

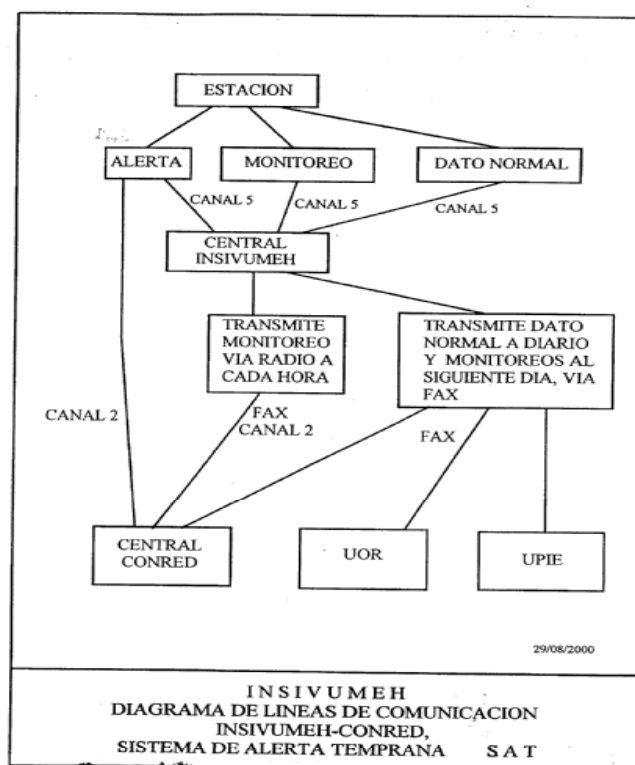


Figura 2.3.2-4 Diagrama de Comunicación de la Información de Alerta

2) Datos Hidrológicos

Los datos disponibles que ofrece INSIVUMEH actualmente son los siguientes.

Desde 1966 hasta 1986 se elaboraban los informes anuales que resumían los datos de observación. En estos anuarios se presentan los datos clasificados por cada estación de observación sobre el caudal diario, caudal máximo y mínimo de cada mes, caudal promedio mensual, caudal total mensual. A partir de 1986 se dejó de confeccionar este informe.

Los datos actuales de observación hidrológica son solamente del nivel de agua, y se clasifican según métodos de observación, es decir, lectura visual por observadores, registro automático, y observación por sistema satelital.

- Datos tomados por observadores:

Se reporta un informe mensual que lleva registrados los datos del nivel de agua observado 2 veces al día, una en la mañana y otra en la tarde. Se tienen guardados estos datos desde 1986 hasta la fecha de hoy.

- Datos tomados por registradores automáticos:

Desde 1962 hasta hoy se tienen guardados en el papel de registro.

- Datos tomados por el sistema satelital:

El sistema fue implementado en junio del año 2000. Los datos observados se pueden ver en la página de Internet de USGS, Distrito del Caribe (<http://pr.water.usgs.gov/>). Los

datos se actualizan en cada 15 minutos. (Figura 2.3.2-5)

Estos datos solamente reflejan la observación periódica del nivel de agua, por consiguiente no se han elaborado hidrogramas basados en el nivel de agua en inundaciones o la observación continuada de caudales. Aunque hay registros automáticos señalados en papel, no están bien clasificados como para utilizar el informe.

Para realizar una simulación de inundaciones faltan los datos relacionados con los caudales en momentos de gran precipitación.

