

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.

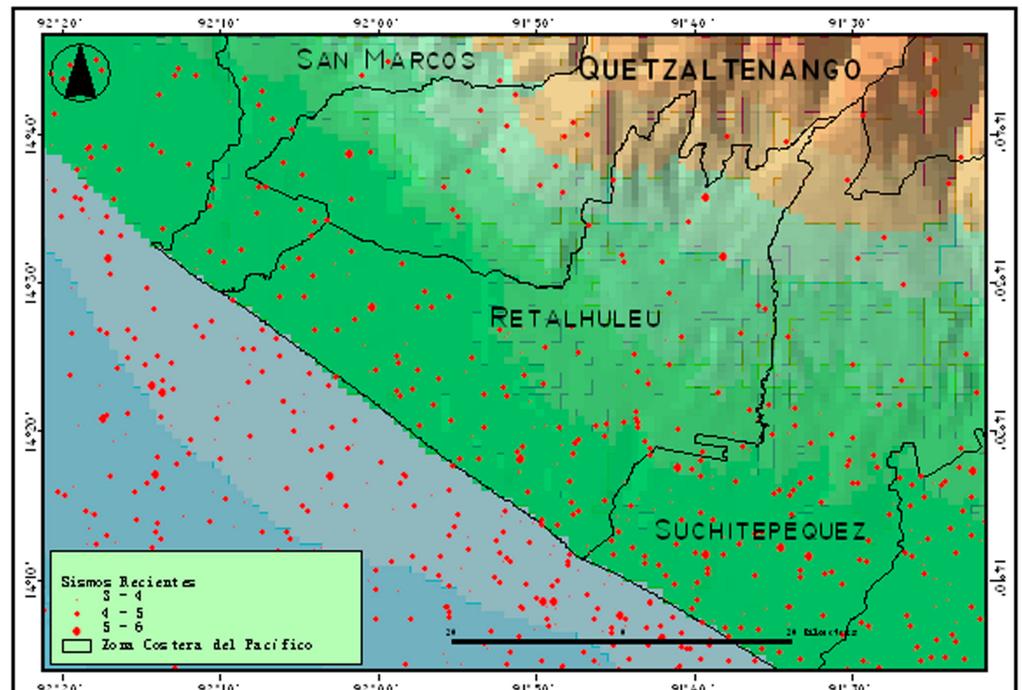


Figura 4. Eventos sísmicos ($M > 4$) registrados desde 1984 hasta la fecha en la región de Retalhuleu (datos proporcionados por el Departamento de Sismología del INSIVUMEH).

• **Sistemas de fallas locales.**

La investigación geológica regional del área de Quetzaltenango ha definido 3 importantes complejos volcánicos geo-morfoestructurales de los cuales el más importante por su actividad y por su relación con las manifestaciones geotérmicas es el Complejo Volcánico Cuaternario: Volcán Chicabal (2,721 m), Siete Orejas (2,910 m), Santa María (3,772 m), Santiaguito (2,500 m) y Cerro Quemado (3,197 m), todos ellos siguiendo la alineación regional noroeste-sureste de la Cadena Volcánica (Betancourt, inédito).

Uno de los principales sistemas de fracturas en el área lo constituye la Zona de Falla Zunil, de orientación nor-este, un ancho de hasta 10 kms, y que comprende varias fallas sub-paralelas, entre ellas la Falla Zunil, Samalá y numerosas fallas menores, con un movimiento predominante lateral izquierdo (Caicedo y Palma, 1990; Foley y colaboradores, 1990). Dentro del campo geotérmico Zunil se han definido numerosas fallas menores de orientación nor-este y nor-oeste las cuales gobiernan la ubicación de las fumarolas y manantiales, presentan desplazamientos de hasta varios cientos de metros y forman una serie de *horsts* y *grabens* (Foley y colaboradores, 1990) –ver Fig. 5.

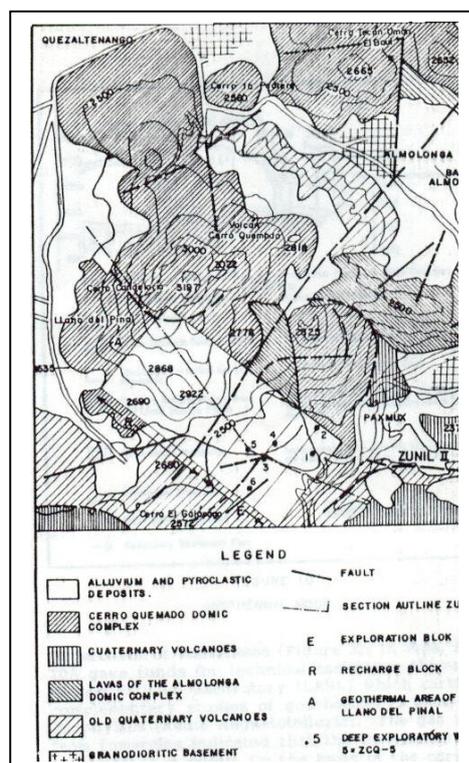


Figura 5. Ubicación de los principales elementos estructurales en el área de Quetzaltenango.

