

DIRECCION DE PLANIFICACION ELECTRICA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

BOLETIN DEL



AÑO 3, N°5, JUNIO DE 1990 — SAN JOSE , COSTA RICA

ISSN 1015-4396

DIRECCION DE PLANIFICACION ELECTRICA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

BOLETIN DEL OBSERVATORIO
VULCANOLOGICO DEL ARENAL

EDITORES: Geól. Gerardo J. Soto
Geól. Rafael Barquero

AÑO 3, Nº 5, JUNIO DE 1990

SAN JOSE, COSTA RICA

I N D I C E

| | Pag |
|---|-----|
| Barcuero, R , Soto, G Reporte de la actividad del volcán Arenal enero-junio 1991 | 01 |
| Zapata, M I , Soto, G Lahares antiguos y re- cientes en el volcán Arenal, Costa Rica | 04 |
| Paniagua, S . Cosillo, A., Mora, D , Sanchez, L . Esquivel, D., Soto, G , Alvarado, G., Arredondo. S Principales referencias bibliográficas sobre volcanología de América Central con énfasis en Costa Rica (1960-1988) | 29 |

OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DEL ARENAL (O.V.A.) *
 Sección de Sismología e Ingeniería Sísmica
 Departamento de Geología
 Instituto Costarricense de Electricidad
 Apdo. 10032 - 1000, SAN JOSE, COSTA RICA

Teléfonos:

(506) 20-7741
 (506) 20-7686

Telex: (376) 2140

Fax : (506) 33-38-71

El Observatorio Vulcanológico del Arenal (OVA) es parte de la Sección de Sismología e Ingeniería Sísmica del Departamento de Geología del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), la cual conjuntamente con la Sección de Sismología, Vulcanología y Exploración Geofísica de la Escuela Centroamericana de Geología constituyen la RED SISMOLOGICA NACIONAL (RSN:ICE-UCR).

Personal profesional del ICE:

- 1- Geól. Guillermo Alvarado, Petrología y Tectónica
- 2- Ing. José Miguel Barrantes, Electrónica
- 3- Geól. Rafael Barquero, Sismología
- 4- Geól. Ileana Boschini, Sismología
- 5- Ing. Carlos Cordero, Topografía.
- 6- Lic. José F. Fernández, Química.
- 7- Geól. Carlos Leandro, Gravimetría y Magnetometría
- 8- Geól. Gerardo Soto, Geología.

Personal técnico y de apoyo:

- Francisco Arias
- Guido Calvo
- Milton Corrales
- Manuel Gutiérrez

* Miembro de la World Organization of Volcano Observatories (WOVO).

Equipo y técnicas de auscultación:

Estaciones sismográficas telemétricas permanentes:

| Estación | Código | Lat. N | Long. W | Elevac. | Dist. Volcán |
|----------|--------|-----------|-----------|---------|--------------|
| FORTUNA | FOR | 10 28,00' | 84 41,52' | 500 m | 04,0 km al E |
| CHIRIPA | AR6 | 10 26,38' | 84 54,63' | 1020 m | 22,2 km al W |

Estaciones sismográficas portátiles MQ-800, seis.

Red de nueve inclinómetros secos instalados en forma radial alrededor del volcán.

Laboratorio Químico.

Distanciómetro electrónico (EDM).

Red de diez estaciones para muestreo geoquímico de fuentes termales y frías.

Red de hitos para medidas gravimétricas y otras técnicas geofísicas.

Periódicamente se realizan visitas de observación para conocer la dinámica del volcán y detectar cualquier situación anormal.

OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO DEL ARENAL (O.V.A.) *
 Sección de Sismología e Ingeniería Sísmica
 Departamento de Geología
 Instituto Costarricense de Electricidad
 Apdo. 10032 - 1000, SAN JOSE, COSTA RICA

Telephones:

(506) 20-7741
 (506) 20-7686

Telex: (376) 2140

Fax : (506) 33-38-71

The Observatorio Vulcanológico del Arenal (OVA) is part of the Section of Seismology and Seismic Engineering, of the Department of Geology of the Costa Rican Institute of Electricity which, together with the Section of Seismology, Volcanology and Geophysics Exploration of the Central American School of Geology constitute the NATIONAL SEISMOLOGICAL NETWORK (RSN:ICE-UCR).

Professional staff of ICE:

- 1- Geól. Guillermo Alvarado, Petrology and Tectonics
- 2- Eng. José Miguel Barrantes, Electronics
- 3- Geól. Rafael Barquero, Seismology
- 4- Geól. Ileana Boschini, Seismology
- 5- Eng. Carlos Cordero, Topography.
- 6- Lic José F. Fernández, Chemistry
- 7- Geól. Carlos Leandro, Gravimetry and Magnetometry
- 8- Gerardo Soto, Geology

Technical and auxiliary staff:

- Francisco Arias
- Guido Calvo
- Milton Corrales
- Manuel Gutiérrez

* Member of the World Organization of Volcano Observatories (WVOI)

Equipment and monitoring technics:

Permanent telemetric seismographic stations:

| Station | Code | Lat. N | Long. W | Elevat. | Dist.volcano |
|---------|------|-----------|-----------|---------|--------------|
| FORTUNA | FOR | 10 28.00' | 84 41.52' | 500 m | 04.0 Km E |
| CHIRIPA | AR6 | 10 26.38' | 84 54.63' | 1020 m | 22.2 Km W |

Portable seismographic stations MQ-800, six.

Network of nine dry-tilt stations located radially around the volcano.

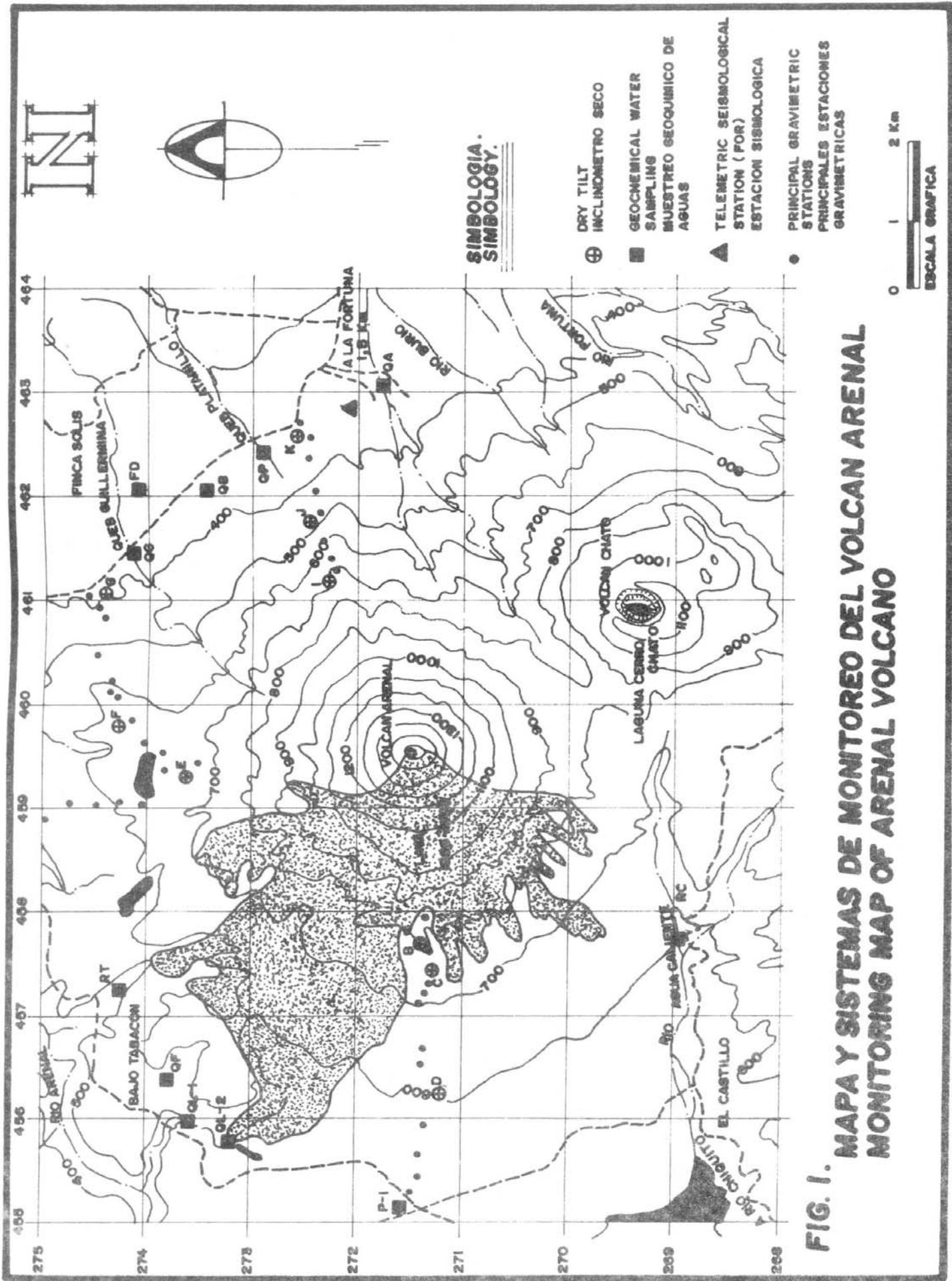
Chemistry laboratory.

Electronic Distance Meter (EDM).

Ten station network for geochemical monitoring of cool and hot springs.

Network of stations for gravimetric and magnetometric measurements.

Field observations are carried out periodically in order to know about the volcano dynamics and to detect any abnormal phenomena.



**FIG. 1. MAPA Y SISTEMAS DE MONITOREO DEL VOLCAN ARENAL
MONITORING MAP OF ARENAL VOLCANO**

-01-

REPORTE DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN ARENAL ENERO - JUNIO 1990

Rafael Barquero
Gerardo Soto

ENERO: La actividad se mantuvo normal, con un descenso moderado a partir del día 15 desde cuando hubo un promedio de 15 eventos sismo-volcánicos diarios. La actividad de trémores aumentó a partir del 22 de enero.

FEBRERO: Actividad normal con un promedio de 20 sismos volcánicos diarios y un máximo de 41 eventos por día. La actividad de trémores mostró cierto incremento los primeros días del mes. Una colada de lava blocosa se observó descendiendo por el flanco NW hasta la cota 900 m s.n.m.

MARZO: Incremento importante en la actividad sísmica del volcán con un máximo de 50 eventos diarios que fue la máxima cifra alcanzada durante la primera mitad del presente año. Aumento moderado de la actividad explosiva tipo estromboliano. Continuó el descenso de la colada de lava por el flanco NW.

ABRIL: Descenso moderado en la actividad con respecto a meses anteriores, la actividad sísmica se redujo a un promedio de 16 eventos diarios y con un máximo de 34 eventos el día 16 de abril.

MAYO: En mayo la actividad fue moderada, caracterizada principalmente por actividad fumarólica intensa en el cráter C y débil en el D (rica en vapor de agua) y explosiones estrombolianas pequeñas. La colada de lava que bajaba por el flanco NW desde hace varios meses alcanzó la cota de 700 m s.n.m., dividida en cuatro frentes. Dos nuevas coladas blocosas aparecieron en el cráter C, descendiendo hacia el NW y SSW. El día 29 de mayo se observó un pequeño flujo piroclástico blocoso, probablemente originado en el frente de lava que bajaba hacia el NW.

El nivel de actividad sísmica se mantuvo normal, con un promedio de 15 eventos por día, algunos de los cuales se asocian a explosiones estrombolianas moderadas y pequeñas, cuyas nubes de ceniza y vapor no sobrepasaban un kilómetro de altitud. Se registraron trémores asociados a la fuerte desgasificación. Los días de mayor actividad sísmica fueron el 12 y el 15 de mayo, días en que se registraron 42 y 38 eventos respectivamente.

JUNIO: Continúa la actividad estromboliana y efusiva. Las columnas de piroclastos de las explosiones estrombolianas alcanzaban varias centenas de metros sobre el cráter C proyectando bloques con caída balística. Se mantuvo la actividad fumarólica vigorosa en el cono compuesto y cerca del cráter D. Las coladas blocosas que se observaron el mes anterior saliendo del cráter C hacia el NW y el WSW continuaron bajando, sus frentes se encuentran cerca de las cotas 1350 m s.n.m. y 1500 m s.n.m. respectivamente. De tales frentes se desprenden bloques que ruedan ladera abajo.

El número de sismos volcánicos registrados descendió respecto a los meses anteriores. El promedio de eventos diarios fue de 20. El máximo de la actividad ocurrió el día 17, con 28 eventos. A partir del día 16 hubo un incremento moderado en la actividad de trémores por desgasificación intensa.

