

**Clasificación de lahares**  
**Volcán de Santiaguito**  
**Escala Conde Carpio**

---





Deutsche Gesellschaft für  
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

# **Clasificación de lahares Volcán de Santiaguito Escala Conde Carpio**

**Marco Vinicio Conde Carpio**

**Proyecto FEMID/CEPREDENAC  
CONRED**

© Dr. Marco Vinicio Conde Carpio, 2000

© FEMID/CEPREDENAC, GTZ, 2000

Avenida Hincapié 21-72 zona 13, Guatemala

Tel/fax PBX: (502) 360-0109

e-mail: femidregional@gold.guate.net

Primera edición: noviembre 2000

Diseño de portada e interiores: Paola Ketmaier



Impreso en *Magna Terra editores*  
5a. calle 4-66 zona 2, Guatemala  
Tels.: (502) 251-4298 y 250-1031  
Tel/fax: (502) 251-4298  
e-mail: magnaterra@inteln.net.gt

## UNA NOTA MUY IMPORTANTE SOBRE EL AUTOR

El Dr. Marco Vinicio Conde Carpio tiene contacto directo con el río Samalá y las poblaciones en peligro desde 1978, pero es en 1987 cuando ve la necesidad de establecer un sistema de clasificación de los distintos lahares procedente del volcán Santiaguito, haciendo las observaciones *in vivo*, mediciones postimpacto, y evaluando los cambios geofísicos en la cuenca, y así facilitar la tarea de monitoreo y vigilancia del río Samalá, para efectuar los respectivos planes educativos de prevención en las comunidades de alto riesgo más expuestas, tarea solidaria desempeñada con entusiasmo y dedicación, sin encontrar el apoyo y la comprensión de las autoridades de turno. Durante ese tiempo, el autor formó paramédicos de la 11ª Compañía del Cuerpo Voluntario de Bomberos, fue dirigente Scout y fundador del escultimos en Retalhuleu, siendo además, el encargado de asuntos específicos para desastres del Ministerio de Salud Pública, por ser el médico salubrista y epidemiólogo del Centro de Salud Local. En julio de 1987 fue invitado a participar en el Comité Nacional de Emergencia -CONE-, hoy CONRED, como asesor, después de exponer su trabajo de investigación “Retalhuleu, Samalá S.O.S. en la jornada de riesgos volcánicos para informar y no alarmar”, en las ciudades de Quetzaltenango y Retalhuleu.

En la actualidad, dicho trabajo ha facilitado la labor de Prevención, Mitigación y Preparación en desastres en el proyecto FEMID de GTZ, en la zona piloto de San Sebastián, Retalhuleu, Guatemala, donde es asesor y coordinador.

El fin primordial del trabajo realizado será planificar y encontrar las estrategias necesarias para establecer un sistema de alerta temprana para inundaciones, específicamente para lahares, uno para la parte alta y otro para las tierras bajas, según la experiencia del distinguido Dr. Juan Carlos Villagrán, asesor científico del proyecto FEMID, donde se han obtenido una buena experiencia y resultados satisfactorios.



## INTRODUCCIÓN

La intensa actividad eruptiva del volcán Santiaguito, en el suroccidente de Guatemala, ha afectado en gran manera el uso de las tierras bajas en la región de la boca costa en el Antigua Palmar, Quetzaltenango, y en la Costa Persé de Retalhuleu, debido al azolvamiento del material deyectado, transportado y depositado desde las faldas del volcán Santiaguito por los ríos Nima I, Nima II y el Tambor hasta el río Samalá, a causa de la formación de grandes crecientes denominadas lahares, que se forman por las continuas lluvias, propias de esa región y que se agudizan con el invierno, ya que ponen en gran peligro de inundación y destrucción a poblaciones y obras de infraestructura aledañas al río. Todas secuelas secundarias de la hiperactividad volcánica que se produce por la intensa actividad sísmica generada en la zona de subducción, específicamente en los segmentos occidental y central del país, complicando el problema por su cronicidad.

En este trabajo presento una clasificación para lahares específicos para el volcán Santiaguito, como producto de la experiencia personal de 20 años de observación y estudio de dichas cuencas, la ardua labor de rescate, evacuaciones y vigilancia en las poblaciones que año con año se van afectadas con los inviernos, logrando establecer un mecanismo de control de las crecientes al unificar las distintas acciones de investigación tales como: el monitoreo de la actividad eruptiva, las observaciones de la intensidad de las lluvias con las complicaciones inherentes a las depresiones y tormentas tropicales que han afectado nuestro territorio, y la observación de la magnitud de los lahares con su respectiva evaluación de daños y cambios geofísicos postimpacto que se producen.

Estas variables nos permiten obtener un conocimiento objetivo de la situación, por lo que esta escala puede ser modificada, magnificada o bien adaptada a otros volcanes en franca actividad, cuya altitud e inclinada de pendiente sea tan grande que puedan producir desastres similares o mayores, o que haya presencia de agua acumulada en el cráter y que éste colapse, o deshielos en los nevados por la acción de la lava –caso Volcán Nevado del Ruiz, Colombia 1985.

Mi intención es facilitar la comprensión de la hidrodinámica lahárica del volcán Santiaguito, para el posterior análisis de las estrategias a seguir en el estudio y aplicación de un sistema de alerta temprana, adecuado a las características de los ríos mencionados.

Dr. Marco Vinicio Conde





## OBJETIVOS

1. Establecer un sistema de clasificación de lahares, como instrumento para el trabajo a desarrollar en la Prevención, Mitigación y Preparación de desastres naturales por inundaciones.
2. Conocer el patrón de amenaza volcánica, el riesgo de lluvias intensas, y el resultado de ambos si se dan simultáneamente, actualizando el banco de datos con el registro de los meses, la frecuencia con que se producen, las horas etc., para el análisis y deducción de la vulnerabilidad de las comunidades en alto riesgo.
3. Mejorar la información del registro de lluvias, cuantificando con pluviómetros en la región de alto riesgo en San Sebastián y en Retalhuleu, para la implementación de un sistema de alerta temprana adecuado para lahares.
4. Implementar el sistema de alerta temprana por inundaciones que se usa en La Masica, Honduras, en las tierras bajas irrigadas por el río Samalá y el río Ixpatz para la costa de Retalhuleu.

## DEFINICIONES

### **Flujo de lodo volcánico -lahares-**

En toda erupción que produce grandes cantidades de cenizas y fragmentos gruesos (y esto incluye la mayoría de las grandes erupciones) estos materiales se acumulan en las laderas del volcán, algunas veces con espesores de varios metros en sitios cercanos al cráter.

Cuando caen lluvias fuertes sobre estos depósitos sueltos, se transforman en una mezcla densa pero fluida como concreto húmedo que fluye fácilmente pendiente abajo. Tales flujos de lodo volcánico incluyen materiales como bloques de lava, mucho mayores en tamaño que las partículas que comúnmente componen el lodo. Los flujos de lodo son muy comunes en volcanes de los trópicos húmedos, y en Indonesia el término *lahar* se utiliza para designarlos.

La velocidad de los flujos depende del volumen y de la viscosidad del lodo, y de la pendiente y rugosidad del terreno, pudiendo alcanzar hasta

50 Km/h, y en casos excepcionales, 100 Km/h o más. La distancia que recorren depende de su volumen y la naturaleza del terreno, pero en casos extremos han excedido los 100 Km.