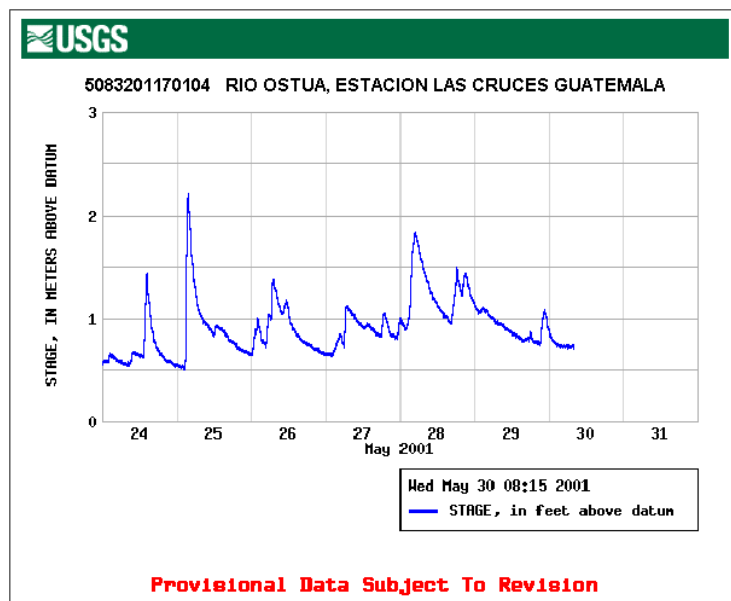


Figura 2.3.2-5 Datos de Nivel de Agua por USGS

No quedan los datos de observación del huracán Mitch, ya que las estaciones de observación hidrológica fueron dañadas. Sin embargo en los informes de INSIVUMEH se reportan los datos del nivel máximo y la estimación del caudal máximo de siete estaciones de observación (Tabla 2.3.2-2).

Por otro lado en cuanto a los datos meteorológicos, todas las estaciones tienen disponibles los datos de precipitación por día, y en los informes aparecen los gráficos de fluctuación de precipitación y un mapa de distribución de precipitación por el Huracán Mitch.

Tabla 2.3.2-2 Esguerrimiento y Período de Retorno de los Eventos Históricas y el Caso del Huracán Mitch

No.	Estación	Esguerrimiento por MITCH m3/s	Esguerrimiento Histórico m3/s	Período estimado de retorno
1	San Luis Las Carretas	35,76	8,63	>20años
2	Camotán	1880,06	664,10	>30años
3	Malacatán	508,00	812,70	>30años
4	Alotenango	146,41	28,24	>30años
5	Morales	2214,27	1945,13	>30años
6	Puente Orellana	1742,93	1507,00	>30años
7	Panajax	1003,00	833,41	>30años

(5) Información Sismológica

1) Observación sísmica

Se ha establecido una red básica de estaciones sísmicas que funciona y se monitorea en el INSIVUMEH. Esta red está compuesta de una combinación de estaciones sísmicas, estaciones repetidoras, y una estación central para recolectar y procesar datos. Las estaciones sísmicas se conectan por unidades de radiocomunicación de alta frecuencia (UHF) que funcionan con la energía solar. Unas 46 estaciones sísmicas se han establecido en Guatemala, sin embargo, debido a la reciente guerra civil y consecuentes problemas muchas fueron destruidas, perdidas o no están funcionando. La ubicación de las estaciones actuales en operación se indica en la Figura 2.3.2-6, y sus nombres están en la lista de la Figura 2.3.2-3.