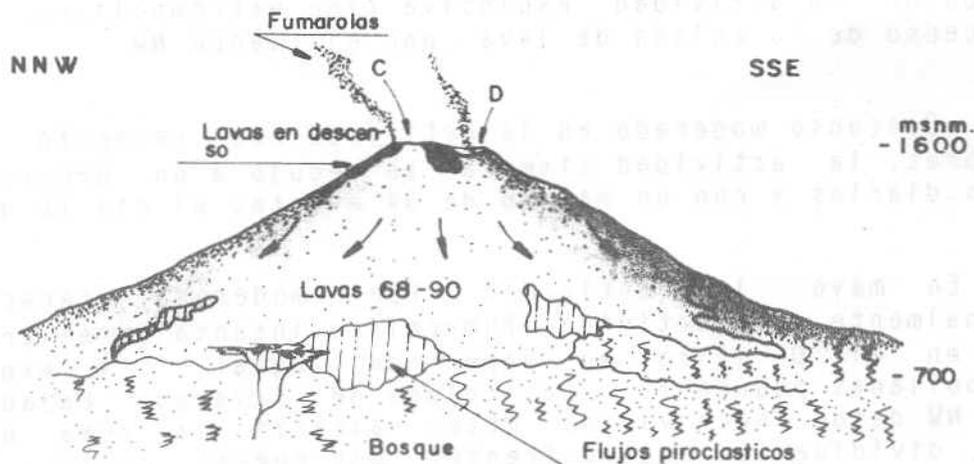
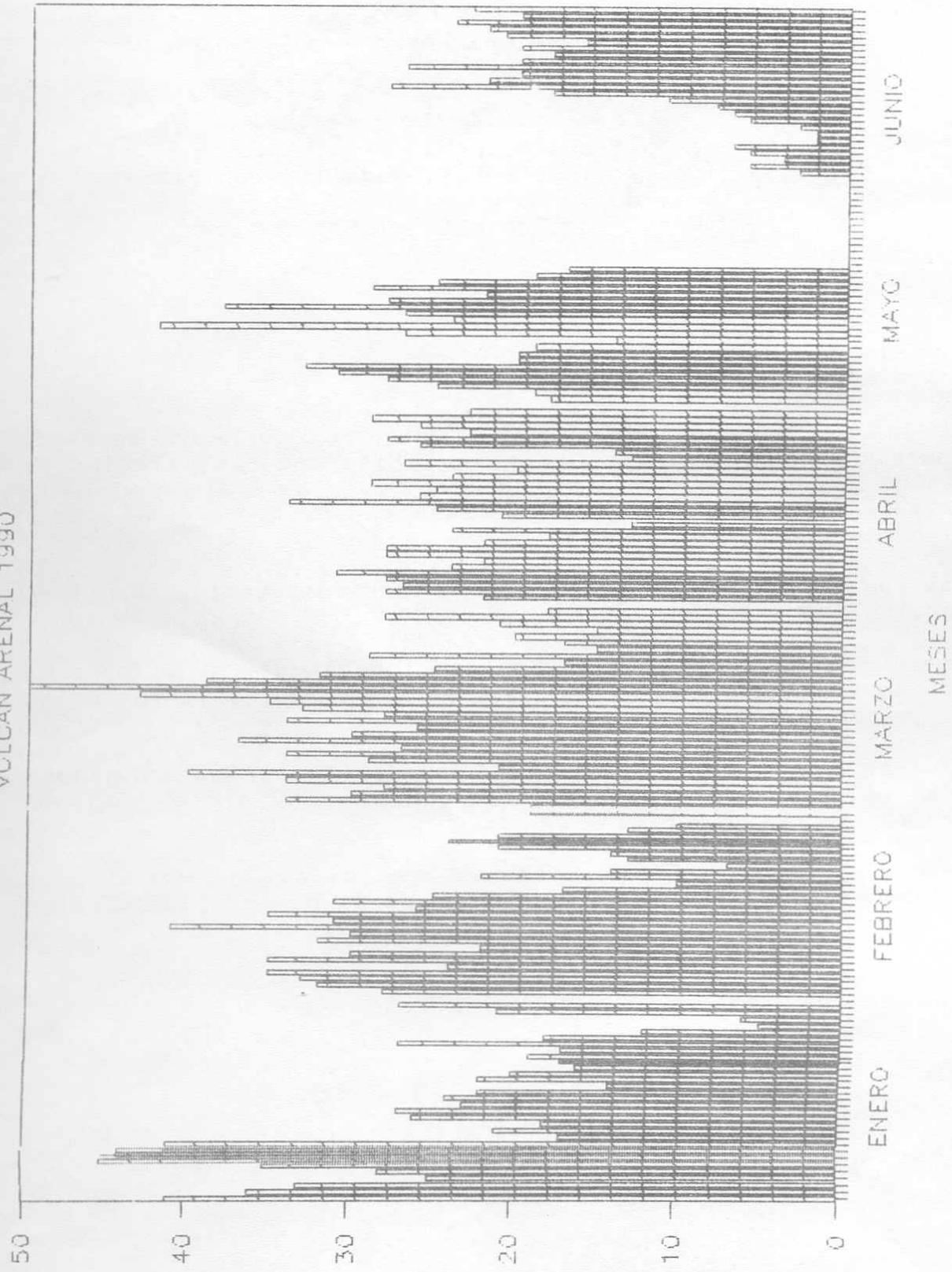


FIG. 2

ESQUEMA SOBRE FOTOGRAFIA DEL 28 DE JUNIO,
FLANCO OESTE DEL VOLCAN ARENAL.

FIGURA 3
NUMERO DE SISMOS VOLCANICOS DIARIOS
VOLCAN ARENAL 1990



LAHARES ANTIGUOS Y RECIENTES EN EL VOLCAN ARENAL, COSTA RICA

María Isabel Zapata
(Universidad EAFIT, Medellín, Colombia)
Gerardo J. Soto
(Depto. de Geología, ICE)

RESUMEN

Se han identificado y mapeado lahares en facies distales del volcán Arenal, en varios de sus flancos.

A raíz del período eruptivo iniciado en 1968, se han originando flujos de detritos. El deterioro erosivo de las cuencas altas en el volcán, causado por el bombardeo piroclástico, que deja al descubierto facies proximales de lavas blocosas y piroclastos de flujo y de caída, facilita el proceso lahárico.

Algunos lahares antiguos están relacionados con eventos eruptivos de gran magnitud, como lo son los plinianos.

La fuente de los lahares modernos son los bloques de autobrecha y tefras de las unidades A2a y A1a, que quedan al descubierto en los "peladeros", sobre los 1000 m s.n.m.

Los lahares son hiperconcentrados, con matriz arenosa-gravilosa y con ausencia de finos. La granoselección es muy pobre, con una distribución multimodal del tamaño de grano.

Existe una estrecha relación entre la precipitación pluvial y el disparo de lahares. Las lluvias intensas en pocas horas o varios días actúan como agente disparador.

Las áreas afectadas por estos lahares son los flancos norte, suroeste, este y sureste del aparato volcánico.

ABSTRACT

Lahars of distal facies have been identified and mapped around Arenal volcano

Debris flows have flowed as a result of present eruptive period, which began in 1968

Erosional damage in high watersheds, with heavy pyroclastic bombardment, have left proximal facies of lavas and pyroclastics uncovered, making easier the lahar process

Some old lahars are related with strong explosive events, like plinians.

The source of modern lahars are autobreccia blocks and tephra of units A2a and A1a, which are uncovered in "peladeros" above 1000 m a.s.l.

Lahars are hyperconcentrated, with sandy-pebbly matrix, and lack of fines. Sorting is very poor, with multimodal distribution of grain size.

There is a close relation between rain fall and triggering of lahars. Heavy rains in few hours or few days, act as triggering mechanism.

Influenced areas by lahars are north, southwest, east and southeast flanks of the volcanic edifice.

1. INTRODUCCION

Los flujos de lodo y detritos volcánicos son conocidos como lahares, nombre dado en Java (Indonesia), en donde además de frecuentes, son peligrosos. Los materiales pueden ser transportados en frío o en caliente.

Rodolfo et al. (1989) usan el término, para un fenómeno volcanogénico que incluye tanto flujos de detritos, como flujos de inundación hiperconcentrados, generalmente con poca o sin matriz fina. Scott (1988) utiliza el término lahar para "un flujo detrítico volcánico y su depósito". En estos mismos ordenes utilizamos el concepto de lahar en este trabajo.

El Arenal es un estratovolcán joven (unos 3000 años de antigüedad), cuyas facies volcánicas distales se encuentran cerca de los focos emisores centrales (distancia radial desde el cráter $D = 2,5$ km). Los frentes de coladas más lejanos del punto de efusión, sobreyacen a depósitos de flujos y oleadas piroclásticas, tefras de caída y lahares (Fig.1). Las facies distales sobreyacen a volcanitas del Chato y preChato, cuyas edades son pleistocenas, y a las lavas "Arenal Bajo", que son las más antiguas del volcán.

Durante la historia eruptiva del Arenal, se han sucedido múltiples eventos laháricos, cuyos depósitos hoy afloran en la periferia norte, sureste y suroeste del volcán. Las fuertes lluvias erosionan rápidamente los piroclastos y las brechas de techo de lava de los flancos más abruptos del cono, y por lo tanto, luego de la efusión de lavas, cabe esperar un incremento rápido en la cantidad y volumen de lahares.

A raíz de la presente erupción (1968 a hoy), se han disparado flujos de detritos movilizados en un medio acuoso, originados en las laderas altas y medias del cono, que se han depositado en los flancos E, SW y N del volcán.

Su origen y distribución han sido estudiados en fotografías aéreas. La corroboración de campo ha permitido mapear algunos flujos laháricos previos a los de este periodo eruptivo, así como caracterizarlos composicional y granulométricamente, lo cual ha sido realizado también para los más recientes.

Con base en este estudio de campo, se infieren e indican las áreas potencialmente afectables por lahares futuros.

2 LAHARES ANTIGUOS

Los depósitos laháricos antiguos cubren una extensa superficie, pero en la mayoría de los casos se encuentran cubiertos por flujos de lava en los Flancos NE y SW, y por material piroclástico de explosiones pre-históricas en los flancos del volcán. Malavassi (1979) reporta flujos de lodo en la base del flanco NE del volcán, a lo largo de arroyos que descienden por el cono del Arenal y a lo largo de la cuenca de la quebrada La Palma y la Laguna Cedeño y por otros arroyos secundarios en el flanco N, con espesores entre 20 y 40 m. También se observan en la parte baja del río Tabacón con un espesor de 25 m, en las quebradas del flanco NE y en los afluentes del río Agua Caliente, en el flanco SW.

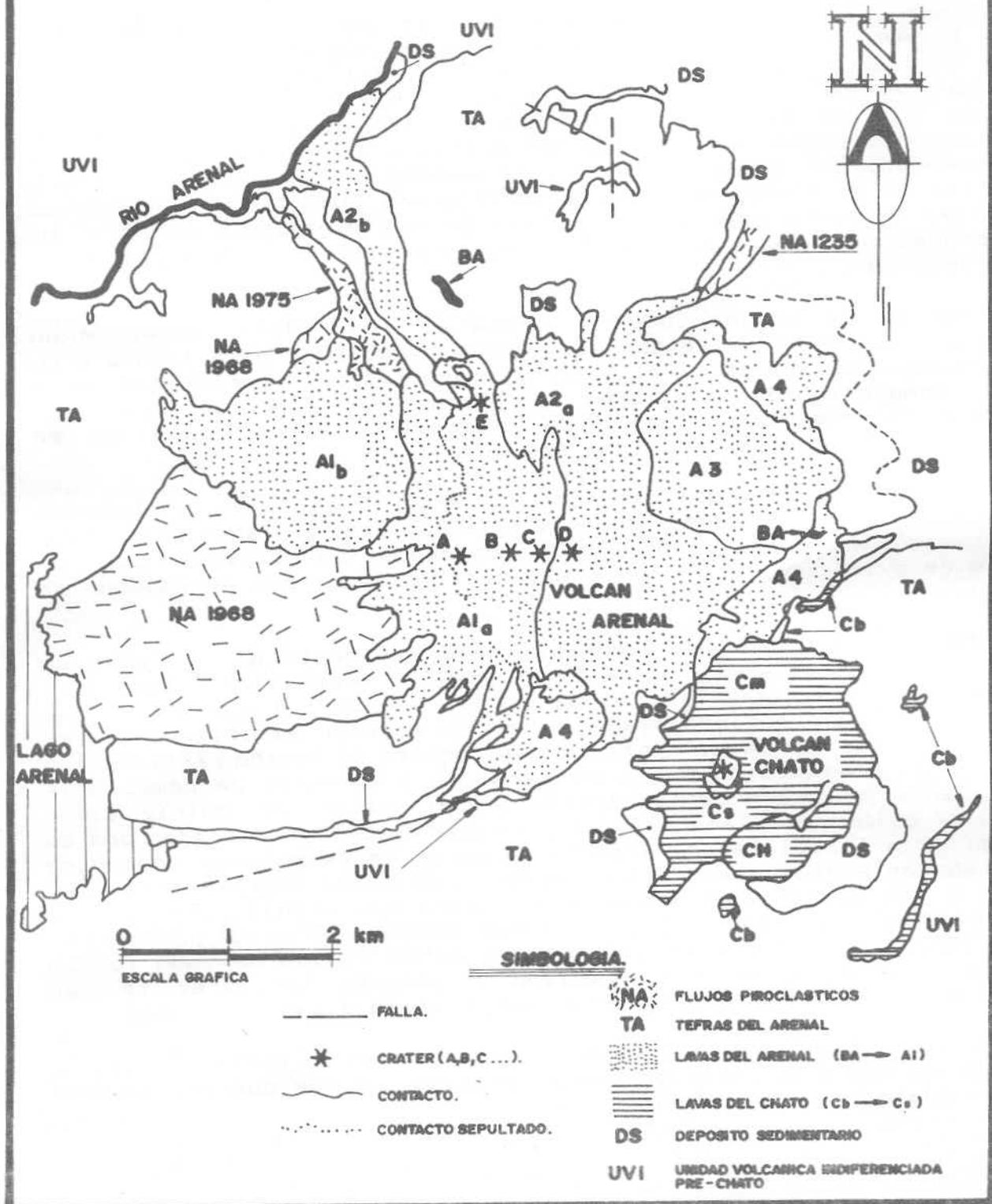
Al sur de la Laguna Cedeño, Borgia et al. (1988), mapearon un depósito aluvial en forma de abanico, sedimentado contra la laguna y su barrera topográfica norte. Tal abanico tiene las características de un depósito compuesto de aluviones y flujos de detritos (lahares) interestratificados, cuya fuente de materiales fueron las lavas en bloques y piroclastos de la unidad A2a (Fig. 1).