La mayoría de los flujos son disparados por fuertes lluvias después que una erupción ha estado produciendo material, pero también se pueden disparar por cualquier condición que produzca grandes cantidades de agua que se mezcle con el material suelto, tal como el desagüe de un lago de cráter, el fundido rápido de nieve o hielo, o cuando el material suelto acumulado en las pendientes fuertes está cerca del punto de saturación y el temblor volcánico provoca su licuación. Dependiendo de cómo y en qué etapa de la erupción se origine el flujo de lodo, éste puede ser caliente o frío, pero nunca es más caliente que el punto de ebullición del agua, aunque algunos fragmentos recién erupcionados, contenidos en el flujo, pueden tener temperaturas superiores a los 100°C.

Si bien no son estrictamente flujos de lodo, ya que pudiera ser tan solo agua con un poco de sólidos en suspensión, vale la pena mencionar el rompimiento de glaciares (Jökulhlaups) que ocurre durante las erupciones en volcanes con casquete glaciar (por ejemplo, Grimsvötn y Katla en Islandia). Cuando las erupciones ocurren bajo un casquete helado, grandes volúmenes de agua emergen por debajo del hielo, inundando áreas al pie del volcán.

### **Efectos sobre la vida y los bienes**

Fuera de los flujos piroclásticos, los flujos de lodo están considerados entre los fenómenos volcánicos más peligrosos. Su alta densidad, combinada con su fluidez, los hace capaces de arrancar y destruir virtualmente todo lo que encuen-

tran a su paso. Cuando finalmente se detienen, pueden producir depósitos de material de hasta decenas de metros de espesor, y en ciertos casos han enterrado poblaciones completas o cambiado los cursos de grandes ríos.

Los flujos de lodo presentan un peligro para la vida no sólo porque, mientras bajan por los valles a varias decenas de kilómetros por hora pueden arrastrar a las personas que se encuentran en su camino, sino también porque una vez que se detienen, los depósitos son a veces demasiado profundos, blandos y calientes para cruzarlos. Las personas pueden entonces quedar atrapadas en áreas vulnerables a posteriores flujos piroclásticos (*Manual de emergencias volcánicas*, UNDRO, 1980).



**Brazo del río Samalá que destruyó un tramo de 40 metros de la carretera CA-2, Km. 176.5, puente El Niño. (Lahar categoría 4, del 28 de agosto de 1993) La fractura llegó hasta la línea media de la carretera**

## ANTECEDENTES HISTÓRICOS

### Complejo Volcánico Santa María Santiaguito

El volcán Santiaguito está localizado en el flanco WO del volcán Santa María, el cual es mucho mayor y más viejo, formado como una secuencia de alternativas de coladas de lava y rocas clásticas, las cuales atestiguan el crecimiento cónico de su estructura, siendo las lavas de su cono principalmente andesítico-basáltico, con un contenido de 52 a 57% de sílice y una tendencia a aumentarlo con el tiempo (Rose *et al.*, 1977; Rose, 1987).

El volcán Santa María hizo erupción el 24 de octubre de 1902, siendo catalogada como una de las mayores erupciones a nivel mundial en tiempos históricos, destruyendo aproximadamente 10 Km<sup>3</sup> de dácita en una erupción de 36 horas de duración (Saper, 1904; Rose, 1972). La erupción fue una columna explosiva vertical de 29 Km. aproximadamente, y que estuvo centrada en el flanco SW del volcán. Miles de personas murieron (Saper, 1903) y los efectos de la misma se sintieron por décadas debido a la extensa dispersión de la ceniza, primordialmente en el área WSW del volcán, dejando un enorme cráter asimétrico en su ladera SW.

En 1922 un domo volcánico comenzó a crecer dentro del cráter de la erupción de 1902 del volcán Santa María (Saper, 1926) recibiendo el nombre de volcán Santiaguito, siendo en su lava dácita muy similar al magna de 1902. Este volcán ha estado continuamente activo desde el inicio, presentando coladas de lava, erupciones verticales explosivas y numerosas coladas de bloques de ceniza, acompañadas de oleadas piroclásticas (Rose, 1972). A consecuencia de



**Erupción del volcán Santa María, 24 de octubre de 1902 (Tomada desde la ciudad de Quetzaltenango)**

Fuente: Dr. Karl Sapper

toda esta actividad, ocurren continuos lahares, ocasionados extensiva sedimentación en los ríos del sur del domo. En 1929 sufrió un colapso parcial, lo que ocasionó coladas de bloque y ceniza que viajaron a una distancia de 10 Km. a lo largo de las barrancas de los ríos Tambor y Nima II. El número de víctimas se estima en varios centenares y la devastación fue dramática en las áreas afectadas (Saper, Torner, 1930) repitiéndose posteriormente este tipo de actividad pero en menor grado, sin que haya llegado a la poblaciones (Rose, 1973).

La actividad eruptiva del Santiaguito se ha centralizado en el cráter *el caliente*, cuya cúpula exógena domal masiva ha extruído, de mayo a diciembre de 1986, siete unidades de flujos de lava, con explosiones que elevaron columnas de entre 4 y 5 mil metros sobre el cráter, y la lava es vertida generando oleadas piroclásticas rasantes hacia las cuencas de los ríos Nima I y Nimas II, estableciéndose a la fecha una zona

de peligro por explosiones laterales y colapsos parciales con un radio de 3 a 5 Km. en ángulos de 180 grados y el continuo rompimiento de pequeños represamientos en el río Nima II en la parte distal de los depósitos calientes, dejando depósitos de flujos de escombros e hiperconcentrados hasta de 50 Km., que provocan el descenso frecuente de lahares por el río Nima II al río Samalá.