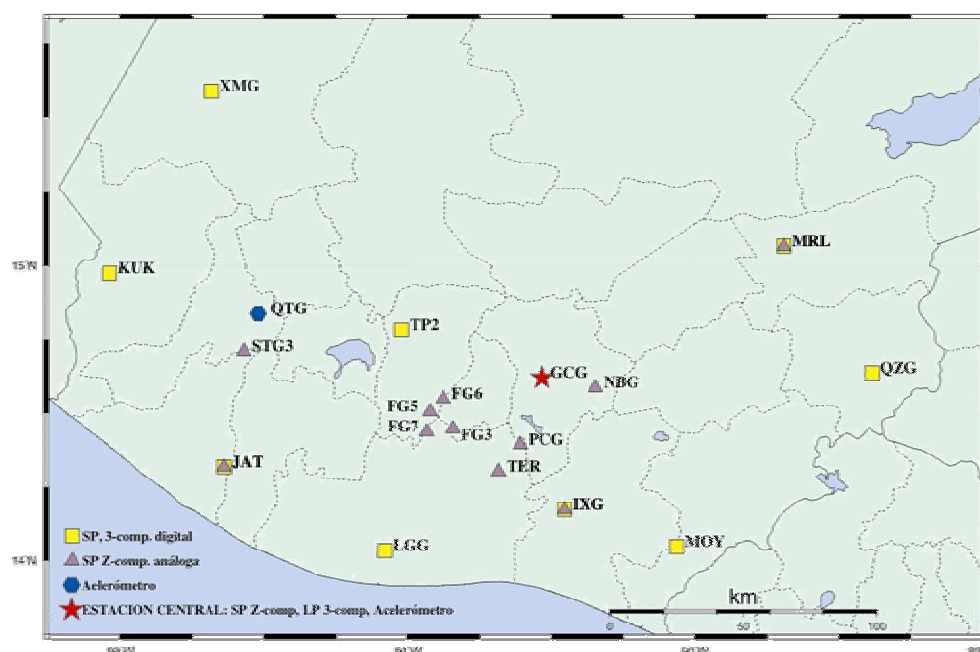


Figura 2.3.2-6 Estaciones en operación para la observación sísmica (2003)

Tabla 2.3.2-3 Estaciones Sísmicas

Estación		Distancia aproximada desde la Ciudad capital (Km)
Nombre	Código	
GUATEMALA	CGC	0
PACAYA	PCG	60
TERRANOVA	TER	88
EL JATO	JAT	260
SANTIAGUITO 3	STG3	230
FUEGO 2	FG2	75
FUEGO 3	FG3	70
FUEGO 7	FG7	120
LAS NUBES	NBG	70
MÁRMOL	MRL	175
IXPACO	IXG	78

Se reciben los datos sísmicos en la estación central mediante telemetría analógica y se procesan. Hay tres tipos básicos de datos, que son de período corto, período largo, y movimiento o acelerómetro. Este último se divide en subcategorías de amplificación alta y baja, y se utilizan seis canales. Estos datos se digitalizan primero con el software SEISLOG, y después se procesan con el programa SEISAN. Los datos (forma de onda, fases, datos) se registran en una base de datos para actualizar el catálogo y publicaciones posteriormente.

Los datos se almacenan en INSIVUMEH y también en el Centro Sismológico de la América Central (CASC) ubicado en Costa Rica. Los datos se envían periódicamente a CASC y se pueden acceder a través de Internet, y también se pueden acceder mediante solicitud de INSIVUMEH. INSIVUMEH tiene también un sitio de la Red donde los datos sísmicos están cargados y disponibles para el público, pero solamente se actualiza una vez por día.

2) Datos Sísmicos

La Sección de sismología de INSIVUMEH ha sido, en gran parte, responsable de recabar, procesar y catalogar los datos sísmicos desde 1977. Estos datos, memorizados en forma de catálogo, se adquirieron de la Sección de Sismología como archivos de computadora. Los datos son formateados al estándar internacional (USGS) que incluye el tiempo preciso y ubicación al igual que la profundidad, magnitud, y demás detalles. Aunque las estaciones sísmicas se ubican dentro de la República de Guatemala, los terremotos suficientemente grandes como para ser registrados de los países vecinos están incluidos en el catálogo. Estos datos se cargan periódicamente en los centros de datos centroamericano y global.

CASC acumula datos de la región centroamericana entera, los compila y los hace disponibles en varios formatos. Las fuentes de los datos son agencias nacionales e instituciones

responsables para la recolección y procesamiento de datos en el territorio de cada país. Los datos se compilan en el formato estándar internacional y se hacen disponibles al público. Los datos se consiguieron para análisis al nivel regional.

USGS es una fuente de datos sísmicos conocida internacionalmente. Ellos recaban datos desde una red global de estaciones, incluyendo una en Guatemala. Los datos de INSIVUMEH y CASC no están incluidos en el catálogo de USGS, pero USGS registra las actividades sísmicas en el área. Estos datos son formateados al estándar internacional y están disponibles para el público. Estos datos se consiguieron para análisis regional, verificando y comparándolos con los datos recolectados localmente.

Otros catálogos e informes se han compilado y creado basándose en informes y datos históricos. Estos datos son provenientes de varias fuentes con descripciones variadas. Los datos debían ser interpretados para convertirse al sistema actual de magnitud y fijar la ubicación lo mejor que pueda. Por eso, la fiabilidad y calidad de los datos son relativos de acuerdo con la edad de los eventos. Estos datos se consiguieron para utilizar para una visión conceptual del registro histórico global de sismos.