En el afluente No. 1 del río Agua Caliente (Figs. 2, 3) se observan también interestratificados, depósitos aluviales y laháricos, cuyo espesor visible es 3,5 m, separado de los depósitos recientes por un horizonte de oxidación (paleosuelo mal desarrollado) con un espesor de 30 cm.

En la parte baja de la Quebrada Chato (afluente de la Calle de Arena), sobreyaciendo a las lavas "Chato bajo" (mapeada por Borgia et al., 1988, datadas por Gillot et al., 1990, en 38 ± 4 mil años), hay un depósito de flujo de lodo (lahar), con un espesor visible de 1,6 m, con fragmentos subredondeados policomposicionales de tamaño centimétrico a decimétrico, enriquecido hacia el techo de fragmentos de pómez gris con hornblenda de orden centimétrico, y con sostén por matriz limo-arcillosa de color pardo-amarillento. Lo sobreyace una delgada capa de pómez similar a la del lahar (Fig. 3) de pocos cm de espesor (menor de 20) y de aparente depositación por caída. Las pómez sobreyacentes son similares a las de la mayor erupción pliniana del Arenal, que ocurrió entre los años 1000-1400 D.C., y probablemente cerca de 1350 D.C. (Chiesa, 1987), por lo que se infiere que estos flujos de lodo fueron disparados durante el evento pliniano. Lahares similares se han observado en la Quebrada Guillermina, subyaciendo a las lavas A2a.

Otros depósitos laháricos parecidos afloran en la parte alta de la Quebrada Chato, pero su posición estratigráfica sugiere que provinieron del volcán Chato y no del Arenal.

FIG.1: MAPA GEOLOGICO SIMPLIFICADO DE LOS VOLCANES ARENAL Y CHATO. (TOMADO DE ALVARADO *et al.*, 1988)



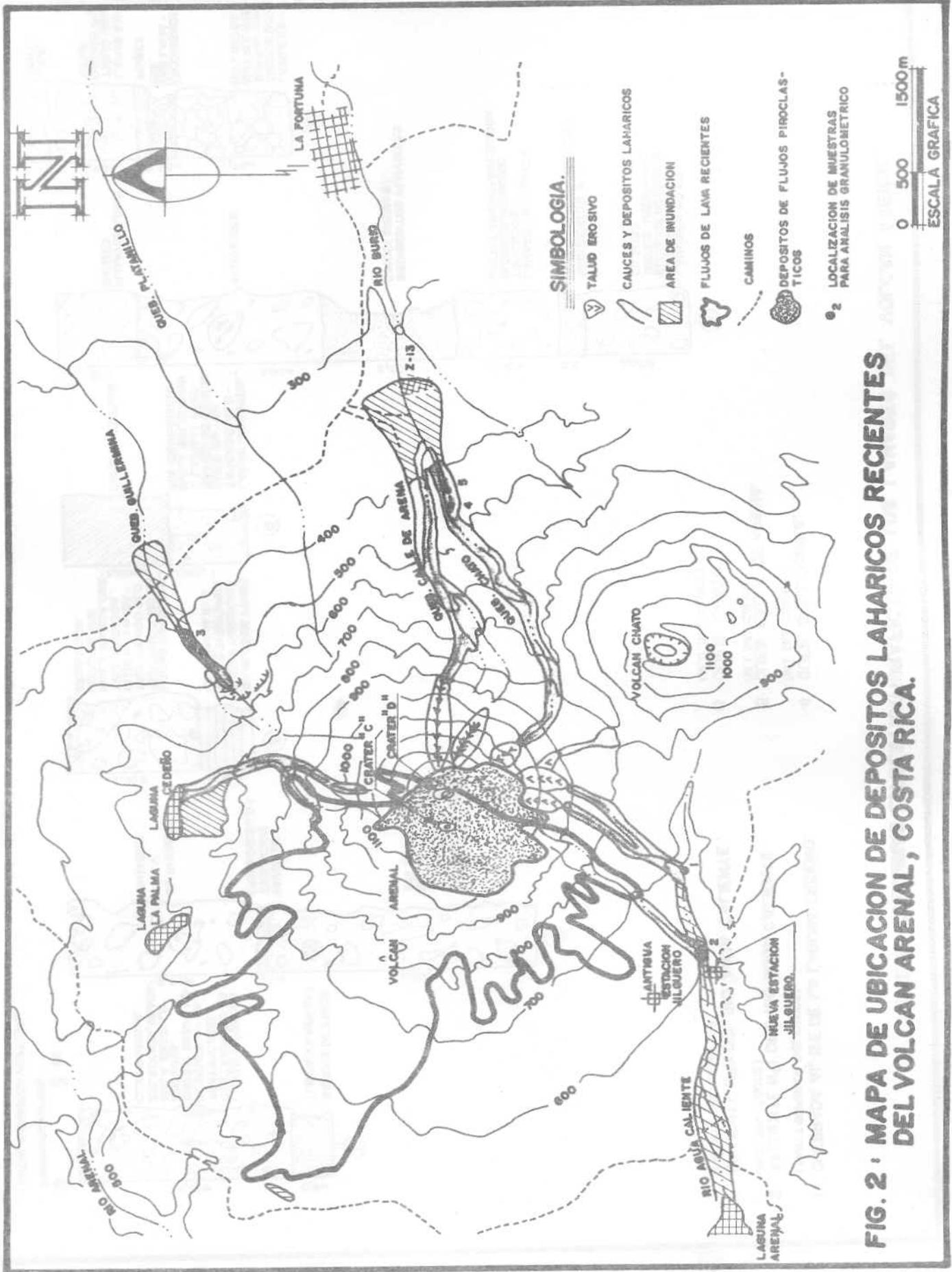
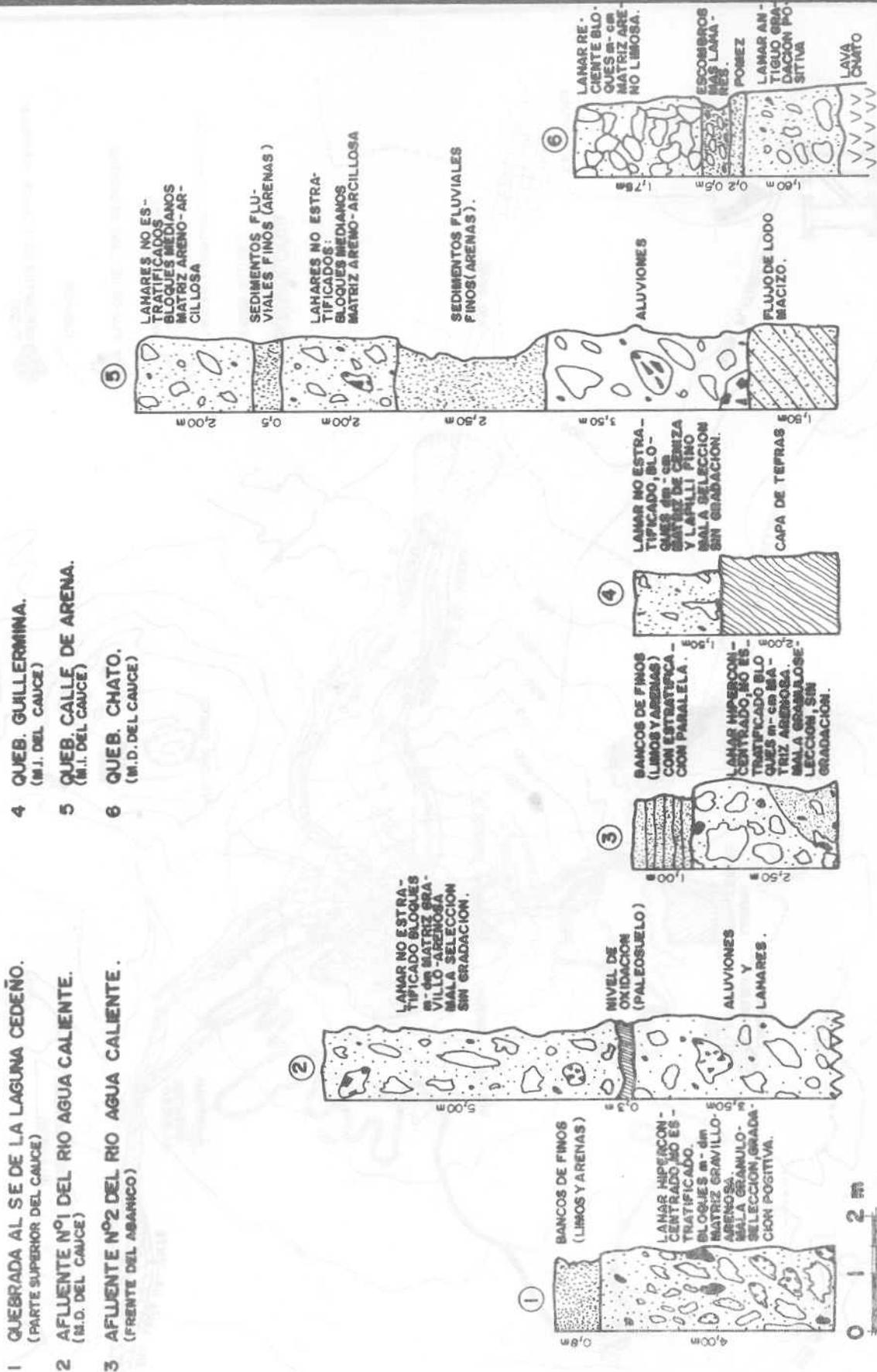


FIG. 2 : MAPA DE UBICACION DE DEPOSITOS LAHARICOS RECIENTES DEL VOLCAN ARENAL, COSTA RICA.

FIG. 3: COLUMNAS LITOSTRATIGRAFICAS DE LOS LAHARES DEL VOLCAN ARENAL.



3. LAHARES RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD DE 1968-90

La actividad volcánica del Arenal en los 22 años precedentes, ha provocado la destrucción, en buena parte, de la capa vegetal boscosa de la cúspide del volcán. En particular, la actividad estromboliana iniciada en 1984, ha impactado con bloques y bombas, causando una dramática remoción de materiales piroclásticos y de lavas blocosas en la periferia del cráter D (cuspidal). Como consecuencia, la erosión y deslizamientos se han incrementado en tales áreas.

Borgia et al. (1988) refieren cuatro pequeños lahares emplazados durante la época lluviosa de 1984 y 1985 a lo largo de los mayores valles.

3.1. Fuente de los materiales

Los clastos que contienen los depósitos de flujos de detritos (lahares) son similares a los de las lavas de las unidades A1, A2 (sensu Borgia et al., 1988), y piroclastos similares a estas lavas que cubren toda la periferia de la cúspide hasta una distancia radial de unos 2.5 km.

El rápido y creciente proceso erosivo degenerativo de los flancos altos sobre la cota de los 1000 m s.n.m. (los llamados "peladeros") ha promovido asimismo el deslizamiento de las paredes de las quebradas (hasta la cota de 600 m s.n.m.) con áreas subcónicas que son las fuentes de material para los flujos.

Los "peladeros" más conspicuos (Fig 2) se ubican en el flanco sur, hacia las nacientes del Río Agua Caliente, al este y sureste en las nacientes de las quebradas Calle de Arena y Chato, y al norte, en las nacientes de las quebradas Guillermina, Platanillo, y las que desembocan en la Laguna Cedeño. Todo el flanco oeste ha sido derruido en su vegetación por las coladas y piroclastos de flujo y de caída, y cubiertas por las lavas actuales.

3.2. Áreas afectadas

Borgia et al. (1988) y Alvarado et al. (1988) señalan en sendos mapas, los cauces de los ríos Agua Caliente, Calle de Arena, Chato, Guillermina y Palma, como los afectados por lahares. Deben agregarse el río Platanillo y la quebrada al SE de Laguna Cedeño.

Los depósitos están al menos a 2 km de distancia radial de la cúspide. Forman abanicos de algunas decenas de metros de ancho en los lechos de baja pendiente de los valles (Fig 2).

3.3. Características de los lahares

Cada uno de los valles mencionados presenta varios depósitos superpuestos. Probablemente, la mayoría y los más voluminosos de ellos se han originado posteriormente a 1984, tal como reportan Borgia et al (1988) y lo sugiere el análisis de las fotografías aéreas entre 1971-88.

Las características y estratigrafía de los depósitos observados se resumen en la figura 3.

3.3.1. Quebrada al sureste de la Laguna Cedefio

Los flujos detríticos sobreyacen al abanico previo, formando un nuevo abanico de desbordamiento que alcanza el borde de la laguna. Está limitado en sus márgenes por coladas de la unidad A2a. El cauce actual corta los depósitos de su propio abanico, y avanza paulatinamente hacia la laguna. La pendiente del abanico es 9°.

La fuente de los materiales son las autobrechas y bloques de las coladas de la unidad A2a (minoritariamente) y mayoritariamente los bloques de las coladas recientes. Sobre la quebrada se ha encauzado una colada en bloques de 30 m de espesor que llega hasta la cota de 810 m.

El depósito actual tiene un espesor mínimo de 4 m, ancho máximo de 30 m (incluyendo áreas inundables de finos) y ancho promedio de 12 m. Los depósitos entre los 800-650 m son hiperconcentrados, con bloques subangulares de tamaño métrico y decimétrico, con sostén por matriz o granos. Tienen algunos paquetes con gradación positiva, buena granoselección y presentan bancos de finos de inundación con espesores de hasta 80 cm. En el frente del abanico (650-610 m) se observan pocos bloques métricos, y predomina una matriz gravillo-arenosa fácilmente erosionable.

3.3.2. Rio Agua Caliente

Entre 1971 y 1988, puede ser considerado como un periodo de alta erosión según las evidencias apreciables en las fotografías aéreas de estos años. Así por ejemplo, en los afluentes de este río, los cauces se observan más profundos y su delta tiene un área mayor como consecuencia de la gran cantidad de material transportado y depositado allí.

