manejo de los Desastres Naturales en cada país bajo la asesoría técnica del Instituto Internacional de Ciencias de Geo-información y Observación Terrestre (ITC), Holanda.

De tal cuenta, en Guatemala se realizó un estudio de Amenazas Naturales (inundaciones, deslizamientos y actividad volcánica) en la cuenca del río Samalá integrado al análisis de Vulnerabilidad y Riesgo en la población de San Sebastián, Retalhuleu; se implementó un Centro de Zonificación de Amenazas Naturales (CEZAN) en las instalaciones de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos y se organizaron diversas actividades de capacitación y divulgación de resultados. Las diferentes componentes del estudio fueron planificadas y conducidas por profesionales de cada área, funcionarios de Instituciones Nacionales e Internacionales relacionadas con el tema de la Gestión de Riesgo.

Sirva la presentación de los resultados de dicho estudio para agradecer profundamente a todos aquellos profesionales que de una u otro forma han hecho de este proyecto un ejemplo exitoso de coordinación inter-institucional y camaradería.



Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)
Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)

Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Facultad de Agronomía (FAUSAC), Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS), Universidad de San Carlos de Guatemala

GRUPOS DE TRABAJO

COORDINADORES NACIONALES

Grupo RAPCA Guatemala

Edy Manolo Barillas, Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), Oficina Guatemala
Estuardo Lira Prera, Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), Oficina Guatemala
Mario Rodríguez Carrillo, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

ASESORES INTERNACIONALES

Cees van Westen y Koert Sijmon, Instituto Internacional de Ciencias de la Geo-información y Observación Terrestre (ITC), Holanda
Teo van Asch, Facultad de Ciencias Geográficas, Universidad de Utrecht, Los Países Bajos

SOPORTE ADMINISTRATIVO Y LOGÍSTICO

Sabine Maresch, Instituto Internacional de Ciencias de la Geo-información y Observación Terrestre (ITC)
Alejandro Maldonado L., Secretario Ejecutivo CONRED
Juan Pablo Ligorria, Sub-secretario Ejecutivo CONRED
Tatiana Acuña, Unidad de Planificación Estratégica, CONRED
Cecilia Zamora, Unidad de Planificación Estratégica, CONRED

PREPARACIÓN DE INFORMACIÓN

Lorena Aguilar, Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), Oficina Guatemala
Jorge Cárcamo, Departamento de Cartografía, Instituto Geográfico Nacional (IGN)
Billy Pineda, Unidad SIG, Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)
Alejandra Chupina, Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Universidad de San Carlos de Guatemala

AMENAZA ANTE INUNDACIONES

Elfego Orozco, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS), Universidad de San Carlos
Pedro Tax, Departamento de Hidrología, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)
Guillermo Santos, Facultad de Agronomía (FAUSAC), Universidad de San Carlos

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LADERAS

Ivo Thonon, Facultad de Ciencias Geográficas, Universidad de Utrecht, Los Países Bajos
Manuel Mota, División de Geofísica, INSIVUMEH

OCURRENCIA DE FLUJOS PIROCLÁSTICOS

Estuardo Lira Prera, Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), Oficina Guatemala
Manolo Barillas, Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), Oficina Guatemala
Gustavo Chigna, Departamento de Vulcanología, INSIVUMEH

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

Graciela Peters, Instituto Internacional de Ciencias de la Geo-información y Observación Terrestre (ITC)
María Eugenia García, Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)
Alfredo Arévalo, Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), Oficina Guatemala

PREPARACIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Juan Gabriel Figueroa, Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)

INDICE

1	RESUMEN.....	1
2	INTRODUCCIÓN.	2
3	MARCO GEO-DINÁMICO GENERAL Y ANTECEDENTES.	3
3.1	Ubicación geográfica.	3
3.2	Actividad geo-dinámica del área.....	4
3.3	Régimen hidro-meteorológico.	9
3.4	Eventos y desastres históricos.....	10
4	METODOLOGÍA Y RESULTADOS.	15
4.1	Análisis geomorfológico de la Cuenca del río Samalá.	15
4.2	Análisis de lluvia, caudales y amenaza por Inundación en la Cuenca Samalá.	19
4.3	Análisis de estabilidad de laderas en la sub-cuenca Nimá I.....	26
5	Unidad Litológica.....	27
5.1	Análisis de amenaza por flujos piro-clásticos del Volcán Santiaguito.	29
5.2	Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo en el poblado de San Sebastián, Retalhuleu.	34
6	PREPARACIÓN Y RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS.....	41
7	DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	43
8	REFERENCIAS.....	44
8.1	SITIOS DE INTERNET	46