Probablemente, el mayor patrón de alineamiento nor-este comprende a los volcanes Santiaguito, Santa María, Cerro Candelaria-Cerro Quemado, del Valle y varias puntos individuales en el flanco sur del Cerro Candelaria, además que al extenderse hacia el norte, el alineamiento incluiría muchas chimeneas del margen occidental de la caldera Almohonga y también podrían incluirse algunos otros accidentes geográficos como zonas de falla y fracturamiento, cursos de ríos y sistemas regionales de fractura (Foley y colaboradores, 1990).

- **Complejo volcánico Santa María-Santiago.**

Se encuentra ubicado entre los municipios de Quetzaltenango y El Palmar, departamento de Quetzaltenango, aproximadamente en las coordenadas 14°44' de latitud Norte y 91°34' de longitud Oeste, con el cráter del V. Santa María a una altitud relativa de 3,7

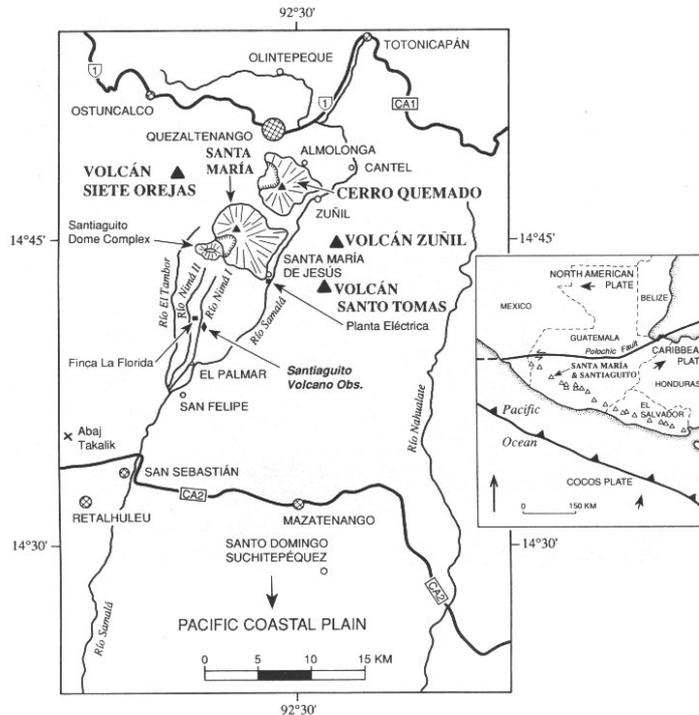


Figura 6. Ubicación del complejo volcánico Santa María-Santiago y su relación espacial con el resto de edificios volcánicos y el sistema hidrográfico del río Samalá (tomado de www.geo.mtu.edu).

Originalmente, el complejo estaba conformado únicamente por el Volcán Santa María el cual estuvo inactivo entre 500 a muchos miles de años (Rose y colaboradores, 1977) hasta que ocurriera la gran erupción de 1,902 la cual generó columnas eruptivas de hasta 28 km de altura, flujos piroclásticos, caída de tefra y ceniza y enormes depósitos volcanoclásticos en los alrededores. Se calcula que esta enorme erupción pliniana arrojó alrededor de 10 km³ de material volcánico dacítico en un período de 36 horas (Sapper, 1904; Rose, 1972; Williams y Self, 1983). Estos materiales fueron mayoritariamente depósitos pumicíticos los cuales se esparcieron en una superficie de 273,000 km² hacia el nor-oeste del volcán llegando a producir espesores de hasta 5 m en los alrededores (Williams y Self, 1983). Se tienen registros que solamente este evento, el segundo más grande del siglo pasado (Índice de Explosividad Volcánica de 6), pudo haber matado al menos 5,000 personas, provocó un enorme cráter de explosión en el flanco sur del volcán y oscureció los cielos de la región durante algunos días (Sapper, 1903). Posteriormente, alrededor del año de 1922, se empezó a formar un domo dentro del cráter de 1,902 al cual se le dio por nombre Santiago (Sapper, 1926) (Figs. 6 y 7) . Este domo ha estado continuamente activo desde su formación y se caracteriza por períodos cíclicos de 10-12 años de actividad moderada con alternancias de períodos de 3-5 años de altas tasas de extrusión de flujos de lava en bloques, flujos piroclásticos y flujos de ceniza (Rose, 1987).