Dentro de los depósitos se encuentran fragmentos metálicos de un avión (tipo DC-3, de LACSA) que se estrelló el 12 de mayo de 1961 en el flanco sur del Volcán (A Escalante, comunicación escrita del 05/06/90). Esto reafirma que los depósitos se han originado post-1961, y muy probablemente, contemporáneos con la reactivación del volcán.

Al noreste, en la cabecera de los afluentes, donde la pendiente es más fuerte (35°), gran parte del material volcánico y la cubierta vegetal fueron removilizados. Cuando los flujos labraron canales y rasparon la superficie, originaron lahares más concentrados, que depositaron toda su carga contra la margen derecha del río Agua Caliente, y desarrollaron abanicos de re-embalsamiento que actualmente se observan cortados, debido a que la corriente retrabajó el área y permitió el drenaje de las aguas represadas (Fig 4). En el propio río Agua Caliente hay pocos depósitos, pero sí hay evidencias de avenidas recientes (árboles frescos arrastrados) en aquellas áreas donde el río no está encañonado, puesto que en estos sitios es un río netamente erosivo.

Por lo demás, el comportamiento del río Agua Caliente cerca de su desembocadura en el embalse de Arenal, corresponde con la de un río trenzado, cuya sedimentación es más de material fino que grueso. De acuerdo con esto, la boca del río Agua Caliente, en su fondo y márgenes exteriores, está conformada por sedimentos arenosos predominantemente, acelerando el proceso de sedimentación y contaminación del embalse.

3.3.3. Afluente No.1 del río Agua Caliente

Esta quebrada presenta un cauce renovado en los últimos años (probablemente entre el 86 - 90, según comunicación verbal de Francisco Arias, 1990). Es estrecho con paredes subverticales, que muestran deslizamientos constantes, algunos de ellos en áreas de manantiales, y socavado a consecuencia de la fuerte erosión (Fig.5).

La fuente de los materiales (piroclastos, escoria y lavas en bloques) se ubica en un talud erosivo que baja hasta los 1100 m, desde donde el curso de la quebrada corre a través de lavas hasta la cota de 700 m, a partir de la cual pasa a depositar sedimentos angulares, esencialmente de tamaño decimétrico y algunos del orden métrico. El espesor de los depósitos laháricos es de aproximadamente 5 m, caótico, sin gradación y con mala granoselección. En la parte frontal el sostén es por matriz gravillo - arenosa, a diferencia de su parte superior, en donde predomina un sostén grano a grano.

El ancho del cauce es de 10 m y unos 50 m en la zona inundable, sobre la que se observa material disgregado cubriendo en parte los troncos de los árboles (Fig.6) de manera similar a como lo describe Scott (1988) en el río Toutle-Cowlitz en el Monte St. Helens.

3.3.4. Afluente No.2 del Río Agua Caliente

En la cota de los 680 m hay una colada de lava del último periodo efusivo que taponeó la quebrada (Fig 7) y hoy en día es fuente (así como las coladas blocosas y depósitos piroclásticos de flujo y caída, ladera arriba) de material para los depósitos laháricos-aluviales. El cauce muestra no menos de 6 m de depósito cortado. Este depósito está formado por fragmentos subredondeados del orden métrico a centimétrico y una

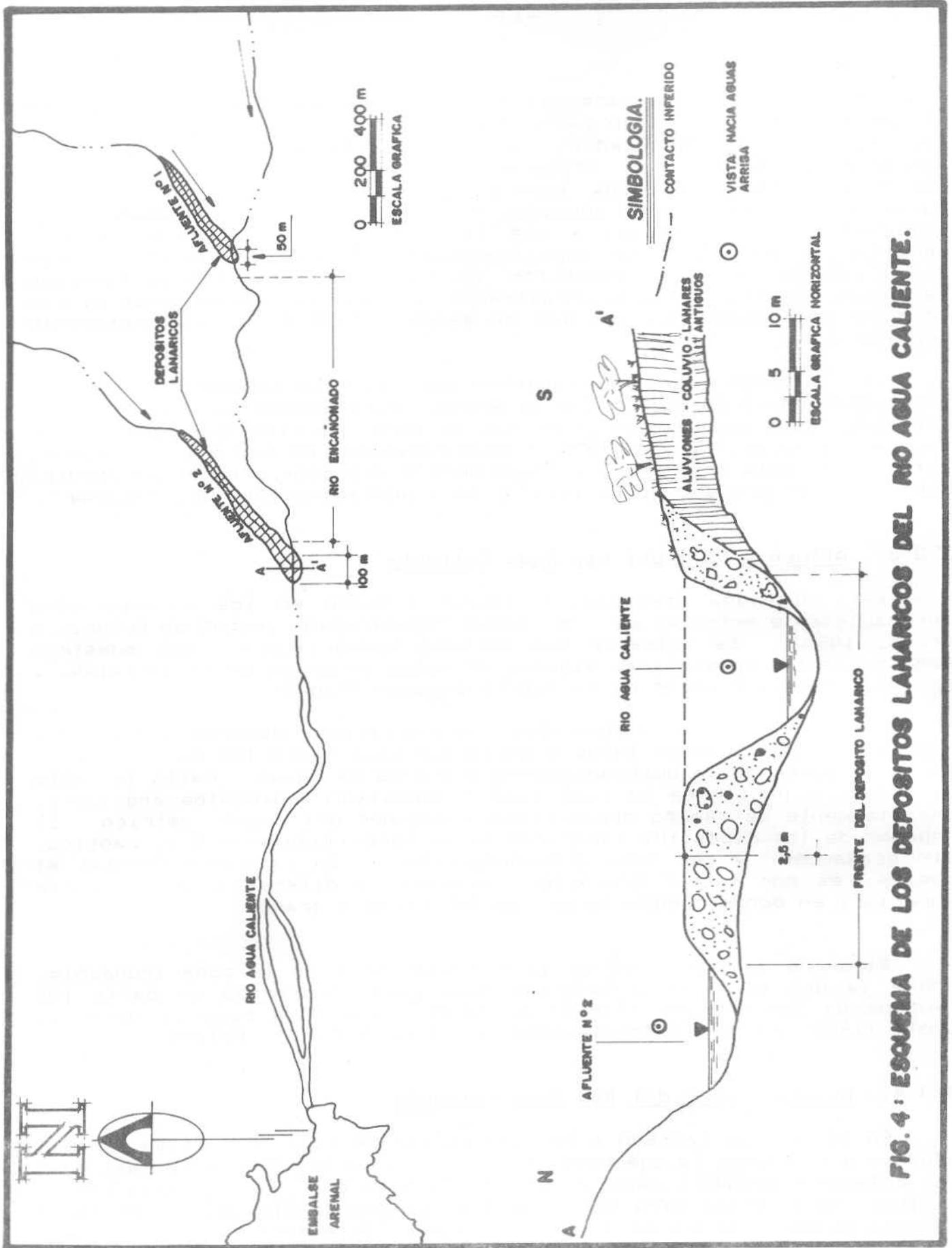
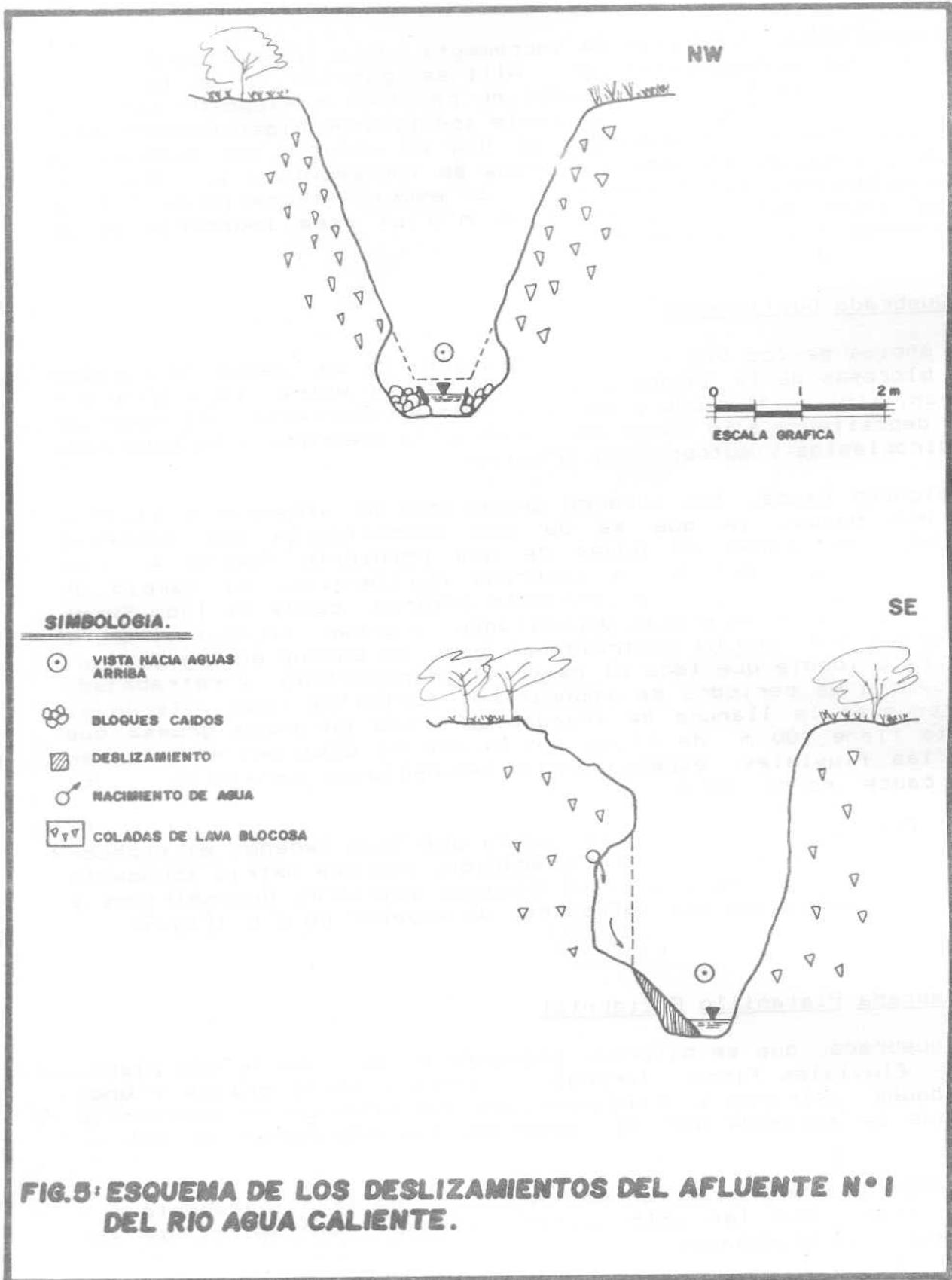


FIG. 4 : ESQUEMA DE LOS DEPOSITOS LAHARICOS DEL RIO AGUA CALIENTE.



matriz arenosa cuyo porcentaje se incrementa hacia las partes distales del depósito (en la desembocadura). Allí se observan, en el techo del depósito, bancos de finos de inundación con estratificación paralela y espesor máximo de 1 m. Esencialmente son lahares hiperconcentrados, en donde los bloques corresponden al 80% en volumen con cambios de facies, en los cuales la matriz arenosa se incrementa a un 30%, con mala granoselección, sin gradación y un espesor promedio de 2,5 m (Fig 3) el ancho del cauce es de 15 m y el área inundable es de aproximadamente 100 m de ancho.

3.3.5. Quebrada Guillermina

Por encima de los 540 m s.n.m. frentes de un campo de coladas de lavas blocosas de la Unidad A2a de una altura entre 15 y 20 m que se deslizan, limitan el cauce y son una fuente importante del material que se va depositando a lo largo del curso de la quebrada, complementada con los piroclastos y autobrechas actuales.