(6) Información Vulcanológica

1) Observación Volcánica

Hay 10 estaciones de observación sísmica alrededor de la periferia de los volcanes: 2 para Volcán Tacaná, 1 para Santiaguito, 4 para Fuego, 2 para Pacaya, y 1 para Tecuamburro (Figura 2.3.2-7) .

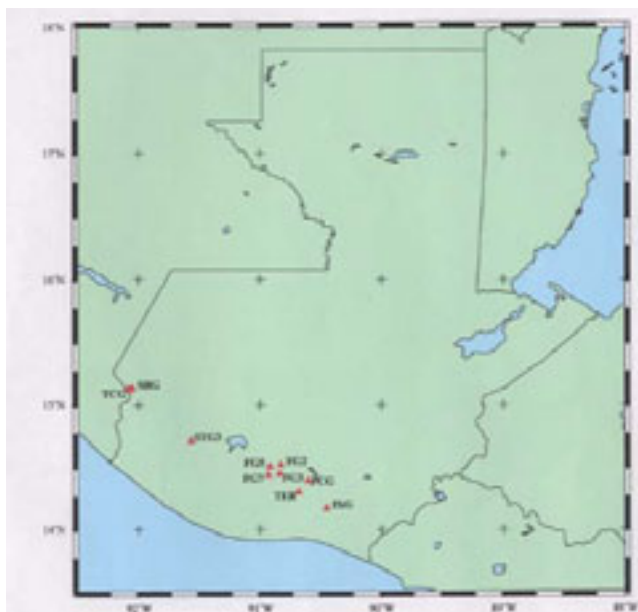


Figura 2.3.2-7 Estaciones de Observación Volcánica de INSIVUMEH

Adicionalmente se realizan 4 tipos de observaciones de actividad volcánica como sigue:

- Observación visual de la actividad
- Registro sísmico (sismógrafo)

Estas observaciones funcionan por 24 horas diarias.

- Medición Geoquímica [COSPEC]

Esta solo se implementa para los volcanes de Pacaya, Fuego, y Santiaguito, en una base temporal de una a dos veces por mes.

- Producción de Mapa de Isopacas para caída de cenizas

Estos mapas se elaboran cuando se depositan cenizas por una nueva erupción. A la fecha solamente dos mapas de isopacas se han hecho: para la erupción del Volcán Pacaya el 19 de Mayo de 1998, y para el Volcán de Fuego el 21 de Mayo de 1999.

En cuanto al sistema de alerta de actividades volcánicas hay cuatro niveles (Tabla 2.3.2-4)

Tabla 2.3.2-4 Sistema de Alerta Frente a las Actividades Volcánicas

Nivel	Actividad Volcánica
Verde	Bajo o sin actividad
Amarillo	Bajo fumarica y bajo sismicidad
Naranja	Intensificación de la actividad, Estromboliano débil o moderado
Rojo	Estromboliano fuerte

Al llegarse al nivel naranja, los funcionarios de la sección de Vulcanología de INSIVUMEH se reúnen para estudiar la situación, y como resultado de esta deliberación si se prevé alguna posibilidad de erupción dentro de unas horas o hasta dentro de unos días se emite la alerta de nivel rojo.

Por otro lado, las actividades del volcán Pacaya con la fecha de finales de febrero de 2001 se resumen en la Tabla 2.3.2-5. En este período las actividades del volcán Pacaya son muy altas, y las actividades más recientes (del 12 al 18 de febrero) se consideran de alto nivel según la conversación con el Ingeniero Matías.

Tabla 2.3.2-5 Características de las Actividades del Volcán Pacaya y sus Condiciones Actuales

Nivel de actividad	Suma del gas volcánico SO ₂ (tonelada/día)	Número de microtemblor (número/día)
Normal	90~260	100~200
Medio	800~900	300~700
Alto	1.350~2.450	800~2.000

2) Datos Vulcanológicos

Para elaborar un mapa de amenaza volcánica son necesarios los siguientes datos

vulcanológicos.

- Historia de erupciones (magnitud, tipo de erupción, factores de peligro, áreas afectadas, etc.)
- Geomorfología y geología
- Características físicas (coeficiente de erupción, tamaño medio granulométrico, viscosidad de flujo, etc.)