**Figura No. 1**  
**Localización del Complejo Volcánico Santa María-Santiaguito**

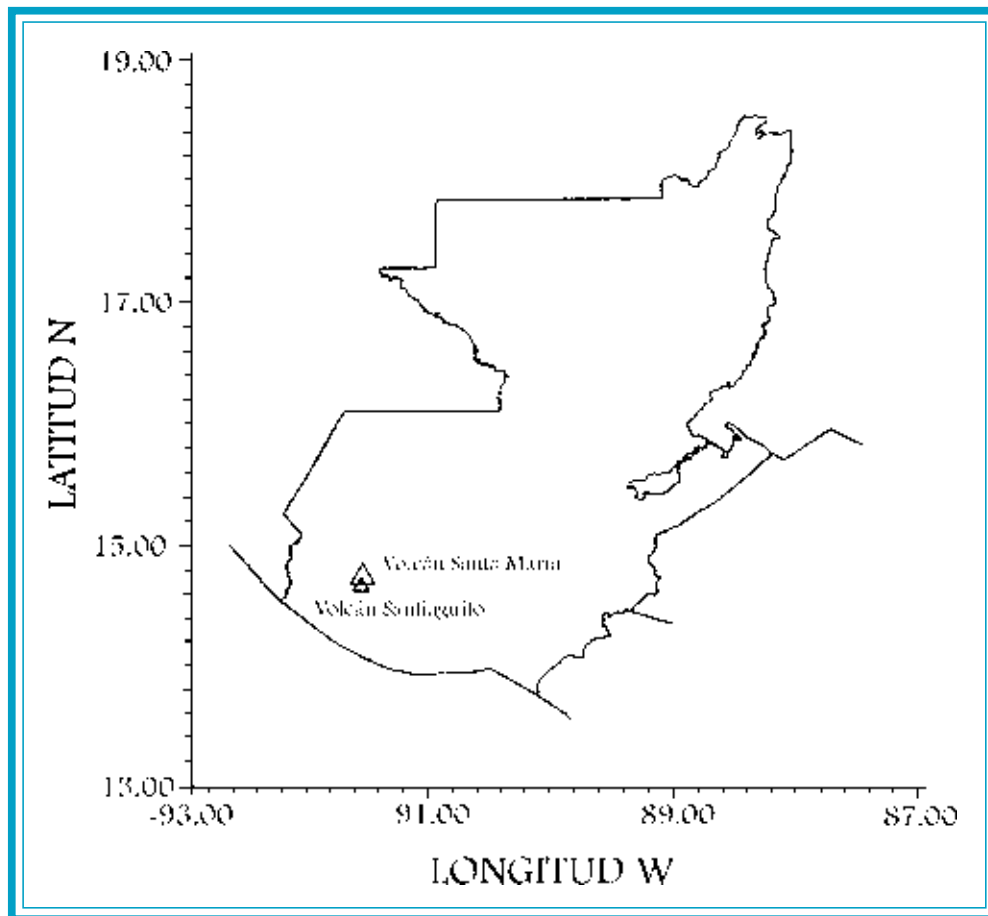
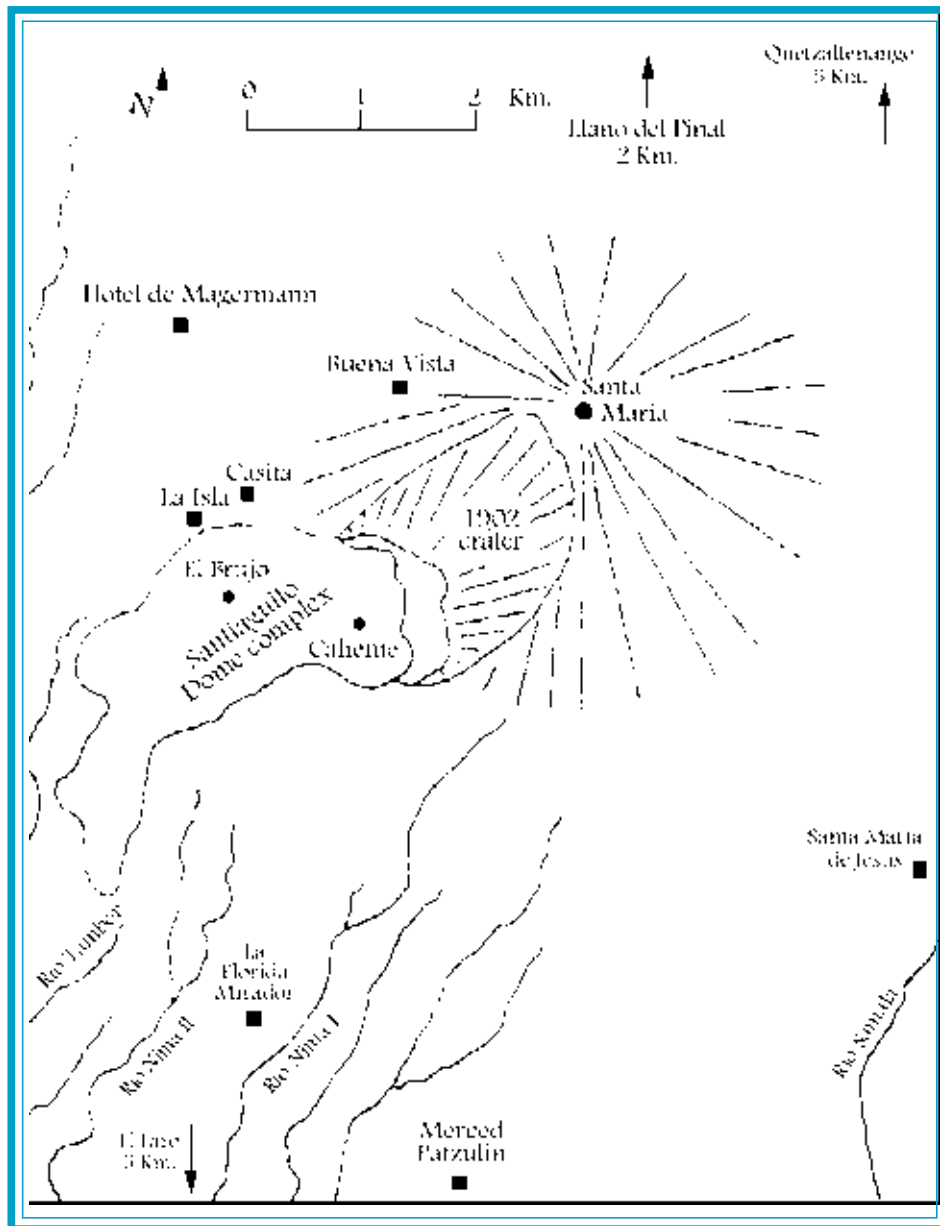


Figura No. 2



Mapa esquemático que muestra preponderantemente el área del cráter de explosión de Santa María en 1902 y el complejo de domos de Santiaguillo (Tomado de Rose *et al.*, 1970)

**Cuadro No. 1**  
**Sinópsis de lahares - Volcán Santiaguito, Guatemala**  
**Dr. Conde Carpio**

No.	Actividad volcánica	Año	Meses	Volcán	Lahares	Ríos
01	Gran erupción de 10 Km <sup>3</sup>	1902	oct.-dic.	Santa María	Múltiples	Nima I y II, El Tambor y los ríos de Retalhuleu
02	Erupción cráter 1902	1911	jul.-oct.	"	"	Nima I y II, El Tambor y Samalá
03	Erupción cráter 1902	1922	jun.-nov.	Santiaguito, crece 250 mts.	—	—
04	Erupción de Blas	1923	ene.-feb., may.-sept.	Santiaguito	—	—
05	Erupción	1923	jul.-nov.	Santiaguito, crece 250 mts.	Múltiples	Nima II, El Tambor y Samalá
06	Erupción y lava	1928	mayo	Santiaguito	"	El Tambor y Samalá
07	Lateral de Blas. Gran nube ardiente al Palmar	1929	ago.y nov.	"	"	EL Tambor, Nima II y Samalá
08	Cráter el Brujo: lavas	1931	mar.- oct.	"	"	EL Tambor, Nima I y Samalá
09	Lateral Blas	1938	may.-jun.	"	"	El Tambor y Samalá
10	Erupción: lavas	1939	enero	"	"	El Tambor y Samalá
11	Erupción colada lavas	1955	may.-jul.	"	"	Nima II y Samalá
12	Blas: nube ardiente	1973	abril	"	"	Nima II y Samalá
13	Erupción colada lavas	1978	jul.-sep.	"	"	Nima I, II, El Tambor y Samalá
14	Erupción colada lava	1980	feb.-dic	"	"	El Tambor, Nima II y Samalá
15	Erupción colada lavas	1982	ago.-oct.	"	Mult.: categoría 3	Nima II y Samalá