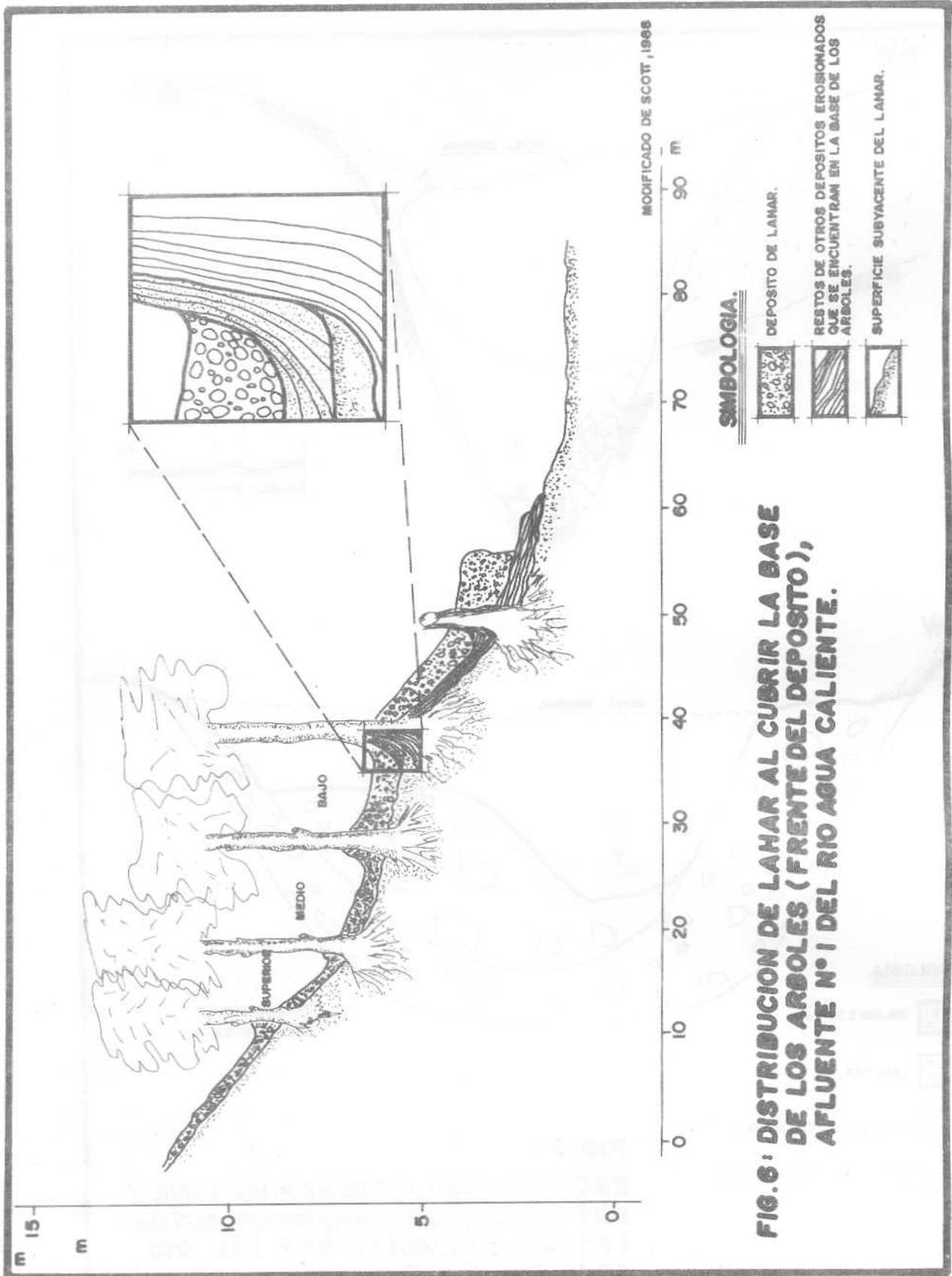
En algunos casos, los lahares producidos no alcanzan a fluir a sitios muy bajos, ya que se da una depositación del material transportado más grueso al pasar de una pendiente fuerte a una moderada. En el caso de la quebrada Guillermina, el cambio de pendiente y la llegada de una corriente alterna, desde el lado SW de la quebrada provocan un efecto depositador, y crean un abanico sobre la cota 480 m s.n.m. que ha destruido un área de bosque en los últimos 5 años. Es evidente que todo el material transportado y retrabajado es consecuencia de períodos de inundación fortuitos que alteran el cauce y renuevan la llanura de inundación, rica en arena gruesa que actualmente tiene 100 m de ancho, en la que se observan estructuras sedimentarias fluviales, especialmente laminaciones paralelas. El ancho del cauce es de 20 m.

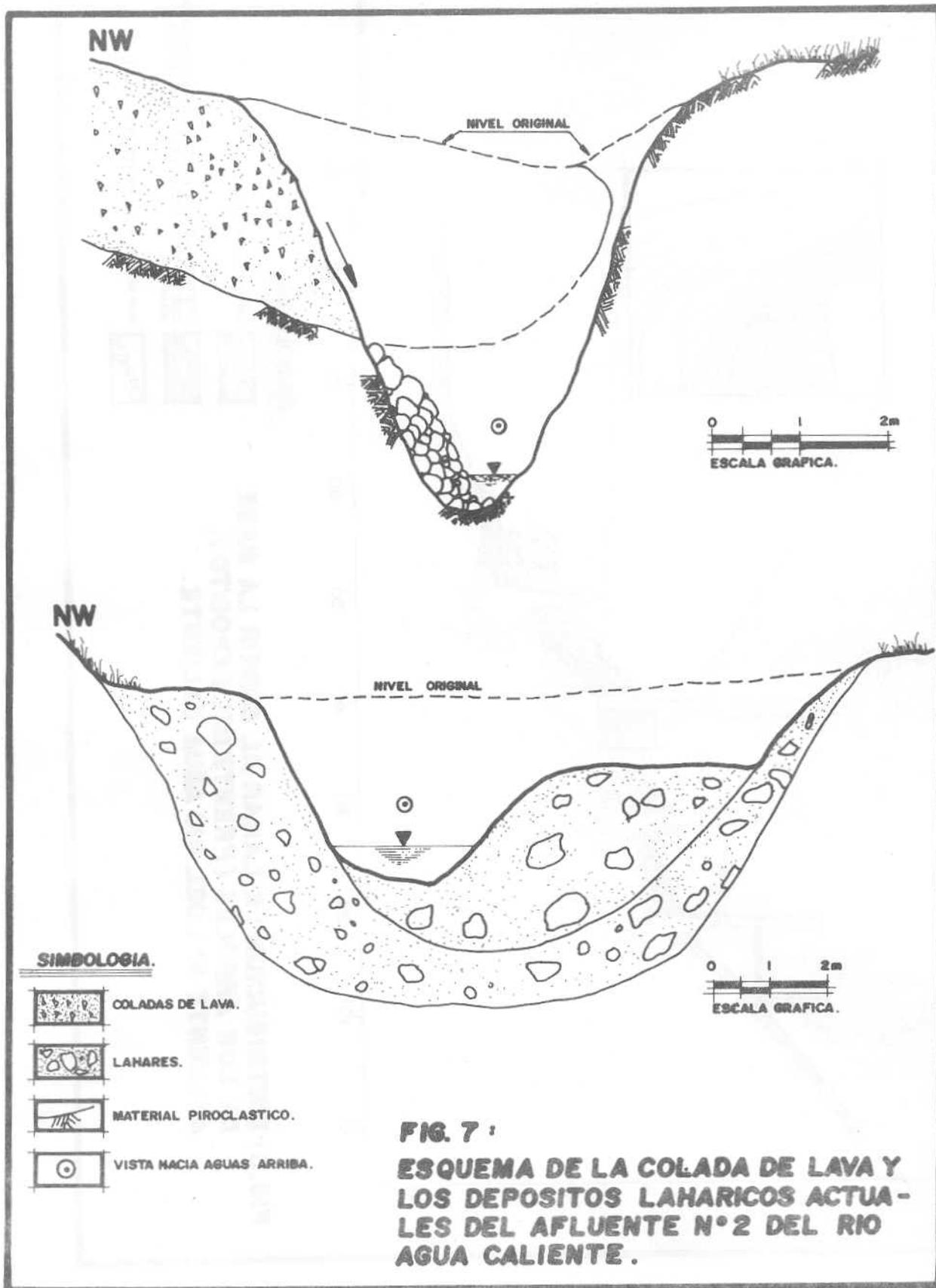
En el frente de los depósitos, cerca del Tajo Cedeño, el espesor es de al menos 1,5 m, caótico, sin gradación, con una matriz abundante en cenizas y lapilli fino y algunos bloques angulares decimétricos a centimétricos, subyacente por tefras con un espesor de 2 m (Fig 3)

3.3.6. Quebrada Platanillo Occidental

Esta quebrada, que se bifurca, presenta en su parte más plana, sedimentos fluviales finos (arenas y limos), pocas gravas y unos cuantos bloques métricos y centimétricos que aumentan en porcentaje a medida que se asciende por la quebrada sin sobrepasar el 30% en volumen.

Los depósitos de inundación son pequeños, de aproximadamente 1 m de espesor total, que tan sólo cubren algunos centímetros de los árboles y arbustos adyacentes.





3.3.7. Quebrada Calle de Arena

Desde las altas nacientes de la Quebrada Calle de Arena y afluentes, se inician amplios "peladeros" por el bombardeo piroclástico, que han dado paso al acarcavamiento intenso y el deslizamiento lateral de las paredes de las quebradas. El deterioro de la cuenca es muy severo por sobre los 1150 m de altitud, medianamente severo entre los 880 y 1150 m s n m, y bajo entre los 570 y 880 m s n m.

Por encima de los 570 m se encuentran múltiples bloques métricos, producto de los deslizamientos, que en algunos tramos taponean la quebrada. Bajo los 570 m se inician los depósitos de flujos de escombros, que se abren en un abanico paulatino y se juntan con los de la Quebrada Chato, hasta formar una planicie de inundación lahárico-aluvial hacia el este, hasta el nuevo caserío de 2-13, donde se observan cauces abandonados.

El abanico es autocortado por los flujos súbitos disparados por las lluvias intensas. En la parte de baja pendiente, las crecidas depositan arenas como bancos de inundación, las cuales son explotadas en el Tajo Manolo (coordenadas 462,75E-261,7N) que draga continuamente el cauce del río.

Con base en los afloramientos entre las confluencias de los ríos Burio-Calle de Arena y Calle de Arena-Chato, se ha construido la columna 5 de la figura 3.

3.3.8. Quebrada Chato

En este afluente de la quebrada Calle de Arena se observan varios depósitos de inundación, que en su origen han erosionado más de 20 m de las paredes del cauce y han modificado su curso. La denudación más dramática en su parte baja no es anterior a 1987 (comunicación verbal de Francisco Arias, 1990). El ancho del área afectada más recientemente es de unos 30 m y el cauce actual es de 9 m.

En su curso bajo, la quebrada corta tanto depósitos laháricos antiguos como recientes, cuya fuente de material son los frentes de lava antiguos interdigitados con piroclastos de flujo y caída y los taludes erosivos localizados por encima de los 800 m. Los depósitos están a su vez cortados por la erosión (cortes de más de 7 m), en la parte alta de la quebrada, desarrollando los lahares recientes, que están inundando las partes bajas del volcán.

Estos depósitos laháricos recientes tienen un espesor de 1,75 m, son macizos, caóticos, sin gradación y con sostén grano a grano. Predominan los bloques subredondeados con un diámetro máximo de 41 cm, aunque, en la parte baja de intersección con la quebrada Calle de Arena, hay matriz arenosa.

4. GRANULOMETRIA DE LOS LAHARES

La distribución del tamaño del grano en los lahares del volcán Arenal fue analizada en cinco muestras, tomadas en cuatro quebradas y en diferentes lugares de los depósitos (para ubicación de las muestras remitirse a la Fig 2) En su orden fueron nombradas como:

- L1 = Lahar reciente, muestra del afluente No.1 de la quebrada Agua Caliente.
- L2 = Lahar reciente, muestra del afluente No.2 de la quebrada Agua Caliente.
- L3 = Lahar reciente, muestra de la quebrada Guillermina.
- L4 = Lahar reciente, muestra de la quebrada Chato.
- L5 = Lahar antiguo, muestra de la quebrada Chato.

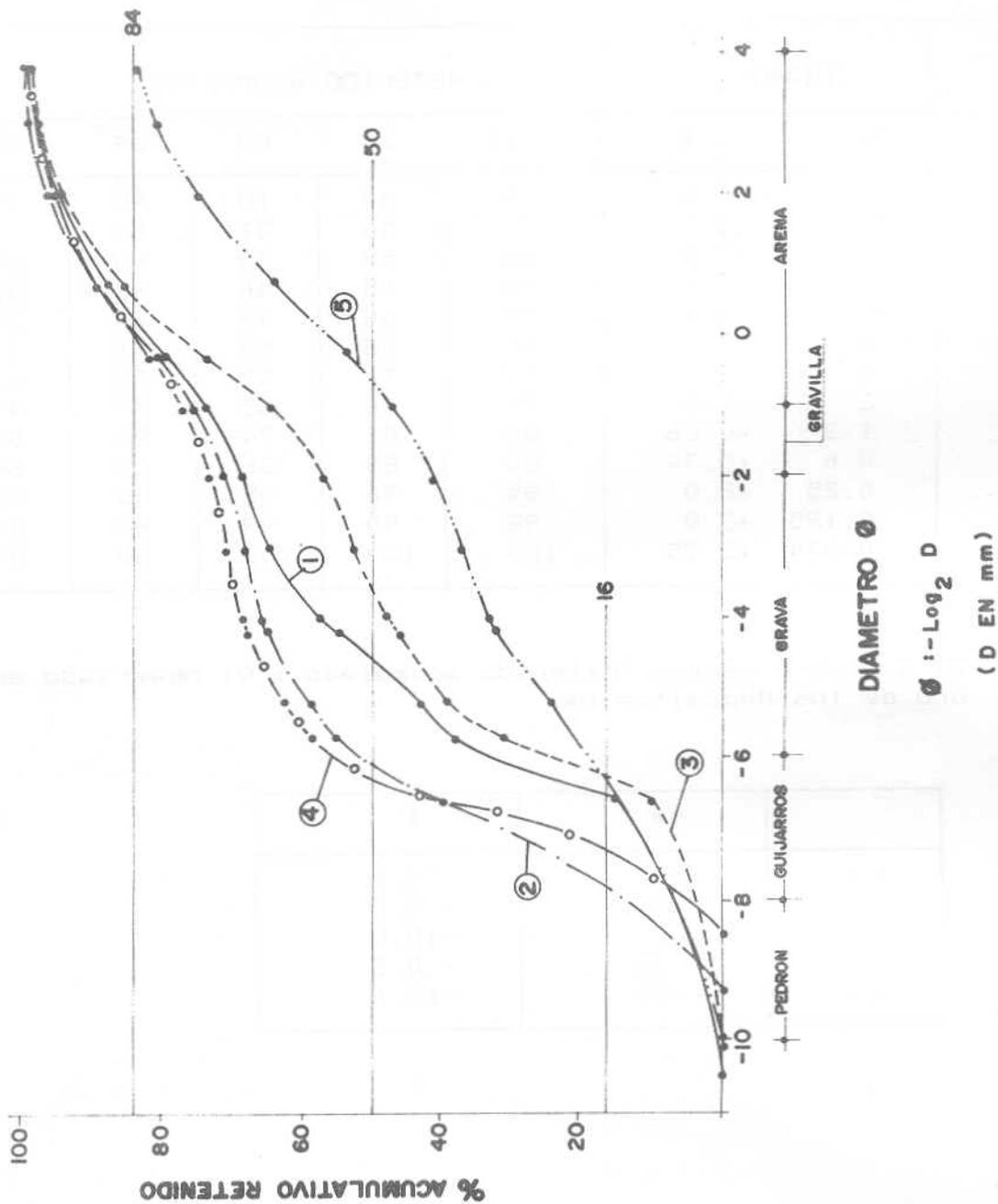
Las muestras fueron tamizadas en trece mallas de diferentes tamaños, entre la malla de 4" y la malla No.20 (cuadro No.1), y su análisis se basó en los parámetros de Inman (1952).