1 RESUMEN.

Se realizó el análisis de amenazas naturales por inestabilidad de laderas, inundaciones, ocurrencia de flujos piroclásticos y lahares con el propósito de cuantificar el impacto que estos fenómenos tienen sobre las más de 300,000 personas que habitan la región. La dinámica geo-hidrológica de la cuenca del río Samalá (de 1,500 km² de superficie) y del complejo volcánico Santa María-Santiaguito provoca la ocurrencia periódica de oleadas y flujos piroclásticos, lahares e inundaciones repentinas (*flash floods*) que ocasionan impactos directos sobre la infraestructura básica (Carretera Panamericana y Puente “Castillo Armas”), los centros poblados (principalmente San Felipe, San Sebastián y Retalhuleu) y en general, sobre la actividad agrícola y ganadera de la región.

Para la determinación de las planicies de inundación del río Samalá se utilizó el método clásico de cálculo de caudales máximos a partir del procesamiento de series de datos históricos del propio río o cuencas vecinas. Los caudales para períodos de 100, 50, 25 y 10 años se utilizaron para un modelado espacial por medio del programa HEC-RAS. Se logró determinar que las crecidas máximas del río Samalá no afectan directamente a San Sebastián, en comparación con los daños que le ocasionan otras corrientes menores, pero que si pueden provocar enormes daños sobre la Carretera Panamericana.

El análisis de la inestabilidad de laderas se realizó en la sub-cuenca del río Nimá I por considerar que es una de las mayores fuentes de detritos para la formación de flujos de lodo que luego son encausados al río Samalá. Se utilizó un modelo semi-determinístico bajo ambiente SIG llamado *Catch* el cual simula el comportamiento de las laderas bajo parámetros hidrológicos y geo-mecánicos que intervienen durante la ocurrencia de deslizamientos. Aparentemente, las mayores inestabilidades en la sub-cuenca no suceden durante la ocurrencia de un fenómeno extremo como el ocurrido en 1998 (Huracán Mitch), sino es mucho más importante el comportamiento de la lluvia en períodos anteriores.

Finalmente, se utilizó el modelo del “Cono de Energía” para determinar las zonas que serían afectadas por flujos piroclásticos en los alrededores del Volcán Santiaguito a partir de ecuaciones que relacionan la altura teórica de la columna eruptiva, energía de colapso, configuración topográfica del terreno y ubicación del cráter. A pesar que los grandes centros urbanos no serían afectados directamente por columnas de hasta 2,500 m de altura se considera que al menos 120 centros poblados menores podrían experimentar algún impacto directo o indirecto.

Se determinaron también los niveles de riesgo en el poblado de San Sebastián ante inundaciones como las ocurridas durante el Huracán Mitch. Se realizaron entrevistas directas a pobladores afectados por dicho evento en el cual se investigó el daño causado a la vivienda y su contenido, la altura del nivel de agua y otros parámetros de calidad de la construcción y factores socio-económicos. El resultado de la integración de estos parámetros por medio de curvas o funciones de vulnerabilidad demuestra que para este tipo de eventos se pueden esperar pérdidas combinadas de hasta Q88 mil/vivienda (unos \$10 mil/vivienda), principalmente por los daños esperados en los contenidos de las viviendas más que en la edificación en sí.

2 INTRODUCCIÓN.

El registro de eventos catastróficos en el complejo volcánico Santa María-Santiago se remonta a principios del siglo pasado cuando sucedió la poderosa erupción pliniana del Volcán Santa María (25 de octubre de 1902) considerada como una de las diez más grandes del siglo con un VEI=6 (de Newhall y Self, 1982), columnas eruptivas de hasta 28 km de altura, producción de entre 5-10 km³ de material dacítico y al menos 5,000 personas muertas (Sapper, 1903; Rose, 1972). A finales de 1922, y en el interior del cráter producto de la erupción recién pasada, se empezó a formar un domo lávico dacítico que se ha mantenido activo desde entonces y al cual se le dio por nombre Santiago. Justo 7 años después de su nacimiento, el Volcán Santiago registró uno de sus eventos más catastróficos ya que produjo un flujo piroclástico de considerable volumen ($1,5 \times 10^7 \text{ m}^3$) que se extendió a más de 10 km de distancia y pudo haber matado desde varios cientos hasta 5,000 personas (Mercado y colaboradores, 1988). Una gran cantidad de trabajos científicos han contribuido a ampliar el conocimiento sobre este activo complejo volcánico (Sapper, 1903; Sapper, 1904; Rose, 1987a y b).