De estos datos en cuanto a la historia de erupciones se puede conseguir un breve resumen a través de la página de Internet de la Universidad Tecnológica de Michigan. Sin embargo, no existe ningún plano que muestre las áreas afectadas por la lava del volcán Pacaya que hizo erupción muchas veces en los últimos años provocando varios flujos de lava.

Por otro lado, la geomorfología y la geología son factores muy importantes para identificar las características de desastre como el resultado de la erupción. Sin embargo no hay muchos volcanes cubiertos por mapas de esta índole. De los mapas confeccionados por el Gobierno de Guatemala solamente hay un mapa topográfico del volcán Tacaná (a escala de 1/50.000) y un mapa geológico del volcán Pacaya y sus alrededores (a escala de 1/50.000 Amatitlán). No obstante, aparte del Gobierno de Guatemala, se ha elaborado un mapa geomorfológico del volcán Pacaya por un estudio realizado por una universidad extranjera, y se han llevado a cabo unos estudios geológicos de Santiaguito.

Se han encontrado algunos documentos de estudio sobre características físicas desde el punto de vista mineralógico. Estos podrán servir de referencia a la hora de realizar una simulación de flujo de lava, etc. Sin embargo para su realización se considera imprescindible una colaboración con los investigadores vulcanólogos guatemaltecos, ya que no todos los volcanes disponen de información de este tipo.

(7) Registro de Desastres

1) Recolección de Registro de Desastres

Los documentos y datos de la información global de desastres que cubre el territorio guatemalteco los manejan y compilan INSIVUMEH y CONRED. En cuanto al registro de los desastres sísmicos en la región centroamericana los datos fueron ordenados por Giovanni H Peraldo y Walter P. Montero (1999), y son una información muy valiosa sobre los desastres sísmicos desde la época de los mayas, para el período 1500-1900, o sea el período pre-instrumental en toda Centro América.

Con respecto al terremoto de Guatemala en 1976, se publicaron numerosos documentos por investigadores de diversos campos de estudio, mediante los cuales se puede comprender las características de aquel desastre. Sin embargo, estos documentos están fuertemente

caracterizados por el enfoque personal y los métodos, por lo que no se consideran como de largo alcance.

Y aparte de esto no se lograron conseguir otros registros detallados sobre grandes desastres.

2) Preparación para la Producción de Mapas de Desastre

Se denomina como mapa de desastres un plano que representa la situación en consecuencia de los catástrofes. Se confeccionan mapas de desastres por la fotointerpretación y estudios de campo después del desastre. Se intentó recabar la información de los mapas de desastres principales como el huracán Francelia en 1969, el terremoto de Guatemala en 1976 y el huracán Mitch en 1998.

En cuanto al huracán Francelia se confirmó que hubo grandes daños en la cuenca del río Achiguate, pero no se pudo conseguir información detallada ni datos que identificaran la ubicación de desastres ocurridos.

Con respecto al terremoto de Guatemala quedan representados muchos registros de desastres en algunos documentos en forma de mapa de distribución de índice de daños, plano bosquejo de lugares damnificados, descripciones escritas y fotos, etc. Además, existen fotografías aéreas que muestra la situación después del terremoto.

En lo relacionado con el huracán Mitch hay mapas de desastres como el de distribución de daños, que se dividen en varias categorías, disponibles en forma digitalizada del GIS utilizando el mapa a escala de 1/2.000.000. En estos se indican los puntos incomunicados, inundados, puentes dañados, etc. Sin embargo debido a la escala de 1/2.000.000 no se puede identificar bien los puntos y alcance de los daños. En el Programa de Reconstrucción de SEGEPLAN está publicado un mapa que señala el volumen y distribución de daños basado en los datos preparados por SEGEPLAN, por lo que se supone que SEGEPLAN tenga los datos ordenados. Sin embargo esto no se pudo confirmar en esta fase de estudios.

En Guatemala no hay instituciones que confeccionan mapas de desastre de forma activa, por lo que no se han producido mapas de desastre incluso cuando ocurrieron grandes desastres.