Cuatro de las cinco curvas de porcentaje retenido acumulado (Fig.8) exhiben un patrón consistente. La quinta curva es la que más difiere de las demás. Su tendencia es más suavizada puesto que la muestra contiene mayor cantidad de finos. Sin embargo, las cinco curvas pueden ser consideradas como "normales", dentro de los que se espera obtener para el comportamiento granulométrico de estos depósitos, según los prototipos dados (Scott, 1988, Rodolfo et al., 1989).

La asimetría de distribución (Cuadro No.2) de las curvas está entre $-0,3 \Phi$ y $-0,6 \Phi$, con diámetros medianos irregulares que fluctúan entre $-6,3 \Phi$ y $-0,6 \Phi$ (79 mm y 1,5 m). Según la clasificación de Cas & Wright (1988), para depósitos sedimentarios (Cuadro No.3) la granoselección de los lahares recientes es muy pobre (3,95 a 3,35 \approx 15 - 10 mm), mientras que en el lahar antiguo la selección es extremadamente pobre (5,1 $\Phi \approx$ 34 mm) (Ver Cuadros No. 2 y 3).

La distribución del tamaño del grano en los lahares es multimodal; hay varios tamaños que ocurren con mayor frecuencia en la distribución (por ejemplo en los lahares recientes las gravas y gravillas). El porcentaje de limos y arcillas en L1, L2, L3 y L4 es nulo y en L5, se puede hablar de un 16% de un fracción limo-arcillosa que pasó la malla No.200.

FIG. 8: CURVAS GRANULOMETRICAS DE LOS LANARES DEL ARENAL.



CUADRO No. 1
 GRANULOMETRIA LAHARES V. ARENAL

| MALLA | DIAM | | % RETENIDO ACUMULADO | | | | |
|---------|-------|-------|----------------------|-----|-----|----|----|
| | mm | φ | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
| 4" | 100 | -6,6 | 15 | 40 | 10 | 40 | 15 |
| 2" | 51 | -5,7 | 38 | 56 | 31 | 59 | |
| 3/2" | 38 | -5,2 | 43 | 59 | 39 | 63 | 24 |
| 1/4" | 19 | -4,2 | 55 | 65 | 46 | 68 | 32 |
| 5/8" | 16 | -4,0 | 58 | 66 | 48 | 69 | 33 |
| 5/16" | 8 | -3,0 | 65 | 68 | 53 | 71 | 37 |
| No. 5 | 4 | -2,0 | 69 | 71 | 57 | 73 | 41 |
| No. 10 | 2 | -1,0 | 74 | 76 | 65 | 77 | 47 |
| No. 16 | 1,2 | -0,26 | 80 | 81 | 74 | 82 | 54 |
| No. 30 | 0,6 | +0,74 | 88 | 89 | 86 | 89 | 64 |
| No. 60 | 0,25 | +2,0 | 95 | 96 | 95 | 95 | 75 |
| No. 120 | 0,125 | +3,0 | 98 | 99 | 99 | 97 | 84 |
| No. 200 | 0,074 | +3,75 | 100 | 100 | 100 | 99 | 84 |

NOTA: El diámetro máximo (retenido acumulado = 0) observado en cada uno de los depósitos es:

| | mm | φ |
|----|------|-------|
| L1 | 1500 | -10,5 |
| L2 | 630 | - 9,3 |
| L3 | 1000 | -10,0 |
| L4 | 36 | - 8,5 |
| L5 | 1100 | -10,1 |

CUADRO N°2. PARAMETROS DE INMAN (1952) PARA LOS LAHARES DEL ARENAL

1. DIAMETRO MEDIANO : $Md \emptyset = 1.50$

| $Md \emptyset$ | mm |
|----------------|-----|
| $L_1 : -4,6$ | 24 |
| $L_2 : -6,1$ | 69 |
| $L_3 : -3,6$ | 12 |
| $L_4 : -6,3$ | 79 |
| $L_5 : -0,6$ | 1,5 |

2. DESVIACION ESTANDAR GRAFICA : $\sigma \emptyset = \frac{(\emptyset 84 - \emptyset 16)}{2}$ (MIDE GRANULOSELECCION)

| $\sigma \emptyset$ | mm |
|--------------------|----|
| $L_1 : -3,35$ | 10 |
| $L_2 : -3,95$ | 15 |
| $L_3 : -3,45$ | 11 |
| $L_4 : -3,65$ | 13 |
| $L_5 : -5,1$ | 34 |

3. SESGO DE PRIMER ORDEN : $\alpha \emptyset = \frac{[(\emptyset 84 - \emptyset 16) - Md \emptyset]}{\sigma \emptyset}$ (MIDE ASIMETRIA DE DISTRIBUCION)

| $\alpha \emptyset$ |
|--------------------|
| $L_1 : -0,5$ |
| $L_2 : -0,4$ |
| $L_3 : -0,6$ |
| $L_4 : -0,3$ |
| $L_5 : -0,4$ |

CUADRO NO. 3

CLASIFICACION DE LA GRANOSELECCION DE
DEPOSITOS SEDIMENTARIOS Y PIROCLASTICOS SEGUN
CAS & WRIGHT (1988)

| GRANOSELECCION (desv. estándar gráfica) | DEP. SEDIMENTARIOS | DEP. PIROCLASTICOS |
|---|----------------------|--------------------|
| 0-1 | Muy buena - moderada | Muy buena |
| 1-2 | Pobre | Buena |
| 2-4 | Muy pobre | Pobre |
| >4 | Extremadamente pobre | Muy pobre |

5. RELACION CLIMA - LAHARES

Por las observaciones realizadas, resulta comprensible el hecho de que la fuerte precipitación pluvial que se da en la región del volcán Arenal sea un elemento disparador de los lahares.

Diariamente es registrada la precipitación en la estación pluviográfica Jilguero, ubicada en la base SW del cono a 625 m s.n.m. (coordenadas: latitud norte 10°27' y longitud oeste 84°43', Fig.2)

El clima está influenciado por los vientos que usualmente soplan desde el este durante todo el año y por aquellos que desde el oeste, suroeste y sur, soplan entre los meses de noviembre y mayo (Grandoso et al., 1981). El área presenta humedades relativamente altas durante todo el año, con mayor precipitación entre mayo y diciembre y principalmente de junio a agosto, que son los meses de máximas lluvias con la tercera parte (33%) del total, durante los últimos 17 años. El promedio de lluvias durante el período 1972 - 1988 es de 5279 mm/año. Los años más lluviosos fueron 1976 y 1981, con 6124 y 6168 mm respectivamente. 1985 es el año con menor cantidad de lluvia caída, con un valor de 4269 mm. El 18 de noviembre de 1978 es el día que registra mayor cantidad de lluvia caída, con un valor de 170,7 mm.

Según los estudios realizados por Okkerman et al., (1985), en los lahares del volcán Mayon (Filipinas) durante y después de su erupción en 1984, fuertes aguaceros pueden sobresaturar los depósitos porosos, causando una disminución en la cohesión interna de los materiales y un repentino y continuo incremento de la presión de poros, provocando la pérdida de contacto intrapartícula y reduciendo significativamente el

esfuerzo cortante, lo cual aunado a una pendiente de considerable inclinación -como las que se tienen en el Arenal-, provocan un flujo que se desplaza como una masa turbulenta.

El incremento en las lluvias actúa como un disparador de flujos, pero a su vez está supeditado tanto a las condiciones físicas de los sedimentos (secos, húmedos, permeabilidad, porosidad y ángulo de equilibrio), como a la cubierta vegetal, pendiente y finalmente a la misma intensidad de los aguaceros. En general se tiene que para el volcán Mayon las lluvias de más de 20 mm por día pueden disparar lahares (Okkermann et al., 1985).

Según observaciones recientes (de octubre 1990), lluvias intensas entre 50 - 80 mm en lapsos de 2 - 8 horas, disparan crecidas respetables en los ríos circundantes al volcán. Posiblemente, lluvias espaciadas durante un día, mayores a 100 mm, o bien en un conjunto de 3 - 4 días, mayores a 300 mm, constituyan un disparador suficiente de lahares en el Arenal.

Entre el período observado 1972-88 se cuentan al menos 35 días con precipitación diaria mayor o igual a 100 mm, lo que indica un promedio de al menos 2 días/año, altamente susceptibles de tener lahares.

No es enteramente coincidente que los lahares se generen directamente durante las erupciones. Por ejemplo, las dos terceras partes de los registros de erupciones del volcán Mayon, no han disparado inmediatamente un lahar (Rodolfo et al., 1989). Tampoco es coincidente el que no se formen en los meses secos.

No obstante, eventos con alta tasa de erupción, como los plinianos, aunados a pequeñas lluvias, son óptimos para generar lahares. Tal sería el caso de la erupción pliniana del 1350 D.C. descrita.

De tal manera que mientras dure el actual período eruptivo (explosivo particularmente), las probabilidades de generación de lahares parecen mayores. Cuando cese la actividad en el volcán, el peligro por lahares permanecerá durante varias décadas, puesto que los piroclastos sueltos permanecerán en las cuencas altas, así como el régimen de deslizamientos, hasta que haya una recuperación de la cuenca, y disminuya la susceptibilidad a los deslizamientos y al arrastre rápido de los sedimentos en los ríos.

6. AREAS AFECTABLES POR LAHARES

Con base en los mapas geológicos del Arenal-Chato (Borgia et al., 1988) y de peligro volcánico del Arenal (Alvarado et al., 1988), el análisis de fotos aéreas y la revisión de campo se reconocen como áreas afectables por lahares a las siguientes (ver fig.2):

a- Cuenca del río Agua Caliente y su desembocadura en el embalse de Arenal (SW del volcán).

b- Cuenca N del volcán- quebradas al S de Laguna Cedeño, la Guillermina, la Palma y adyacentes

c- Cuenca E del volcán- quebradas Chato, Calle de Arena, Platanillo, Caserío Z-13, río Burio hasta La Fortuna.

Las líneas y puntos vitales afectables serían el camino hacia el proyecto Aporte Fortuna, parte del embalse este de Arenal, la carretera Fortuna-Sangregado, el Tajo Manolo y el caserío Z-13

7. MONITOREO

No existe un sistema establecido de monitoreo para lahares en el Arenal. El registro de lluvias se lleva en la estación pluviográfica Jilguero (Fig 2), la cual es observada 2 veces al mes. Se ha puesto un sistema de observación de sedimentación y cambios en los cauces, con base en varillas metálicas al SE de Laguna Cedeño, en las Quebradas Chato, Calle de Arena y en el Afluente No 2 del Río Calle de Arena. Durante las crecidas de octubre de 1990 no se observaron cambios dramáticos en la morfología de los cauces inferiores.

8. DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los depósitos laháricos del Arenal cubren una extensa área de las facies distales, interestratificadas con tefras y frentes de lava, y con facies distales del volcán Chato. Algunos de ellos han sido disparados durante eventos plinianos.

A raíz del presente período eruptivo, y como consecuencia de la denudación intensa por el bombardeo piroclástico cuspidal, se acentuó el régimen erosivo de las cuencas altas y medias del volcán, tornando inestables las empinadas laderas formadas de lavas y piroclastos. Esta situación, combinada con lluvias intensas de más de 50 mm en pocas horas o de 300 mm en varios días, origina el súbito deslizamiento de las paredes y la formación de flujos de detritos que bajan hasta las áreas de poca pendiente a través de los cauces radiales del aparato volcánico.

Los materiales arenosos y blocosos, más el agua de lluvia, forman flujos hiperconcentrados, cuya matriz está libre de finos. A su vez, esta característica implica un flujo más energético y relativamente más destructor que los flujos de lodo.

Las características de flujos hiperconcentrados han sido corroboradas con el análisis granulométrico y estratigráfico. A su vez, este tipo de flujos han sido comunes en el pasado del volcán. Los flujos con matriz limo-arcillosa identificados en el campo, concuerdan con períodos de alta tasa de erupción de pómez (plinianas). Probablemente el aspecto arcilloso actual es por efecto de la descomposición de granos vítreos propios de erupciones pumíceas, arrastrados durante el evento lahárico, y meteorizados posteriormente.

Con base en los análisis de lluvias, cabe esperar al menos 2 días al año en que se disparen lahares. Esto depende de la intensidad de las lluvias. En el estado actual, de gran deterioro de las cuencas altas, parece suficiente la caída de 50 mm en pocas horas para disparar un lahar. La posibilidad de que se originen estos flujos permanecerá aún cuando cesen las erupciones estrombolianas, y hasta tanto no se recuperen las cuencas altas del volcán. Este proceso es lento, y probablemente conlleve varias décadas.

Las áreas afectables más importantes son los flancos norte, suroeste, sureste y este del volcán. Los puntos vitales álgidos afectables podrían ser el camino que conduce al proyecto Aporte Fortuna y el caserío de Z-13, así como el Tajo Manolo y la carretera Fortuna - Sangregado.