16	Gran erupción de lava: desastre El Palmar	1983	junio 23 jun.-oct.	Santiagouito	Categoría 6	Nima I y II y Samalá
17	Erupción coladas, destrucción El Palmar	1984	junio 5	"	Categoría 3 a 5	Nima I y II y Samalá
18	Erupción de lava: desastres Las Pilas	1985	agosto 27	"	Categoría 6	Nima I y II y Samalá
19	Erupción con lavas	1987	julio 4	"	Categoría 4	Nima II, Tambor y Samalá
20	Erupción con lavas. Daños a postes INDE y puente a San Caralampio sepultado	1987	septiembre 7	"	Categoría 5	Nima II, Tambor y Samalá
21	Erupción y coladas, lava azolvó carretera CA-2	1988	agosto 25	"	Categoría 4	Nima II y Samalá
22	Erupción y coladas, lava, destrucción de gasolinera Eureka y restaurante, Vuelta El Niño y ruta CA-2	1988	agosto 26	"	Categoría 6	El Tambor, Nima II y Samalá
23	Erupción y coladas de lava azolvó ruta CA-2 y el río El Niño	1988	septiembre 7	"	Categoría 5	El Tambor, Nima II y Samalá
24	Erupción y colada de lava, destrucción puente El Pomarrosal, San Felipe	1988	septiembre 9	"	Categoría 6	El Tambor, Nima II y Samalá
25	Erupción y coladas de lava, azolva el puente Ixpatz	1988	septiembre 11 y 29	"	Categoría 3	El Tambor, Nima II y Samalá
26	Erupción y colada de lava destruye puente el ferrocarril en San Sebastián	1990	may.-nov	"	Categoría 3 a 5	"

No.	Actividad volcánica	Año	Meses	Volcán	Lahares	Ríos
27	Erupciones y lava, daños a tierras bajas de Retalhuleu: Santa Inés	1991	may.-oct.	Santiaguito	Categoría 3 y 4	El Tambor, Nima II y Samalá
28	Erupción y lava, daños al Pomarrosal y cultivos Fican Filadelfia	1992	jun.-nov	"	Categoría 3 a 5	El Tambor, Nima II y Samalá
29	Daños al tanque de capacitación agua Retalhuleu casco Fca. Filadelfia	1993	mayo 15	"	Categoría 4	El Tambor, Nima II y Samalá
30	Erupción y lava inundaciones nueva Candelaria	1993	agosto 23	"	Categoría 3	El Tambor, Nima II y Samalá
31	Erupción y lava destrucción: carretera CA-2	1993	agosto 28	"	Categoría 6	El Tambor, Nima II y Samalá
32	Erupción causa asolvamiento severo debajo el puente Castillo Armas	1994	may.-oct.	"	Categoría 3 a 5	El Tambor, Nima II y Samalá
33	● Erupción y lavas ● Derrumbes severos cráter 1902 ● Depresión Mitch, destrucción Santa Isabel	1995 a 1998	may.-nov.	Santiaguito San María Santiaguito	Categoría 3 a 6	El Tambor, Nima I y II, y Samalá



# FACTORES QUE INTERVINIERON EN LA FORMACIÓN DE LAHARES

## Actividad eruptiva del volcán Santiaguito

El volcán Santiaguito es un complejo domo dacítico, con una altura relativa de 2,510 m. SNM, localizado en el cráter de erupción de 1902 del volcán Santa María, presentado una alineación EW, y lo forman los siguientes domos: *el caliente, la mitad, el monje y el brujo* con una extensión de 1,5 Km. por 0.7 Km. de ancho.

Al presente, la actividad está confinada por el cráter del cono *el caliente* generando explosiones “freato-magnéticas, extrucción de coladas de lava, desprendimiento de lava en bloques, ceniza, emisión de gases y erupciones de nubes ardientes en columna sostenida, y laterales de ángulo bajo de blas”.

Las explosiones ocurren con frecuencia y energía variable, dependiendo del índice de actividad que presente, así en periodos pasivos normales oscilan de 5 a 20 y en periodos de incremento alcanzan de 70 a más diariamente. Algunas explosiones elevan columnas que semejan hongos de 4 a 5 mil metros de altura aproximadamente, generando flujos y oleadas piroclásticas (*Curso de vulcanología práctica*, 1990). Es un volcán



Actividad eruptiva de cenizas y gases del complejo Santa María-Santiaguito. En este spot se observa el domo *el caliente*, con su clásica formación de agujas, características del volcán Peleano.

Fotografía cortesía del Sr. Rolando Ángel

explosivo y se clasifica como volcán peleano; y sus coladas de lava son de alta viscosidad y flujo lento, que recorren de 2 a 3 Km. a partir del centro de la erupción, y que rellenan las cuencas receptoras de los ríos Nima I, Nima II y el Tambor.

### Cuadro No. 2

#### Amenaza volcánica potencial del volcán Santiaguito

Evento	Probabilidad %	Severidad de amenazas	
		Alta	Baja
Caída de piroclastos eolicamente	100	2	3
Caída de piroclastos balísticamente	50	0.5	1
Flujos de escorias	100	3	5
Flujos por colada de lavas	80	3	5
Lahares	100	5	5

## Material volcánico inestablemente depositado

El volcán Santiaguito genera grandes cantidades de diverso material eyectado, bloques de lava, arena, cenizas, rocas, escorias etc., los que se depositan en las faldas del domo, principalmente del lado SW y otra de gran magnitud del lado SE. Los piroclastos descienden con velocidad por el ángulo de pendiente del domo *el caliente*, que es de 20 grados, quedándose detenidos a mitad del mismo al perder velocidad, donde se enfrían, pero a consecuencia del temblor de las continuas erupciones y explosiones, desgasificación *persé* del volcán, y por la sismicidad local propia del vulcanismo, parte de ese material cae a la cuenca receptoras del río Nima II. Una parte del material cae en la misma forma a la *fosa intervolcánica*, que divide al Santiaguito del Santa María, depositándose todo ese material como un inmenso río seco, que drena a la cuenca receptora del río El Tambor. Al descender las colas de

lava, por su característica de ser de alta viscosidad y flujo lento, por su temperatura y por su peso, se profundiza en el surco del domo SW, y al descender en la base del domo, ya para drenar al Nima II, lleva encima todo un edificio rocoso de escorias a grandes temperaturas. Todo esto ocurre normalmente en el verano o cuando no hay lluvias.

Pero si llueve, he comprobado que cae granizo la mayor parte del tiempo, el cual viene a bajas temperaturas. También la cantidad e intensidad de lluvia arrastra todo el material descrito, formándose los *lodos fríos*, pero si al momento de llover coincide con un flujo de lava descendiendo, el choque de las dos temperaturas producen microexplosiones, que con energía desprenden bloques sueltos que propician más rápidamente la formación de los *lodos calientes*, los que drenarán a los ríos mencionados arrastrando todo lo que encuentran a su paso, convertidos ya en lahar.

**Río Samalá a la altura de la finca Filadelfia, El Pomarrosal y San Felipe, caudal ya potencializado por las aguas de los ríos Nima I, Nima II y El Tambor, que transportaron todo el material volcánico eruptado por el volcán Santiaguito desde el año 1922, por medio del fenómeno natural llamado lahar.**



Este fenómeno se puede sintetizar así:

- a) El material eruptivo es depositado en la ladera del domo *el caliente*, sin compactación.
- b) La lluvia arrastra el material a los ríos formando flujos lodosos calientes o fríos, que por la pendiente tan inclinada y su alta densidad de desplazan a grandes velocidades.
- c) Al disminuir la velocidad, el material sólido se deposita de acuerdo a su tamaño: primero las partículas mayores y luego las más finas, lo que eleva el lecho del cauce del río y disminuye la capacidad de encauzar las crecientes de los ríos.