(8) Mapas de Amenaza Existentes

1) Mapa de Amenaza Elaborado por el Gobierno de Guatemala

Como un mapa de amenaza elaborado por el Gobierno de Guatemala se puede citar un mapa temático del GIS a escala de 1/2.000.000 con la cobertura de todo el territorio nacional. Aunque hay unos mapas de amenaza volcánico, de gran escala, éstos fueron elaborados con la asistencia de los organismos donantes como la Universidad Tecnológica de Michigan, etc. En la

Tabla 2.3.2-6 se indican los mapas de amenaza encontrados por este Estudio.

Tabla 2.3.2-6 Mapas de Amenaza Publicados por el Gobierno de Guatemala

Amenaza	objeto	año	Escala	Título	Factor de desastre	Por
Sismo	nacional	2000	1/250.000 1/2.000.000	Catálogo de mapas República de Guatemala -peligros de sismos-	Escala de intensidad	MAGA INSIVUMEH
Volcán	Tacaná	1986	1/50.000	Mapa preliminar de zonas de riesgo potencial de flujos de lava y depósitos de nubes de cenizas de futuras erupciones del Volcán Tacaná.	Flujos de lava Nube de ceniza	INSIVUMEH
	Santiaguito	1988	1/50.000	Mapa preliminar de áreas de riesgo potencial de futuros flujos piroclásticos, flujos de lodo e inundaciones y explosiones laterales del Volcán Tacaná, Guatemala	Flujos piroclásticos. Flujos de lodo, inundaciones, erupciones laterales, extrusión de domo, flujos de lava, avalanchas	INSIVUMEH
				Mapa preliminar de riesgos volcánicos del domo de Santiaguito, Guatemala	Flujos piroclásticos, lahares, inundaciones, oleada, colapso de cráter, erupción lateral, inundaciones	
			1/500.000	Mapa preliminar de zonas de riesgo potencial de depósitos de nubes de ceniza de futuras erupciones del domo de Santiaguito, Guatemala	Bombas balísticas, caída de cenizas	
	Cerro Quemado	1989	1/50.000	Áreas de peligro potenciales para flujos de lavas, flujos piroclásticos y nube de cenizas- asociados en Cerro Quemado, Guatemala	Flujos de lava Flujos piroclásticos Nubes de ceniza	INSIVUMEH
				Área de peligros potenciales para explosiones laterales, avalanchas, flujos de lodo, lahars y tefra en Cerro Quemado	Erupciones laterales Caída de cenizas Avalancha de arrastre Flujos de debris	
	Fuego	1987		Mapa preliminar de peligro de caída de cenizas del volcán de Fuego, Guatemala	Caída de cenizas	INSIVUMEH
				Mapa preliminar de riesgo volcánico del volcán de Fuego	Bomba balística Flujos de arrastres Avalanchas de arrastres Flujos de lava	
	Fuego and Acatenango	2001	1:50,000	Riesgos volcánicos en Los Volcanes Fuego y Acatenango, Guatemala	Flujos piroclásticos y de lava. Avalancha de escombros Lahar	J.W. Vallance, S.P. Schilling O.Matias W.I.Rose M.W.Howell

Amenaza	objeto	año	Escala	Título	Factor de desastre	Por
Volcán	Pacaya		1/55.000	Mapa que muestra las áreas de riesgo de avalanchas de arrastres y colapso del volcán de Pacaya	Colapso	INSIVUMEH
				Mapa que muestra las áreas de riesgo de base surge y otros flujos piroclásticos del volcán de Pacaya	Base surge Flujos piroclásticos	
				Mapa que muestra las áreas de riesgo de flujos de lava del volcán de Pacaya	Flujos de lava	
				Mapa que muestra las áreas de riesgo de flujos de lava del volcán de Pacaya	Flujos de lodo	
				Mapa que muestra las áreas de riesgo de caída de bloques de lava del volcán de Pacaya	Bloques balísticos Caída de cenizas	
Deslizamientos de tierra	Todo el país	2000	1/250.000 1/2.000.000	Catálogo de mapas República de Guatemala -zonas susceptibles a deslizamientos-	Deslizamientos de tierra, colapso, flujos de escombros	MAGA INSIVUMEH
Inundaciones	Todo el país	2000	1/250.000 1/2.000.000	Catálogo de mapas República de Guatemala -zonas susceptibles a inundaciones-	Ríos principales Problema de drenaje	MAGA INSIVUMEH

2) Mapas de Amenaza por otros Donantes

Varias agencias donantes de asistencia han tenido gran actividad en Guatemala y América Central. La mayoría de estos proyectos se están implementando como parte de la reacción frente al huracán Mitch, y otros forman parte de las asistencias generales para la región. Aunque varios países están ofreciendo asistencias de distintas formas, los EE.UU. ha sido el más activo en el área recientemente.