A pesar de los grandes eventos ya mencionados, está bien claro para muchos autores y los pobladores de la región que los materiales volcánicos aportados a la red hidrográfica local constituyen el mayor problema hacia las poblaciones, infraestructura crítica y actividad agrícola de la zona ya que año con año han ocurrido y ocurren destructivos “flujos de lodo” que han provocado destrucción de pueblos enteros como El Palmar – entre 1983 y 1984 (5,400 habitantes), daños considerables a la Carretera Panamericana – entre 1988 y 1993 y amenazan con seguir perturbando la actividad socio-económica de la región. No se descarta la posibilidad de que vuelvan a ocurrir grandes erupciones en el complejo volcánico y se siguen monitoreando los eventos hidro-meteorológicos periódicos que en conjunto mantienen bajo constante amenaza a más de 300,000 personas.

El diseño e implementación de medidas de mitigación y protección ante los fenómenos de impacto (lahares e inundaciones) debe estar basado en consideraciones técnicas emanadas de estudios y análisis científicos ya que hasta el momento, las bordas de protección construidas en la margen occidental del río Samalá (con un costo de hasta \$100 mil) y las actividades de dragado en el tramo del Puente “Castillo Armas” (que le cuesta al Gobierno Local hasta \$500 mil anuales) no han sido suficientes para contenerlas. Al mismo tiempo, el conocimiento de las zonas de afectación de los diferentes fenómenos (Mapas de Amenaza) permitirá a los Organismos Nacionales la optimización de los recursos y fortalecer los niveles de organización comunitaria y preparación ante emergencias de todas las comunidades amenazadas, que en su conjunto pueden sobrepasar los 120 centros poblados (entre fincas, caseríos, aldeas y ciudades).

3 MARCO GEO-DINÁMICO GENERAL Y ANTECEDENTES.

3.1 Ubicación geográfica.

La cuenca del río Samalá abarca una superficie aproximada de 1,500 km², en su mayoría comprendidos en el departamento de Retalhuleu y en menor parte Quetzaltenango, con una longitud máxima de 100 km y un ancho máximo aproximado de 35 km (ver Fig. 1).

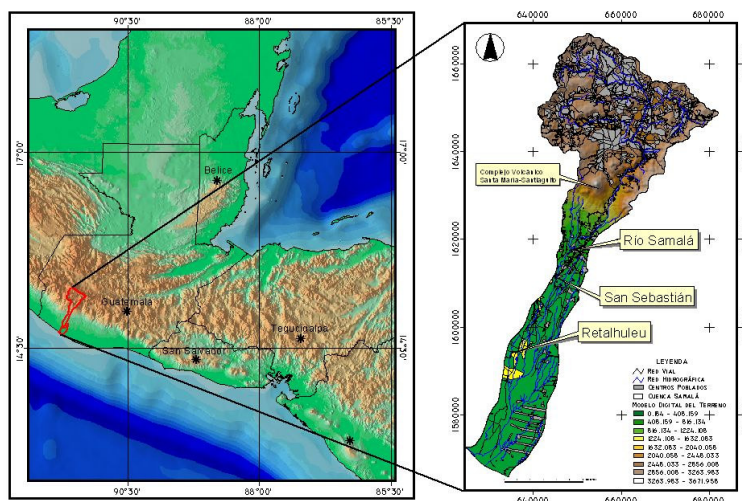


FIG. 1 MAPA DE UBICACIÓN GENERAL Y ELEMENTOS BÁSICOS CUENCA RÍO SAMALÁ, GUATEMALA, CENTRO AMÉRICA

Es una de las cuencas con más alta incidencia de desastres naturales en Guatemala, entre ellos se incluyen inundaciones anuales por el río Samalá, actividad moderada del volcán Santiaguito, lahares y flujos de lodo derivados de la interacción del volcán Santiaguito y río Samalá y deslizamientos en la parte media-alta.

En su jurisdicción están ubicadas la cabeceras departamentales de Retalhuleu y Quetzaltenango y otros municipios importantes como San Sebastián, Santa Cruz Muluá, San Martín Zapotitlán, San Felipe (Retalhuleu) y El Palmar, Zunil, Cantel y Almolonga (Quetzaltenango), por lo que se estima que la población afectada directa o indirectamente podría alcanzar las 350,000 personas (Diccionario Geográfico de Guatemala, 1983; Instituto Nacional de Estadística, 2003).