El embalse recibe una cantidad no cuantificada de sedimentos arenosos a través del río Agua Caliente, en parte por los lahares y la erosión normal. En la actualidad, este no es el punto de máxima sedimentación en la Laguna de Arenal, sino que lo es el sector de Río Chiquito (comunicación verbal, Of. Estudios Básicos ICE, 1990). El embalse se vería afectado sólo ante un evento lahárnico mayúsculo en el río mencionado, que también afectaría el camino hacia el Proyecto Aporte Fortuna. Este hipotético evento daría gran cantidad de sedimento y causaría una eventual ola al entrar a la laguna. El tamaño del lahar, y estos efectos, deben ser cuantificados con modelos matemáticos.

Es necesaria una constante observación de los cauces altos y medios, susceptibles a deslizarse, para localizar represas o potenciales deslizamientos de gran volumen, que aunados a lluvias intensas, fluyan como flujos de escombros.

9. AGRADECIMIENTOS

A Francisco Arias por su enorme aporte en el trabajo de campo. A Manuel Gutiérrez de la O por la labor de dibujo. A Grace Hidalgo por la labor de edición del texto. A Rafael Barquero e Ileana Boschini por la revisión crítica de los borradores.

10. REFERENCIAS

- Alvarado, G.E., Matumoto, T., Borgia, A. & Barquero, R., 1988. Síntesis geovolcanológica del Arenal (Costa Rica). 20 años de continua actividad eruptiva (1968-1988). Boletín del Observatorio Vulcanológico del Arenal. Vol.1, No.1: 1-55, San José, Costa Rica.
- Borgia, A., Poore, C., Carr, M.J., Melson, W.G. & Alvarado, G.E., 1988. Structural, stratigraphic, and petrologic aspects of the Arenal-Chato volcanic system, Costa Rica. Evolution of a young stratovolcanic complex. Bull. Volcanol., 50:86-105.

- Cas, R A F. & Wright, J.V., 1988. Volcanic Successions modern and ancient. Unwin Hyman, Londres, 528pp
- Chiesa, S , 1987. La mayor erupción pliniana del volcán Arenal, Costa Rica, Rev. Geol. Amér. Central, 6:25-41, San José, Costa Rica
- Gillot, P.Y., Chiesa, S. & Alvarado, G , 1990: Chronostratigraphy and evolution of the Plio-Pleistocene volcanism in north Costa Rica: The Arenal volcano-structural framework. Resúmen del Congreso Mundial de Volcanología, Mainz, R.F. de Alemania.
- Grandoso, H., V. de Montero, A. & Castro, V., 1981. Características de la atmósfera libre sobre Costa Rica y sus relaciones con la precipitación. Informe Semestral del Inst. Geog. Nac. enero-junio 1981. 11-52, San José, Costa Rica
- Inman, D.I., 1952. Measures for describing the size distribution of sediments. Journal of Sedimentary Petrology, 22 125-145
- Malavassi, R E., 1979. Geology and Petrology of Arenal volcano, Costa Rica, Tesis de maestría. Univ. of Hawaii, 111pp.
- Okkerman, J. A., Geronimo, S.G., Umbal, J.V. & Palad, J.N., 1985: Study into the mechanisms of debris flow during/after the 1984 eruption of Mayon volcano. Philippine Journal of Volcanology, Vol., 2, No.1-2 94-142.
- Rodolfo K.S., Arguden A.T., Solidum R.V. & Umbal J.V. 1989: Anatomy and Behavior of a Post-Eruptive rain lahar triggered by a typhoon on Mayon Volcano, Philippines. Bulletin of the International Association of Engineering Geology No.40:55-66. Paris
- Scott, K.M., 1988: Origins, Behavior, and Sedimentology of Lahars and Lahar - Runout Flows in the Toutle - Cowlitz River System. U.S. Geological Survey Professional Paper 1447-A, 76 pp.

PRINCIPALES REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS SOBRE VOLCANOLOGIA
DE AMERICA CENTRAL CON ENFASIS EN COSTA RICA (1960-1988)S. Paniagua et al.

Nota del editor

Aunque un listado bibliográfico parezca, a primera impresión, estéril, su utilidad gana puntaje cada vez que alguien lo consulta, en busca de un eslabón útil para iniciar o ampliar un trabajo de investigación.

El acto recopilador de referencias es aburrido y mecánico. Requiere de muchas horas-hombre de trabajo y además una paciencia de copista medieval. Así lo confirman las 497 referencias de las 31 páginas siguientes.

Previo a 1960, la cantidad de trabajos sobre volcanología o magmatismo de América Central, era pequeña, y su carácter más descriptivo que de cualquier otra índole. A partir de la década de los años sesenta, crece el número y calidad de los trabajos, a la luz de nuevos e importantes descubrimientos en la Volcanología, Petrología y Geotectónica. Por esto, el lapso cubierto por este voluminoso grupo de referencias se inicia en 1960. Con mucho, el listado no es totalmente exhaustivo, en particular para el área geográfica fuera de Costa Rica. Es lógico en tanto la recopilación ha sido realizada en Costa Rica por 6 costarricenses y otros 2 centroamericanos.

Presentamos pues, el listado en nuestro Boletín, seguros de contribuir decididamente a facilitar el trabajo de futuros investigadores volcanológicos en América Central. Por eso también se ha enmarcado como contribución al Proyecto PICG 249.

Principales referencias bibliográficas sobre volcanología de América Central con énfasis en Costa Rica (1960-1988)
Sergio Paniagua (1), Allan Cosillo (1), Oscar Mora (2), Lorena Sánchez (1), Lidier Esquivel (1), Gerardo Soto (2), Guillermo Alvarado (2) y Sandra Arredondo (1)
(contribución al Proyecto PICG 249 Magmatismo Andino y su marco tectónico)

- ACEVEDO, M., 1976: Notas cronológicas del volcán Poás. - Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Tesis; 100 pp.
- AGUILAR, CH., 1977: Introduction to the Archeology of the Arenal Volcano Area: Tephrostratigraphy and Cultural Sequences. National Geogr. Soc. Res. Resp. 1977 Projects: 95-107.
- ALCORN, S., 1974: Petrogenesis of Las Lajas Caldera lava and tectonic processes in Nicaragua, (abstr.)-Geofis. Int. V. 14(1).
- ALFARO, M.R., FERNANDEZ, E., BARQUERO, J., RODRIGUEZ, J. & RODRIGUEZ, M., 1986: Lluvia ácida de origen volcánico.-Bol. de Vulc, No. 17 (ene-may): 15-22, Univ. Nacional, Heredia, Costa Rica.
- ALVARADO, A., 1974: A volcanic ash soil toposequence in Costa Rica, América Central. Tesis 89 p. M.Sc. North Carolina State Univ., Raleigh, U.S.A.
- ALVARADO, A., 1976: Efectos favorables de actividades volcánicas en suelos. Rev. Geof. Inst. Panam. Geogr. Hist. 5: 45-48, México.
- ALVARADO, G.E., 1982: Geomorfología y petrografía de algunas provincias volcánicas de Costa Rica. Seminario Vulc. conjunto USA-CR, 10-16 enero 1982.- Bol. Vulc No 12: 25-28 Univ.Nac., Heredia, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E., 1984: Aspectos petrológicos-geológicos de los volcanes y unidades lávicas del Cenozoico Superior de Costa Rica.- 183 pp, Tesis de Licenciatura. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R., San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E., 1984: Distribución de las unidades litestratigráficas ígneas del Neógeno y Cuaternario de Costa Rica. En Sprechmann, P.(ed) Manual de geología de Costa Rica, Vol I: Estratigrafía: 301-307. San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E., 1984: Plan de trabajo para el estudio vulcanológico en el marco del futuro desarrollo y explotación del Proyecto Hidroeléctrico Arenal y del Proyecto Geotérmico Miravalles- 17 págs., ICE, Depto. Geología (informe Interno); San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E., 1985. Informe sobre las labores vulcanológicas realizadas en el volcán Arenal y en su evaluación actual (junio 1984-junio 1985). 18 págs. ICE, Depto. Geología (Inf. interno); San José.

(1) Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología.
(2) Instituto Costarricense de Electricidad, Dpto de Geología.

- ALVARADO, G.E., 1985: Consideraciones petrológicas de los estratovolcanes de Costa Rica. *Rev. Geol. Amér. Central*, 3: 103-128, San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E., 1987: El volcán Irazú: Síntesis geológica, actividad eruptiva y peligro volcánico preliminar, 40 pp. *Mém. Taller sobre el deslizamiento de San Blas*. CNE, San José, Costa Rica.
- ALVARADO G.E. PANIAGUA S., TEJERA, R., & KUSSMAUL, S., 1980: Mapa del vulcanismo Plio-Pleistoceno- Escala 1:700000 (mapa preliminar). Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R., San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E. & CLIMENT, A., 1985: Informe sismológico. En *Inf.: Geológico-Geotérmico de avance a la prefactibilidad del P.H. TORO II*.
- ALVARADO, G.E., & BARQUERO, R., BOSCHINI, I CHIESA, S. & CARR, M. J., 1986. Relación entre la Neotectónica y el vulcanismo en Costa Rica. *Rev. CIAF*, 11 (1-3):246-264, Bogotá, Colombia.
- ALVARADO, G. E. & BARQUERO, R., 1987: Las señales sísmicas del volcán Arenal (Costa Rica y su relación con las fases eruptivas (1968-1986) *Ciencia y Tecnología* 11(1):15-35; San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E., & PANIAGUA, S., 1987: La catástrofe del Volcán Nevado del Ruiz (1985), Colombia: Una perspectiva hacia la realidad volcánica en Costa Rica. *Rev. Tecnología en Marcha*. Vol. 9: No 1:39-56, San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G. E. & ARGUETA, S., 1988. Primeros resultados de las redes de nivelación y de los inclinómetros secos en el campo geotermal de Miravalles. Informe Interno. Instituto Costarricense de Electricidad, 29 pp.
- ALVARADO, G.E. & BOSCHINI, I., 1988: Evaluación preliminar de las amenazas geológicas y periodos de recurrencia en el Valle del Guarco, Cartago:: Su eventual incidencia en el deslizamiento de San Blas. 4 Sem. Nac. Geotecnia, 14 pp. San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E., ARGUETA, S., & CORDERO, C., 1988: Interpretación preliminar de las deformaciones asociadas al Volcán Arenal (Costa Rica). *Bol. Obs. Vulc. Arenal*, 1(2): 26-44, ICE, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E., MATUMOTO T., BORGIA, A & BARQUERO, R., 1988: Síntesis Geovulcánica del Arenal (Costa Rica), 20 años de continua actividad eruptiva (1968) *Bol Obs. Vulc. del Arenal, ICE* 1 (1): 155 pags, San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E. MATUMOTO T., BORGIA, A., & BARQUERO, R., 1988: Monitoring and Volcanic Hazard of Arenal Volcano (Costa Rica): 20 years of continuous activity (1968-1988) *Int. Conf. Geosciences in Development, Nottingham, Inglaterra* (resumen).
- ALVARADO G.E., MORALES, L.D., MONTERO, W., CLIMENT, A. & ROJAS, W., 1988: Aspectos sismológicos y morfotectónicos del extremo occidental de la Cordillera Volcánica Central. *Rev. Geol. Amér. Central* 9: 75-98 San José, Costa Rica.
- ALVARADO, G.E. & MORALES, L.D., 1989: Historia de la vulcanología en Costa Rica. En: *Historia de la Ciencia y Tecnología* Ed. Tecnológica de Costa Rica: 291-314.

- ALLARD, P., 1980: Carbon isotope composition of gases from Momotombo, an island arc volcano in Nicaragua: Comptes Rendus Hebdomadaires de seances de L'Academie des Sciences, Serie D: Sciences Naturelles, Vol. 290 (24): 1525-1528.
- ALLEGRE, C.J. y CONDOMINES, M., 1976: Fine chronology of volcanic processes using ^{238}U - ^{230}Th systematics. Earth Planet Sci. Lett 28: 395-406.
- ANDERSON, A.T., 1976: Coalescence ascent and crystallization of the 1974 Fuego magma, a progress report. EOS (American Geophys. Union Trans.) 57, (4): 346.
- AVILA, G., 1977: Investigaciones realizadas en las redes sismológicas de los proyectos de Arenal y Geotérmico, para el período dic. 1976-dic. 1977. 15 pp., Inf. interno Depto. Geología, ICE; San José, Costa Rica.
- AVILA, G., 1978: Investigación microsísmica en el campo Geotérmico de Miravalles, Guanacaste. 8 págs.; Inf. interno Depto. Geología, ICE, San José, Costa Rica.
- AVILA, G., 1978: Investigación y vigilancia del Volcán Arenal, Alajuela, Costa Rica. - Inst. Costarricense de Electricidad (ICE). (informe interno), Depto. Geología, 40 pp., San José, Costa Rica.
- AVILA, G. 1981; Algunos aspectos físicos y químicos de la actividad de los volcanes Poás y Arenal- Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional. 11: 12-16, Heredia, Costa Rica.
- AVILA, G., 1981: Científicos del Volcán Santa Elena visitan Costa Rica. - Boletín de Vulcanología Universidad Nacional. - 10: 1, Heredia, Costa Rica.
- AZAMBRE, B & TOURNON, J., 1977: Les intrusions basiques alcalines du Rio Reventazón (Costa Rica). - Soc. Géol. France. 2: 104-107.
- BALLMAN, P., 1976: Eine geologische Traverse des Ostteils der Cordillera de Talamanca, Costa Rica (Mittelamerika). - N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 32: 32-42.
- BARQUERO, Ch., 1962: Ascensión al Volcán Tenorio, Guanacaste. Inf. Sem., Instituto Geográfico Nacional, Jul - Dic 109-112, San José, Costa Rica.
- BARQUERO, J., 1976: El volcán Irazú y su actividad. Escuela de Ciencias Geográficas, Univ. Nac., Heredia, Costa Rica, (Tesis de Lic.).
- BARQUERO, J., 1983: Termometría de la fumarola del Volcán Poás. Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional 13: 11-12, Heredia, Costa Rica.
- BARQUERO, R., 1986: Estudio de la actividad sísmica del volcán Arenal, período 1968-1986. Inf. Interno ICE, 32 pp.
- BARQUERO, R., 1987: Proyecto geotérmico Miravalles: Estudio Sismológico compilativo. Inf. interno Depto. Geología, ICE, pp. 55.
- BARQUERO, R., 1988: Estudio de la actividad sísmica del Volcán Arenal: Período 1968-1985. Inst. Costarricense de Electricidad (ICE). (Inf. interno) Depto. Geología, 32, San José, Costa Rica.