USAID ha sido el más activo en la reacción frente a la emergencia y esfuerzos de reconstrucción post huracán Mitch. En 1998 el huracán Mitch azotó la América Central y causó una gran destrucción de infraestructuras resultando en el mayor desastre histórico. USAID está trabajando con o a través de varias agencias gubernamentales en Guatemala. Las actividades relacionadas con la confección de mapas de amenaza (traducción tentativa) dentro del Programa del Huracán Mitch están implementándose por USGS. Otro proyecto patrocinado por USAID tiene que ver con la definición de zonas de peligro de terremotos de áreas urbanas seleccionadas según condiciones geológicas. Las áreas cubiertas por este proyecto son la Ciudad de Guatemala, Cobán, Escuintla, Antigua, Quetzaltenango y Zacapa.

USGS ha sido activo en Guatemala por varios años y recientemente está dentro del Programa de Reconstrucción del Huracán Mitch de USAID. En este Programa USGS ha venido desarrollando mapas de riesgo de volcanes y deslizamientos de tierra. Más específicamente, USGS ha conseguido y está utilizando los datos de mapas topográficos, aerofotografías e imágenes de satélite para confeccionar mapas de riesgo por inundaciones, deslizamientos y flujos de debris volcánico. USGS está trabajando con INSIVUMEH para instalar estaciones fluviométricas para proporcionar datos de casi tiempo real para la advertencia de inundación e

información meteorológica. Los indicadores se han instalado en las siguientes cuencas de los ríos: Lempa, Motagua, Coyolate y Villalobos. USGS también está trabajando con INSIVUMEH para confeccionar un mapa de deslizamientos de tierra producidos por el Huracán Mitch en las montañas alrededores de los ríos Motagua y Polochic. Habrá 23 mapas a producir a escala de 1/50.000. USGS y INSIVUMEH están trabajando conjuntamente para preparar mapas de riesgo de deslizamientos y flujo de escombros de los volcanes Pacaya, Fuego y Santiaguito. USGS está utilizando el patrón del GIS para definir zonas de riesgo por estos volcanes. Y adicionalmente un mapa de riesgo se ha elaborado para el volcán Cerro Quemado y se tiene planificado otro para Tacaná de aquí a un par de años. El trabajo adicional para Santiaguito que está previsto para este año, es para confeccionar un mapa y definir zonas de riesgo de inundación de lahar relacionada con erupciones.

Los demás países que proporcionan asistencias a Guatemala son Portugal, España, Canadá, Gran Bretaña, Alemania y Suecia.

Portugal está ofreciendo fondos limitados al nivel municipal y local para mejorar las operaciones de CONRED al respectivo nivel. España ha estado trabajando con INSIVUMEH para preparar estaciones sísmicas adicionales y mejorar la red de monitoreo sísmico. Además de estos programas de asistencia, muchos equipos universitarios de estudio de otros países investigan temas relacionados con los amenazas naturales de Guatemala. Algunos ejemplos de estos son los siguientes. Los investigadores de Suiza elaboraron un mapa de amenaza (traducción tentativa) del volcán de Fuego utilizando el método de simulación numérica. Un equipo de estudio de la Universidad de Ginebra investigó la deformación del volcán de Pacaya con GPS. La Universidad Tecnológica de Michigan de los EE.UU. ha venido investigando y confeccionando mapas de los volcanes de Guatemala durante más de treinta años.

Adicionalmente se han producido mapas de amenaza para el Volcán Tacaná por el Dr. José Luis Macías del Instituto de Geofísica de la UNAM, desde 1998. El también elaborará el mapa de amenazas del Volcán Acatenango.

2.3 Mapeo de Amenaza

2.3.1

2.3.2