### Condiciones hidrometereológicas de la región del complejo volcánico

Las condicionantes del clima en el área del volcán son dadas por la evaporación que se da en el Océano Pacífico, que es cálida y que es transportada por los vientos del sur al norte, y que al llegar a las cadenas montañosas y volcánicas chocan con los vientos fríos procedentes del norte, formándose una continua cortina de nubes que prevalece todo el día y noche en el invierno, lo que provoca intensas lluvias en el área, con períodos que varían de 30 minutos hasta 2 ó 3 horas. Durante el verano, el acúmulo de nubes es algunas veces por las tarde y noches, con presencia de lluvias, aunque cuando la temperatura desciende bastante el área se mantiene despejada, siendo óptima la visibilidad. La cantidad de lluvia que cae sobre la región volcánica provoca crecidas y lahares que descienden por los ríos Nima I, Nima II y El Tambor hacia el río Samalá. La relación de cantidad de lluvias con los problemas laháricos la puedo resumir de la siguiente forma:

**Cuadro No. 3**  
**Relación de cantidad de lluvia con lahares. Registro de pluviómetro en pulgadas, volcán Santiaguito**

Cantidad de lluvia en pulg.	Lahar	Escala Conde Carpio Categoría
1 a 2	Leve	1
2 a 3	Moderado	2
3 a 4	Fuerte	3
4 a 5	Extramáximo (destrutivo)	4
5 a 6	Super-extramáximo (desastroso)	5
6 y +	Catastrófico	6

### Inclinación de pendientes

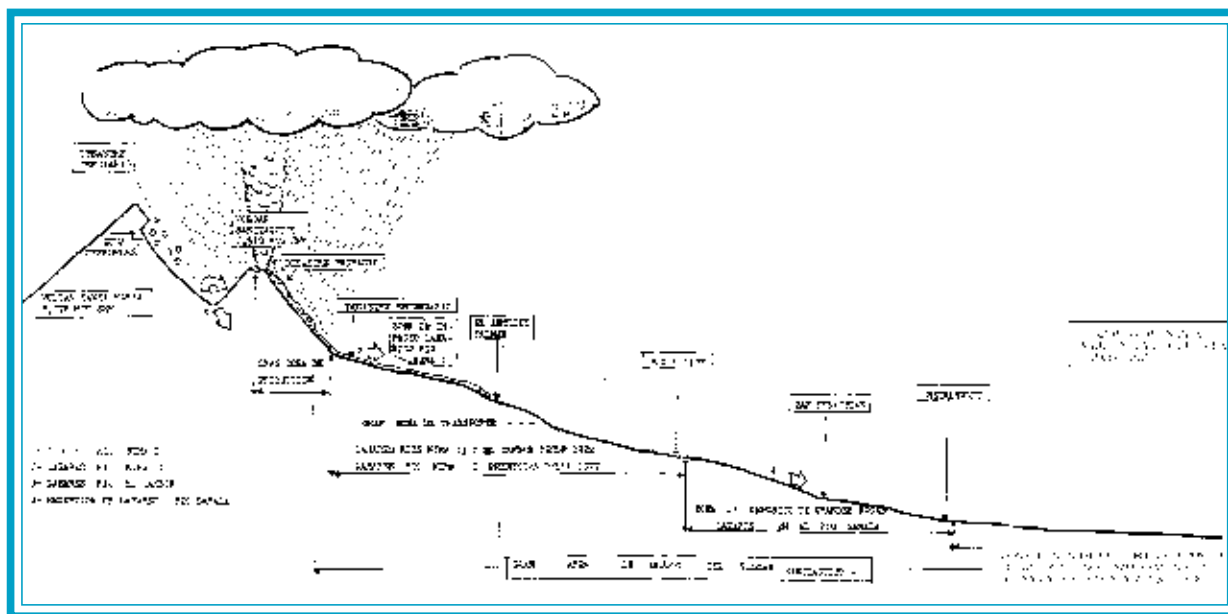
Las faldas del domo *el caliente* del volcán Santiaguito presentan una inclinación en su pendiente de 20 grados, lo que hace que todo el material piroclástico caído eolicamente o balísticamente, al perder su velocidad de descenso por ser frenado por los bloques de lava fría depositados, quede acumulándose en forma inestable. Luego, la pendiente se hace menos inclinada, pero el volcán presenta dos canaletas o surcos con cierta profundidad que agudizan más la inclinación, uno del lado izquierdo SW y otro del lado derecho SE, ambos drenan directamente por barrancos de cortes rectos y de una profundidad aproximada de 150 m. al río Nima II. Además, el volcán presenta otra canaleta de inclinada más suave como a unos 20 metros más al W que la SW, la que drena directamente al

río El Tambor. La pendiente de las tres cuencas tienen el mismo patrón de inclinada moderada, siendo el lecho escalonado, que permite entre esos espacios formar depósitos de agua y de lodos volcánicos desde el inicio de los ríos hasta la altura de la finca El Faro.

La pendiente principal del río Nima I es de un ángulo más agudo debido al colapso del borde del cráter 1902 del volcán Santa María, ocurrido el 28 de julio de 1997 y del 30 de julio de 1998, que fue más severo y que dejó una vía de evacuación del material depositado por los derrumbes del cráter 1902 del Santa María, y que se agudizó con los lahares, producto de la depresión tropical Mitch del 31 de octubre al 2 de noviembre de 1998, cuyos estragos están a

la vista en lo que fue el pueblo del Antiguo Palmar. La inclinada se hace más suave, con un límite desde la finca Filadelfia, San Felipe, hasta Retalhuleu, se hace más curva del nivel 300 SNM, siendo ésta una gran área de depósito de materiales y sedimentos volcánicos dejados por los lahares ya en el río Samalá. De Reltahuleu hasta la desembocadura en el Océano Pacífico están comprometidas las tierras bajas, donde es zona franca de inundación hídrica con arena y material fino, pues se ha perdido por completo la inclinada, formándose un gigantesco delta que año con año varía en su curso, constituyendo un serio peligro para los habitantes de la aldea Las Pilas, Nueva Candelaria, parcelamientos El Porvenir, Santa Isabel (destruida en 1998) y Maryland-CPR.

**Figura No. 3**  
**Localización del Complejo Volcánico Santa María-Santiago**



**Diagrama que muestra los desastres primario, secundario y terciario del Complejo Volcánico Santa María-Santiago, las áreas laháricas, y las distintas zonas de impacto transporte y depósito, proceso iniciado en 1902 con la erupción del volcán Santa María y que se ha agravado con las continuas erupciones del volcán Santiaguito desde 1922 a la fecha. Se muestra también la zona de tierras bajas como impacto final de los lahares, solamente con inundaciones y depósitos de arena.**

Doctor Marco Vinicio Conde Carpio, CONRED Guatemala, Proyecto FEMID 1999

## **Hidráulica fluvial de los ríos Nima I, Nima II, El Tambor y Samalá**

### **Escorrentía normal (hidrodinámica)**

Los ríos Nima I, Nima II y El Tambor, tienen un mismo patrón en común, ya que se forman en la pendiente alta del volcán Santiaguito y del Santa María, a través de la confluencia de tres o más barrancas profundas, cuyo caudal sale de las montañas boscosas, y que a su vez reciben material volcánico eyectado, caliente o frío, con el agua de la lluvia. Por la pendiente tan inclinada, que a veces es de ángulo recto, formando caídas de agua o cataratas, la velocidad inicial es grande y a medida que el curso del río se pierde, la inclinada pierde también su corriente inicial. A este nivel arrastra sólo sedimentos finos: cenizas y arena volcánica y pe-

queñas escorias de piedra pomez cuando no hay invierno. Se ha notado también coloraciones amarillentas en el río Nima II, que puedan deberse a compuestos azufrados y óxidos ferrosos. Cuando hay lluvias por debajo de una pulgada, las aguas vienen de color marrón o café por los lodos y el caudal levemente aumentado.