Figura 7. Vista aérea desde el Sur del Volcán Santa María (al fondo) y el Volcán Santiaguito (en primer plano). Fotografía de *Steve O'Meara, Volcano Watch International*

A pesar de la ocurrencia de eventos volcánicos de moderada a gran magnitud (erupción de 1902, flujos de lava en los 70's y colapso del domo Santiaguito y flujos piroclásticos de 1929 y 1973), está bien claro para muchos autores, y para la población y comunidad geo-científica relacionada con estos volcanes, que los materiales volcánicos aportados a la red hidrográfica local (Ríos Nimá I y II, El Tambor y Samalá) constituyen el mayor peligro hacia las poblaciones, infraestructura crítica y actividad agrícola de la zona. Año con año han ocurrido y ocurren destructivos “flujos de lodo” que impactan contra poblaciones como El Palmar, Pomarrosal, San Felipe y varias fincas cafetaleras, contra infraestructura crítica (Puente “Castillo Armas” y Carretera Panamericana CA-2) y contra las zonas cultivadas (Conde Carpio, 2000; www.geo.mtu.edu/volcanes/santamaria/haz.html).- ver Sección 3.4.

- **Régimen hidrotermal (Campo Geotérmico Zunil).**

Desde 1972 el Instituto Nacional de Electrificación (INDE) ha liderado la investigación y exploración del potencial geotérmico de Guatemala lo cual ha desembocado en la definición de varios campos de mayor interés, entre ellos, el de Zunil ha sido el que ha mostrado los mejores resultados (Caicedo y Palma, 1990) y de hecho es el primer campo geotérmico en donde se inició la producción de energía eléctrica. Se considera que este campo representa la expresión marginal y superficial de un vasto complejo térmico por debajo de los edificios volcánicos activos del Cerro Quemado y el Volcán Santa María, al oeste de Guatemala (Betancourt y Dominco, 1982).

Geológicamente, el área esta formada por un basamento granítico cubierto por flujos de lava andesíticas Terciarias (300-400 m de espesor) y alternancias lávicas de dacitas, riolacitas y piroclastos del Cuaternario (500-600 m) - (Betancourt y Dominco, 1982; Caicedo y Palma, 1990. Abundante información sobre aspectos geofísicos, hidro-geoquímicos y otras características de este importante campo geotérmico pueden ser encontrada en Mink *et. al.*, 1988; Adams *et. al.*, 1990 (a); Adams *et. al.*, 1990 (b) y Adams *et. al.*, 1992.

En enero de 1991 (a las 22:30 hora local) ocurrió un desastroso deslizamiento de aproximadamente 800,000 m³ en el campo geotérmico Zunil I el cual mató 23 personas y originalmente fue atribuido a la explosión del pozo ZCQ-4, el cual fue seriamente dañado y sepultado por el deslizamiento. De acuerdo a las investigaciones preliminares hechas por Flynn y colaboradores (1991) se infiere que la causa de este desastroso evento fue la interacción de 3 factores naturales: la alteración y poca consolidación de la roca, la pendiente del terreno y la cercanía del sitio a la zona de falla Zunil, considerándose que la adición de agua subterránea, ya sea por flujo de manantiales tibios o condensación de fumarolas, fue el agente disparador más probable.



Figura 8. Vista actual del deslizamiento ocurrido en el Campo Geotérmico Zunil I. Fotografía por Manolo Barillas.

3.3 Régimen hidro-meteorológico.

La cuenca del río Samalá (1,500 km² de superficie) pertenece a la Vertiente del Pacífico de Guatemala, ésta última caracterizada por ríos de longitudes cortas (promedio 110 km) que se originan a una altitud promedio de 3,000 m sobre el nivel del mar y presentan pendientes fuertes en las partes altas (10 a 20%) cambiando bruscamente a pendientes menores en la planicie costera lo cual genera grandes zonas susceptibles a inundación, crecidas instantáneas de gran magnitud y corta duración así como tiempos de concentración muy cortos (INSIVUMEH, publicación interna). Tiene un radio de bifurcación (Rb) de 3.9375, el cual corresponde a aquellas vertientes en las cuales las estructuras geológicas no deforman el patrón de drenaje, y un radio de elongación (Re) de 0.24 que indica una morfología de relieves fuertes y laderas muy inclinadas (Acajabón, 1973).

La cuenca del Samalá está formada por una red hidrográfica semi-dendrítica en los alrededores de Quetzaltenango y paralela hacia la parte baja, con una densidad de drenaje moderada de 2.142 km/km² (Acajabón, 1973). Hacia la parte alta la hidrografía está formada por corrientes de 2^{do.} a 3^{er.} orden como Riachuelo San Diego, Río Chacap, Río Xalcatá Río Sigüilá y otros, mientras que hacia la parte