En los últimos años, por medio de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) se han implementado diversos proyectos de Reducción de Desastres, siendo los más importantes el del Sistema de Alerta Temprana de la Cuenca (RELSAT) y el Fortalecimiento de Estructuras Locales para la Gestión del Riesgo (FEMID), ambos ejecutados con fondos de la Agencia Técnica de Cooperación Alemana (GTZ), y que contribuyeron a elevar los niveles de organización y capacitación Departamental, Municipal y Local en el área de estudio. Recientemente, se ha venido ejecutando el Programa de Acción Regional para Centro América (RAPCA) con fondos del Gobierno de Holanda, administrado por UNESCO y CEPREDENAC y con la asistencia técnica del ITC y Universidad de Utrecht (Holanda) y el *U.S.Geological Survey* bajo el cual se han ejecutado los diferentes estudios incluidos en el presente informe.

3.2 Actividad geo-dinámica del área.

- **Zona de subducción del Pacífico.**

La configuración geo-tectónica del territorio guatemalteco está gobernada por la triple unión de las placas de Norte América y Caribe, a lo largo de la zona de falla Polochic-Motagua, y Cocos y Caribe, a lo largo de la Trinchera Mesoamericana o Zona de Subducción, lo cual ha generado una amplia gama de estilos de deformación, unidades litológicas y vulcanismo-sismicidad activa (Spencer, 1977; Case *et. al.* y Burke *et.al.*, en The Caribbean-South American Plate Boundary and Regional Tectonics).

Aparentemente, la zona de falla Polochic-Motagua, no ha tenido mayor influencia en la configuración geo-tectónica del área de Retalhuleu-Quetzaltenango. Por el contrario, la constante subducción de la placa oceánica de Cocos por debajo de la placa continental del Caribe (a razón de 9 cm por año- von Huene, 1989) ha provocado innumerable cantidad de sismos de moderada profundidad y actividad volcánica a lo largo de la Costa del Pacífico, incluyendo el complejo volcánico Santa María-Santiago (Fig. 2).

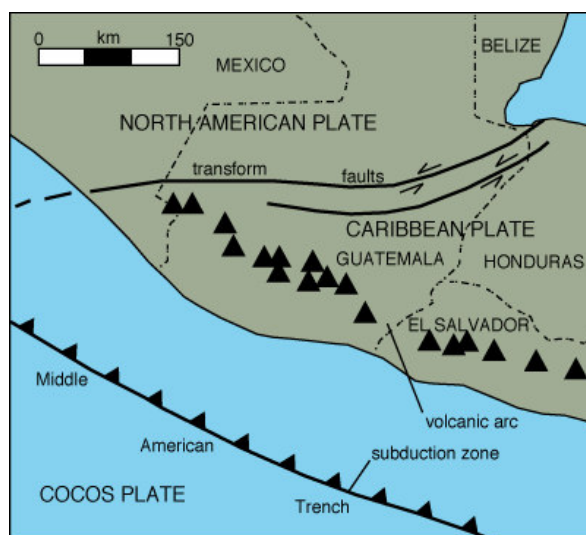


Figura 2. Zona de subducción (línea dentada) a lo largo de la Costa del Pacífico dividiendo la placa de Cocos y del Caribe. Nótese el paralelismo del Cinturón Volcánico producto del proceso permanente de subducción. La zona de falla Polochic-Motagua (al norte de los volcanes) divide la placa del Caribe con la de Norte América (modificada de Duffield y colaboradores, 1989).

En la Figura 3 se observa la sección transversal hipotética de una zona oceánica-continental con un crecimiento de corteza la dorsal oceánica (*oceanic ridge*), algunas islas oceánicas y una zona de subducción de tipo arco-isla o margen tipo Andeano. Inicialmente, se produce magma basáltico en la dorsal y forma, junto con los sedimentos, la corteza oceánica la cual es desplazada hacia la zona de subducción la cual inicia en las inmediaciones de la Trinchera Oceánica. Esta corteza oceánica basáltica es la que se hunde bajo la corteza continental y a cierta profundidad sufre una transformación a anfibolita y eclogita y luego, a más de 100 km, inicia el proceso de fusión parcial a magma que se eleva a la superficie para formar volcanes basáltico-andesíticos y los arcos de islas (Spencer, 1977).