El río El Tambor inicia en la montaña del volcán Santa María, en los llanos del Pinal, cerca del borde W del cráter 1902. En la zona boscosa nace el río El Cauche, el cual es de buen aforo y que desciende escalonadamente en tres caídas de ángulo recto hacia la fosa íntervolcánica donde se hace subterráneo y sale de nuevo en una caída estrepitosa al otro lado del volcán Santiaguito en el lado W dándosele el nombre de río Matilde o Concepción, y recibe de dos a tres afluentes más para convertirse en el río El Tambor.



**Vista aérea del lado este del Complejo Volcánico Santa María-Santiaguito. Nótese la erosión de la cuenca del río Nima II. (Altitud del volcán Santiaguito: 2,510 m. SNM)**

Fotografía cortesía del Sr. Ricardo Mata

### **Lahar frío**

Se produce por la precipitación pluvial de una o más pulgadas en la región al arrastrar todo el material depositado inestablemente, formando lodos de enormes dimensiones, los cuales arrastran rocas de pequeño a mediano tamaños, árboles que caen a la cuenca cuando el tremor golpea las paredes del cañón del río y éstas se desmoronan, troncos, y que con la velocidad alcanzada desentierra y arrastra rocas y sedimentos depositados en el lecho de las cuencas, destruyendo todo lo que encuentra a su paso, dándose el daño mayor al impacto que se produce cuando es parado; por ejemplo, el río Nima I y la antigua población de El Palmar. Deja notables depósitos de sedimentos volcánicos a lo largo de toda la cuenca hasta de medio metro, y el estruendo que provoca es ensordecedor y grande, escuchándose el golpe de las grandes rocas al chocar, y registra velocidades hasta de 80 a 100 Km/h.

### **Lahar caliente**

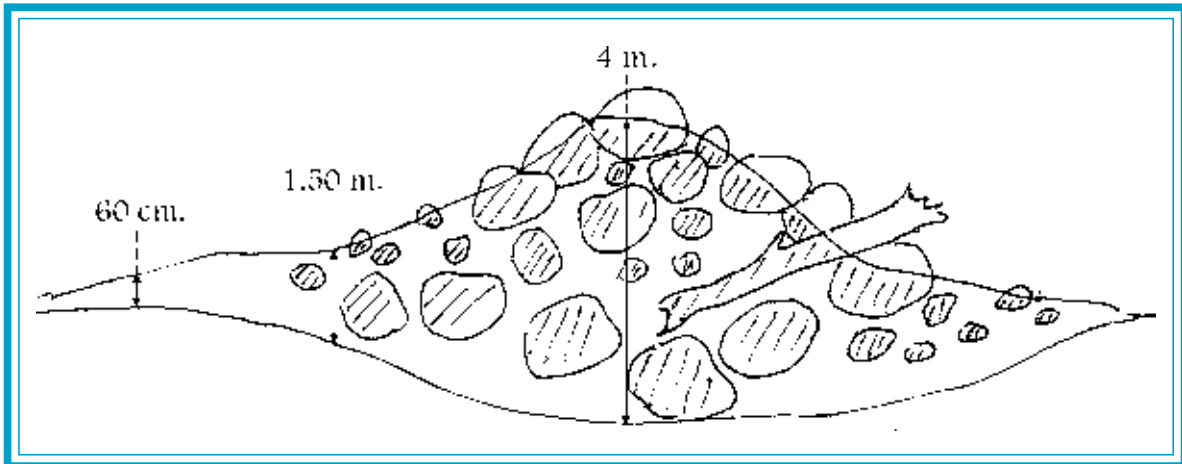
La hidrodinámica es similar al anterior pero con la diferencia que hay mezcla de lluvia con material ígneo recién depositado o que en el momento de llover está siendo deyectado. La velocidad de descenso es mayor, pudiendo alcanzar velocidades de 100 Km/h, por los lodos de alta densidad formados y que son literalmente tan pesados como mezclas de cemento, la fuerza de arrastre también es mucho mayor y hay presencia de gases venenosos disueltos: sulfurados

y clorados. El ruido y el tremor son ensordecedores y la destrucción es sumamente mayor que en los lahares fríos: se transportan rocas de hasta 4 a 6 metros de diámetro con suma facilidad y el depósito de sedimentos a lo largo de la cuenca varía de uno a dos metros, el impacto sobre las obras de infraestructura es severamente destructor.

### **Dinámica hidromorfa**

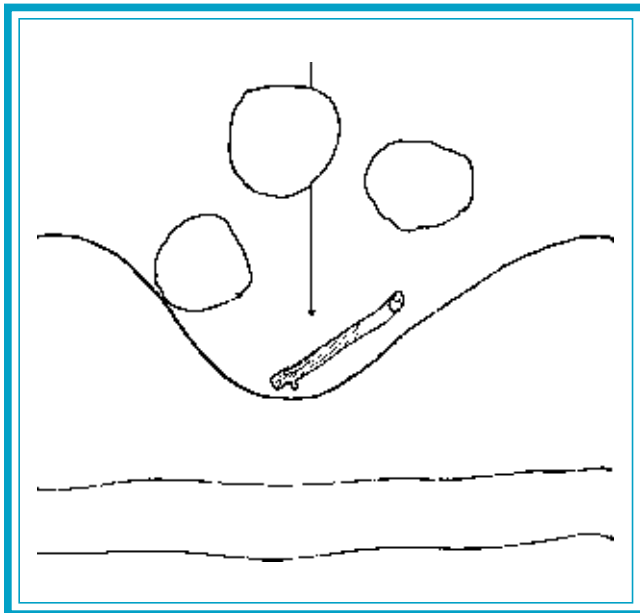
Cuando el lahar desciende estrepitosamente arrastrando, arrancando y destruyendo todo lo que encuentra su paso, presenta una masa de lodos como cemento, de color gris con beige. Cuando el lahar es caliente, en la inclinada es compacto, igual de pared a pared, pero cuando pierde la pendiente se observan de 2 a 3 oleadas iniciales de avanzada de uno 50 a 60 cm. de altitud, con arrastre de ramas y roca pequeña, con unos 50 m. de diferencia entre él, para presentar enseguida la masa principal de lahar, la que llega a medir estimadamente de 4 a 6 m. de altura cuando es de categoría 5, siendo central el conducto hidromotriz, el que sobresale como una gran cabeza unos dos metros por delante de los flancos, los que en descubiertos, donde ya no hay cañón, se abren como un gran abanico, y su oleaje es de unos 60 cm. de alto, depositando gran cantidad de sedimentos finos hasta escorias de 10 cm. a un metro de diámetro. El conducto central lleva más velocidad y arrastra consigo enormes árboles y rocas de gran tamaño.

**Figura No. 4**



**Reconstrucción de corte frontal del lahar del 30 de julio de 1998 del río Nima I, y la población del antiguo Palmar, 14:00 hr., con una altitud de carga de volumen máximo en el centro de aproximadamente 4 metros, con una velocidad estimada de unos 80 a 100 Km/h.**

Dr. Marco Vinicio Conde Carpio, CONRED



**Figura No. 5**

**Vista superior del inicio o cabeza del lahar donde se ha perdido el cañón del río, concentrándose centralmente la fuerza de mayor impacto, nótese las pequeñas oleadas hídricas precursoras**

Dr. Marco Vinicio Conde Carpio, CONRED

## Río Samalá

Los afluentes que lo forman se origina en Quetzaltenango y Totonicapán, y en su recorrido recibe las aguas negras y servidas de ambas ciudades y de poblaciones aledañas, siendo siempre el color de sus aguas café-marrón. Desciende por un cañón de unos 20 m. de profundidad, donde a la altura de Cantel recibe residuos químicos de aguas industriales, tornándose con espuma en su superficie. Sus aguas son usadas como regadíos para hortalizas y ofrece únicamente inundaciones hídricas cuando llueve mucho en el altiplano, pero no se ha reportado daño severo o destrucción de poblaciones.

Su cauce se profundiza aún más a la altura de Santa María de Jesús, Quetzaltenango, donde se aprovecha su caudal para generar electricidad, y su descenso es a través de un barranco profundo que separa los volcanes Santa María y Tomás Pecul, entrando al departamento de Retalhuleu, en San Felipe, con una caída de ángulo recto, puente Samalá III, y aguas abajo inicia su caudal más fuerte, al recibir las aguas del río Ixcayá (hídrico) y del río Nima I, que arrastra sedimentos volcánicos y lahares fríos

como producto del drenaje de material que se derrumba del cráter 1902 del volcán Santa María, y de lahares calientes procedentes del domo *el caliente*, brecha abierta en julio 1997. Aguas abajo de San Felipe, Retalhuleu, recibe las caudalosas aguas del río Nima II, con lahares fríos y calientes procedentes del volcán Santiaguito, donde ha formado un relleno de arena y rocas como muro natural, y que hace que sus aguas se represen a lo largo de la barranca de San Felipe.

Actualmente, a una distancia de 700 m. aguas abajo, recibe las caudalosas aguas del río El Tambor, con lahares fríos y calientes del volcán Santiaguito. A este nivel, la inclinada se hace más suave y es área de grandes depósitos volcánicos, el río se ha ensanchado llegando a medir hasta 100 m. de ancho o más, con la característica de formación de gigantescos meandros en sus riveras, donde destruyó por completo, en 1955, un puente con infraestructura de acero, parecido al puente Carlos Castillo Armas, teniendo una luz ese puente de 14 m. Dos lahares lo destruyeron, perdiéndose el paso de Palajunoj (hoy el Pomarrosal) hacia San Felipe, antigua ruta para Quetzaltenango.



**Lahar categoría 4, del 28 de agosto de 1993, 17:15 hr., en el momento de pasar bajo el puente Carlos Castillo Armas, con su tramo de aproximación, con siete horas de duración**



El puente fue reconstruido con bases de “diamantes” entre el cauce y tres grandes torres de acero, y que en 1988 fue totalmente arrasado por tres lahares. La luz de dicho puente era de 15 m. y sus cables de acero de pasamanos quedaron completamente enterrados en 1990 en el centro del cauce del río. La carga volcánica arrastrada por los lahares hacen del río Samalá un gran potencial de destrucción y que pone en peligro inminente de inundación y destrucción a la población de San Sebastián, la que dista unos 300 m. de su rive-

ra, siendo los cantones Paoj y Parinox los de alto riesgo, por estar 2 m. por debajo de su nivel. El cauce se ha perdido totalmente y a la altura de Retalhuleu, sepultó por completo bajo dos metros de arena el puente de concreto de 90 m. de largo y 13 de luz, que une a Retalhuleu con la población de Lolita de Mulua.

Actualmente, en las tierras bajas pierde por completo su cauce y un brazo inunda el río Ixpatz a nivel de lo que es la lotificación El Bosque, contigua a la colonia Villas del Pedregal II



**Borda de rocas de pequeño y mediano tamaño, de 1.7x5 metros (alto y ancho) en el río Samalá, San Sebastián, a nivel del cantón Parinox, para desviar las aguas y proteger la cuenca del río Ixpatz, verano de 1986. Trabajo realizado en la finca de hule Las Delicias para su defensa. Destruído por los lahares de 1988**

de Retalhuleu. Ha inundado, desde 1978, a las siguientes poblaciones: caserío de los mozos de la finca de hule Las Delicias, San José, Las Flores, aldea Las Pilas, comunidad agraria Santa Isabel, aldea Nueva Candelaria, comunidad agraria Santa Inés, Polígono 8 de la Máquina Centro II, aldea el Coco, San Juan El Húmedo, y recientemente Chuchuapán, peligrando las comunidades de El Porvenir y Maryland-CPR, a este nivel solamente con caudal hídrico y arena, siendo la población en alto riesgo de 21,000 habitantes.



## ESCALA CONDE CARPIO PARA LAHARES DEL VOLCÁN SANTIAGUITO (1980)

En la escala, los parámetros a evaluar son: contenido del lahar, velocidad estimada, temperatura y duración, con un punteo asignado según el parámetro a medir.

### I. Contenido

Contenido	Ausente	Poco	Regular	Grande	Cantidad extrema- damente presente
Lava disuelta					
Volumen hídrico					
Gases tóxicos					
Rocas grandes (3 a 5 m.)					
Otros materiales de arrastre					
a. Arena					
b. Lodo					
c. Rocas pequeñas					
d. Escorias volcánicas					
e. Troncos					
f. Árboles					
g. Animales					
h. Láminas y restos de viviendas					
Total					48

## Puntaje de contenido

Parámetro	Punteo
Ausente	0
Poca cantidad	1
Regular cantidad	2
Gran cantidad	3
Cantidad extremadamente presente	4

## II. Velocidad estimada (metros/segundo)

Se utiliza un flote (pelota de tenis)  $D/T = V$ , donde D=distancia  
T=tiempo y V=velocidad, expresada en m/s.

Km/h	m/s	Magnitud	Categoría
20	56	Leve	1
40	111	Moderado	2
60	167	Fuerte	3
80	222	Extramáximo	4
100	278	Super-extramáximo	5
100 y +	333	Catastrófico	6
Total			6

**Nota:** En el diario *El Gráfico* del 3 de agosto de 1984, página 10, reportaje del periodista Ricardo Gatica Trejo, informa que el lahar del 5 de junio de 1984, que destruyó el Antiguo Palmar, río Nima II, y azolvando y desviando al Nima I, recorrió del volcán al pueblo una distancia de 8 Km. en 2 minutos.