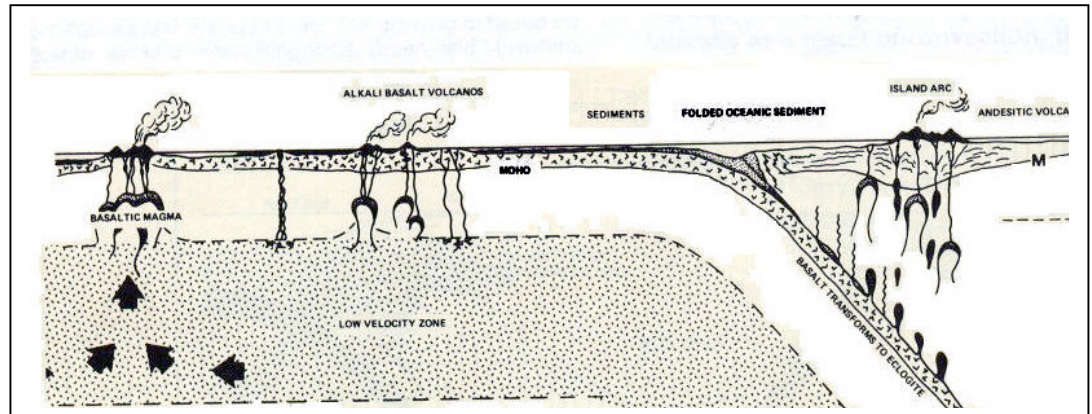


Figura 3. Sección transversal de un límite de placa convergente (Zona de Subducción). Tomado de Spencer, 1977.

La sismicidad registrada en el área, desde 1984 hasta la fecha, muestra más de 1,800 eventos de magnitud mayor de 4 Richter los cuales varían en un rango de profundidad de 0.1 a 99.6 kms. Como puede observarse en la Fig. 4 la densidad de ocurrencia disminuye al alejarse de la línea costera y de la influencia de la zona de subducción. Los pocos sismos que se observan tierra adentro (de menor magnitud) están relacionados a eventos tectónicos locales o actividad volcánica.

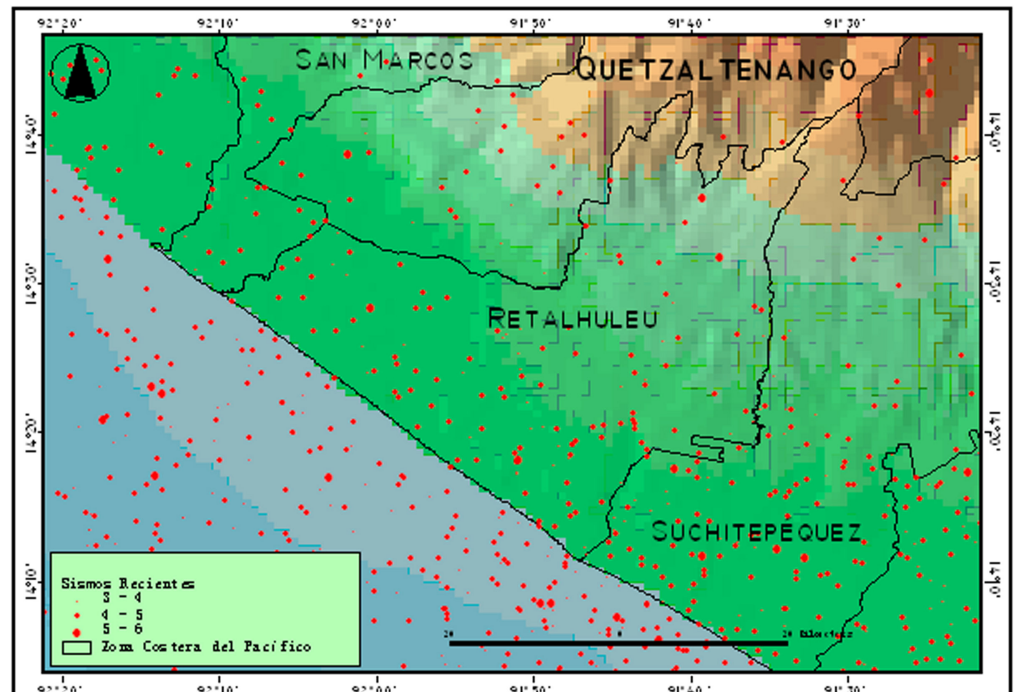


Figura 4. Eventos sísmicos ($M > 4$) registrados desde 1984 hasta la fecha en la región de Retalhuleu (datos proporcionados por el Departamento de Sismología del INSIVUMEH).