Fuente: Eddy Sánchez, director del INSIVUMEH

Velocidad del lahar: 240 Km/h (667 m/s). Categoría 6, escala Conde Carpio

### III. Temperatura

Temperatura	Punteo
Frío	0
Tibio	1
Caliente	2
Punteo	3
Total	3

### IV. Duración

Tiempo	Magnitud	Categoría
15 minutos	Leve	1
30 minutos	Moderado	2
45 minutos	Fuerte	3
1 hora	Extramáximo	4
2 horas	Super-extramáximo	5
3 horas y más	Catastrófico	6
Total		6

### PUNTAJE MÁXIMO DE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE LAHARES

	Parámetros	Puntaje
I	Contenido	48
II	Velocidad	6
III	Temperatura	3
IV	Duración	6
Total		63 puntos

## CLASIFICACIÓN

No.	Magnitud	Punteo	Categoría
1	—	0	Cause seco
2	—	2	Escorrentia normal de verano
3	—	4	Escorrentia normal de invierno
4	—	7	Crecentada
5	Leve	11	1
6	Moderado	21	2
7	Fuerte	32	3
8	Extra-máximo o destructivo	42	4
9	Super-extramáximo desastroso	53	5
10	Catastrófico	63	6

## EVALUACIÓN POSTIMPACTO

1.	Cambios geofísicos
2.	Daños ocasionados
3.	Elaboración de informes
4.	Análisis situacional

## CONCLUSIONES

1. La formación de lahares es continua, debido a la cronicidad eruptiva del volcán Santiaguito y los factores climáticos de exceso de lluvias sobre el mismo.
2. La actividad sísmica de la zona de subducción, principalmente en las zonas *Benioff* occidental y central, incrementa la actividad eruptiva del volcán Santiaguito.
3. La intensa actividad lahárica ha producido gran acumulo de material volcánico hipersedimentado, barrancas y cambiado el curso de los ríos Nima I en el Antiguo Palmar, El Tambor en finca Filadelfia, San Felipe, y ha afectado en sumo grado la cuenca del río Samalá, que amenaza fuertemente a poblaciones y obras de infraestructura aledañas.
4. En la actualidad no existe un sistema de alerta temprana para el río Samalá, a pesar que en la finca El Faro se encuentra el observatorio vulcanológico del INSIVUMEH. La comunicación vía radio tiene que hacerse primero a la central, de donde la información de peligro se da a las bases de San Sebastián, Retalhuleu y de Nueva Candelaria ya en forma tardía.
5. Se debe concientizar y adiestrar en lahares a las personas que tienen la responsabilidad de informar vía radio, especialmente en la base de la finca El Faro, para usar correctamente esta importante comunicación como alerta temprana, mientras se logra establecer un sistema adecuado a los ríos susceptibles de incrementar su caudal por lahares.
6. El suscrito no tiene acceso a BASE Retalhuleu y CONRED Retalhuleu, quienes son informados por INSIVUMEH y CONRED central, perdiendo así valiosa información y tiempo precioso de acción, porque el análisis estratégico de la gestión de emergencia son acciones unilaterales y la comunicación del suscrito a CONRED central es imposible por encontrarse infartadas las vías telefónicas, retrasándose así la información técnica del diagnóstico situacional de emergencia.
7. Deberá organizarse y adiestrar a las distintas comunidades de alto riesgo por inundaciones laháricas y daños secundarios a los mismos en las partes altas y bajas de las cuencas afectadas en Prevención, Mitigación y Preparación en desastres.





## ANEXOS



Complejo Volcánico Santa María-Santiago, visto desde el lado sur, hacia el Antiguo Palmar, donde se observan las cuencas receptoras del río Nima II



Vista del Complejo Volcánico Santa María-Santiago a 8 Km. de distancia, donde se aprecia del lado derecho la erosión del Cráter 1902 del volcán Santa María  
Tomada desde la laguna formada en el cantón El Patrocinio del Antiguo Palmar, por los lahares de 1983



Vista aérea del azolvamiento del río Nima II (lado derecho) al río El Tambor (lado izquierdo). Cambios geofísicos severos secundarios al lahares, procedentes del volcán Santiaguito observados en 1990, cuando el río El Tambor cambió de cauce. Aguas abajo, ambos caudales desembocan en el río Samalá con todo el material volcánico



Vista aérea del río Samalá en las tierras bajas, donde se forma un gigantesco delta al perderse el cauce.



Erupción lateral de blas de ángulo bajo, volcán Santiaguito, tomada en el casco de la finca Patzulín. Esa nube mató a cuatro personas de la Asociación Quetzalteca de Andinismo, la mañana del 19 de julio de 1990. La nube descendió por el cauce del río Nima II.

Fotografía cortesía de finca Patzulín



## BIBLIOGRAFÍA

Conde Carpio, Marco Vinicio. *Samalá S.O.S. Estudio vulcanológico del volcán Santiaguito e hidrográfico de las cuencas de los ríos Nima I, Nima II, EL Tambor y Samalá, y los riesgos de inundaciones a poblaciones cercanas*. Guatemala, 1986

Conde Carpio, Marco Vinicio. *Informe de lahares significativos, años 1987 y 1988*. CONE. Guatemala, 1988

Conde Carpio, Marco Vinicio. *Plan de trabajo 1989*. CONE. Guatemala, 1989

Conde Carpio, Marco Vinicio. *Estudio científico de sismicidad por subducción, erupción del volcán Santiaguito, los riesgos de inundaciones por los lahares de los ríos El Tamor y Nima II al río Samalá y los daños a poblaciones aledañas, y sus consecuencias medico-sociales*. CONE. Guatemala, junio 1993

*Curso de vulcanología práctica*. INSIVUMEH-CONE. Guatemala, diciembre 1990

*Estudio preliminar del problema de El Palmar, Quetzaltenango*. INSIVUMEH. Guatemala, agosto 1982

*Manual de campo, evaluación de daños y análisis de necesidades*. USAID/OFDA. San José, Costa Rica, septiembre 1995

*Manual de emergencias volcánicas*, UNDRO. 1980

*Rivers in Japan*. River Bureau, Ministry of Construction. Japan, 1985

Rose, William. *Santiaguito Volcanic Dome, Guatemala*. Bulletin v.83. Geological Society of America. May 1972.

Rose, William I. *Volcanic Activity at Santiaguito Volcano, 1976-1984*. Geological Society of America. 1987

Rose, William Jr. *Nuee Ardente from Santiaguito Volcano, april 1973*. Department of Geology and Geological Engineering, Michigan Technological University, Houston, Michigan, 49931, USA

Sapper, Karl. *In den vulcangebieten mittelamerikas und nestindiens 1905*.

Saper, Karl and Termer, Franz. *The eruption of Santa Maria Volcano in Guatemala from November 2-4, 1929*. Z. VULK., 13: 73-100. 1930

*Sediment Disaster preventive works in Japan*. Ministry on Construction. Japan, 1985



# ÍNDICE

UNA NOTA MUY IMPORTANTE SOBRE EL AUTOR.....	5
INTRODUCCIÓN .....	7
OBJETIVOS .....	9
DEFINICIONES .....	9
Flujo de lodo volcánico -lahares- .....	9
Efectos sobre la vida y los bienes .....	10
ANTECEDENTES HISTÓRICOS .....	11
Complejo Volcánico Santa María-Santiaguito .....	11
FACTORES QUE INTERVINIERON EN LA FORMACIÓN DE LAHARES .....	17
Actividad eruptiva del volcán Santiaguito .....	17
Material volcánico inestablemente depositado .....	18
Condiciones hidrometereológicas de la región del complejo volcánico .....	19
Inclinación de pendientes .....	19
Hidráulica fluvial de los ríos Nima I, Nima II, El Tambor y Samalá .....	21
Río Samalá .....	24
ESCALA CONDE CARPIO PARA LAHARES DEL VOLCÁN SANTIAGUITO (1980) .....	27
CONCLUSIONES .....	31
ANEXOS .....	33
BIBLIOGRAFÍA .....	37

La presente edición de *Clasificación de lahares. Volcán de Santiaguito. Escala Conde Carpio*, se terminó de imprimir en los talleres de Magna Terra editores en noviembre de 2000. El tiro, sobre bond 80 gramos, es de 500 ejemplares