- BARQUERO, R. 1988: Premonitory seismic phenomena at volcanoes: The case of Izu-Oshima, Asama, Sakurajima, Usu, St. Helens and Arenal volcanoes. Individual studies by participants, I.I.S.E.E. Vol. 24. Japan, 13 pp.
- BARQUERO, R. 1988: Resumen de la actividad del volcán Arenal durante el periodo 1987-1988. Bol. Obs. Vulc. Arenal. No. 2: 68-69.
- BARQUERO, J., MALAVASSI, E. & ARAYA, A., 1981: La actividad del Volcán Poás en los años 1978-1980: Sumario de tres años del formulario de reporte diario de la actividad. Boletín de Vulcanología, 2: 10-12, Heredia, Costa Rica.
- BARQUERO, J. & MALAVASSI, E., 1982: El estado actual de los volcanes.- Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional. 12: 9-11, Heredia, Costa Rica.
- BARQUERO, J. & MALAVASSI R., E. 1982: Excursión al Volcán Poás. Seminario Vulc. conjunto USA-CR, 10-16 enero 1982.- Bol. Vulc., UNA, 12:120-131 Heredia.
- BARQUERO, J. & SEGURA, J. de D., 1982: La actividad del Volcán Rincón de la Vieja.- Boletín de Vulcanología. 13: 5-10, Univ. Nacional, Heredia, Costa Rica.
- BARQUERO, J., BIGOT, S. & MALAVASSI, E., 1982: Vigilancia Hidrogeoquímica del volcán Arenal.- Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional 12: 2-7, Heredia, Costa Rica.
- BARQUERO, J. & SAENZ, R., 1983: Fuentes termominerales de Costa Rica.- Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional. 13: 13-18, Heredia, Costa Rica.
- BARQUERO, J. & BIGOT, S., 1986: Estudio Hidrogeoquímico del Volcán Arenal, contribuciones a la actividad eruptiva.- Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional. 17: 7-14, Heredia, Costa Rica.
- BARQUERO, J., FERNANDEZ, E., & VAN DER LAAT, R., 1986: Estado de los volcanes, mayo 1983- dic 1984, volcán Arenal. Bol. de Vulc., Univ. Nacional, 15:5; Heredia, Costa Rica.
- BARQUERO, R. y ALVARADO, G., 1988: Arenal Volcano (Costa Rica) Seismic signals and It's Relation with the Eruptive Phases (1968-1986). Kagoshima Int. Conf. on Volcanoes. Proceedings: 199-202; Japón.
- BARQUERO, J., FERNANDEZ, E., 1988: Estado de los volcanes en Costa Rica. Enero-Dic. 1987. Bol. de Vulc. Univ. Nacional, 19: 5-7, Heredia, Costa Rica.
- BAXTER, S., 1985: Bibliografía Geológica de El Salvador. Comisión Ejecutiva hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), 97 pp. San Salvador, El Salvador.
- BELLON, H. & TOURNON, J., 1978: Contribution de la géochronologie K-Ar a l'étude du magmatisme de Costa Rica, Amérique Central.- Bull. de la Société Géologique de France. (7), tXX, 6, 955-959.
- BELLON, H., SAENZ, R. & TOURNON, J. 1984: Datation K/Ar de laves de L'île de Coco (Pacifique Orientale). Marine Geology 54.
- BENNET, F.D. & RACICHINI, S., 1977: Las erupciones del Volcán Arenal, Costa Rica.- Revista Geográfica de América Central, t I y II, nos. 5 - 6 : 7-35 Heredia, Escuela de Geografía, Univ. Nac.

- BENNET, F.D. & RACCICHINNI, S., 1978: Subaqueous sulfur lake in Volcán Poás.- *Nature* 271: 342-344, Londres.
- BERGOEING, J.P., 1979: Geomorfología del sector volcánico de las Nubes-Cabeza de Vaca.- *Inf. Sem. Inst. Geográfico Nac. ene-jun:* 139-146, San José.
- BERGOEING, J.P.; MALAVASSI, E. & PROTTI, R., 1978: Tres posibles edificios volcánicos del sector Cerros de Aguacate.- *Inf. Sem., Inst. Geog. Nac. ene-jun:* 35-40, San José.
- BERGOEING, J.P., MORA, S. & JIMENEZ, R., 1979: Evidencias del vulcanismo pliocuaternario en la Fila Costeña de Costa Rica. *Inf. Sem., Inst. Geogr. Nac. ene-jun:* 71-86, San José.
- BERGOEING, J.G., MALAVASSI V., E. & MELENDEZ, S.D., 1981: Geomorphological Map of the Central Valley of Costa Rica: Depto. de Geografía, U.C.R., Inst. Geográfico Nacional.
- BERGOEING, J.P. & MALAVASSI, E., 1982: Geomorfología del Valle Central de Costa Rica (explicación de las 9 cartas geomorfológicas; escala 1:50 000). 49 págs. Univ. Costa Rica.
- BICE, D.C., 1979: Tephra correlation and the age of human foot prints near Nicaragua. *Geol. Soc. Am. Bull* 11(7): 388.
- BICE, D.C., 1980: Tephra stratigraphy and physical aspects of recent volcanism near Managua, Nicaragua.-442. University of California, Ph. D. thesis, Berkeley, California.
- BICE, D.C., 1980: Origin of Masaya Caldera, Nicaragua. *Geol. Soc. Am. Bull*, Vol. 12(3), : 98.
- BIGOT, S., BARQUERO, J. & MALAVASSI, E., 1982: Vigilancia hidrogeoquímica del volcán Arenal, *Bol. de Vulc.*, 12: 2-7 Univ. Nacional; Heredia, Costa Rica.
- BIGOT, S. & BARQUERO, J., 1986: Estudio hidrogeoquímico del Volcán Arenal, contribución a la actividad eruptiva. *Bol. de Vulc.*, Univ. Nacional, 17: 7-14; Heredia, Costa Rica.
- BOHNENBERGER, O.H. 1968: A Photogeological study of the western Central Valley, Costa Rica. 20 pp; Min. de Agricultura y Ganadería. Serv. Nacional de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica.
- BOHNENBERGER, O.H., 1969: Los focos eruptivos cuaternarios de Guatemala.- *Pub. Geol. ICAITI*. 2 : 23-24, Guatemala.
- BOHNENBERGER, O.H., 1976: Two hypothetical sections across Pacaya Volcanic Complex.- *Excursion Guide Book for Guatemala* - *Bol. Geol* 4, Inst. Geogr. Nac. Guatemala.
- BOHNENBERGER, O.H., 1978: Data sheets of the Post-Miocene Volcanoes of the World, Sheet No. 3 Region Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá.- Ed. by Working Group on the World Volcanological Map IAVCEI., Roma, Italia.
- BOHNENBERGER, O.H., BENGOCHEA, A., DONDOLI, C. & MARROQUIN, A., 1966: Report on active volcanoes in Central America during 1957-1965, 2a. Reunión Geológica de América Central, Guatemala, 1966.- *Bull. Volc. Erupt* 9 (1), 2-19, Tokio, Japón.

- BONIS, S., 1976: The 1974 eruption of Volcan de Fuego, Guatemala. EOS (Am. Geophys. Union Trans.) 57 (4): 345.
- BONIS, S., 1976: Volcanic risks and studies in Guatemala. Rev. Geof. Inst. Panam. Geogr. Hist., 5: 268-275, México.
- BONIS, S.B., BOHNENBERGER, O.; STOIBER, R.E. & DECKER, R.W., 1966: Age Pumice deposits in Guatemala. - Geol. Soc. Amer. Bull., 77: 211-212.
- BONIS, S. & SALAZAR, O., 1974: The 1971 and 1973 Eruptions of Volcan Fuego, Guatemala, and some socio-economic considerations for the Volcanologists. - Bull. Volcanol., 37: 394-40, Nápoles.
- BORGIA, A. 1987: Shape and structure of Arenal Volcano. Costa Rica. Internat. Union Geodesy and Geophysics, XIX General Assembly (resumen).
- BORGIA, A., 1988: Physical aspects of eruptions at Arenal and Poás volcanoes, Costa Rica. 233-pp. Tesis doctoral, Princeton Univ.
- BORGIA, A.; CASERTANO, L. & CIGOLINI, C., 1983: Doble ciclo de NRM durante el enfriamiento de una colada de lava del Volcán Arenal, Costa Rica. - Boletín de Vulcanología, UNA, 14: 78-79, Heredia, Costa Rica.
- BORGIA, A., CASERTANO, L. & CIGOLINI, C., 1983: Estructura y dinámica de los flujos de lava del Arenal. - Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional., 14: 79-80, Heredia, Costa Rica.
- BORGIA, A., CASERTANO, L. & CIGOLINI, C., 1983: Fraccionamiento que conlleva inmiscibilidad en las andesitas basálticas. - Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional., 14: 81-81, Heredia, Costa Rica.
- BORGIA, A., CASERTANO, L. & CIGOLINI, C., 1983: Investigaciones Geofísicas en el Volcán Poás, Costa Rica. - Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional., 14: 95-97, Heredia, Costa Rica.
- BORGIA, A.; LINNEMAN, S., SPENCER, D., MORALES, L.D. & BRENES, J., 1983: Dynamics of lava flow fronts, Arenal volcano, Costa Rica Jour. of Volc. and Geothermal Research. 19 (1983): 303-329.
- BORGIA, A. & POORE, C., 1983: New Crater in Costa Rica. EOS, (Trans American Geophysical Union), 64: 540.
- BORGIA, A. & CASERTANO, C., 1984: Intraterric activity aa-block lava, Viscosity and flow dynamics Arenal Volcano, Costa Rica. J Volc Geoth. Res., 20: 155-176.
- BORGIA, A., LINNEMAN, S., & MORALES, L.D., 1987: Formation and Evolution of lava at Arenal Volcano, Costa Rica. Inter. Union Geodesy and Geophysics, XIX General Assembly, V5-P7: 417 (resumen).
- BORGIA, A., POORE, C.; CARR, M.J.; MELSON, W.G. & ALVARADO, G.E., 1988: Stratigraphic, structural, and petrological aspects of Arenal-Chato volcanic system, Costa Rica: Evolution of a young stratovolcanic complex. Bull. Volcan. 50: 86-105.

- BORNHORST, T.J. & W.I. ROSE, 1982: Quaternary Barahona caldera complex, Guatemala (abstract), *Eos Trans. AGU*, 63:1155.
- BOWLES, F.A., JACK, R.N. & CARMICHAEL, I.S., 1973: Investigation of Deep-Sea Volcanic Ash Layers in Equatorial Pacific Cores.- *Geol. Soc. Amer. Bull.* 84: 2371-2388.
- BOZA, L.M., 1968: Plan de manejo y desarrollo para el Parque Nacional Volcán Poás, Costa Rica.- Tesis de Grado. Inst. Interam. Ciencias Agr. O.E.A., Turrialba, Costa Rica.
- BOZA, M. A. & MENDOZA, R., 1981: The National Parks of Costa Rica, 310 pp.: Costa Rican Institute of Tourism, San José, Costa Rica.
- BOZA, N., 1982: El Volcán Poás, un coloso en acción. *Periplo*, No. 43: 34-45. San José, Costa Rica.
- BRANTLEY, S.L., BORGIA, A., ROWE, G., FERNANDEZ, J.F., & REYNOLDS, J.R., 1987: Poas Volcano acts as condenser for acid metal-rich brine.- *Nature*, Vol. 330: 470-472.
- BRAVO, J., 1982: Geomorfología de la Hoja Fortuna (escala 1:50 000). ix + 51 págs.; Tesis de Licenciatura, Esc. Ciencias Geográficas, Univ. Nacional; Heredia.
- BULLARD, F.M., 1956: La actividad volcánica en Costa Rica y Nicaragua en 1954. En: C.A. Vargas (ed. 1979): 109-117
- CADLER, R.D., LAZRUS, A.L. & SHEDLOUSKY, J.P., 1969: Comparison of particles in thech fume from eruptions of Kilauea, Mayon and Arenal volcanoes. *Journal of Geoph. Research*, 74: 3372-3378.
- CADLER, R.D., KIANG, C.S. & LOUIS, J.F., 1975: The global scales dispersion of the eruption clouds from major injection by Volcán del Fuego. *EOS (Trans. Am. Geophys. Union)* 56(11): 913.
- CADLER, R.D., FERNALD, F.G. & FRUSH, C.L., 1977: Combined use of Lidar and numerical diffusion model to estimate the quantity and dispersion of volcanic eruption clouds in the stratosphere: Volcán Fuego, 1974, and Augustine, 1976. *Journal of Geoph. Reserar.* 82: 1783-1786.
- CADLER, R.D., LAZRUS, A.L., HUEBERT, B.J., HEIDI, L.E., ROSE, W.I., WOODS, D.C., CHUAN, R.L., STOIBER, R.E., SMITHE, D.B. & ZIELINSKY, R.A., 1979: Atmospheric implications of studies of Central American volcanic eruption clouds. *Journ. of Geophy. Reserar.* 84(C11): 6961-6968.
- CARR, M.J., 1977: Volcanic activity and Great Earthquakes at Convergent Plate Margins.- *Science.* 197, 655-657.
- CARR, M.J., 1978: Magma type an structure of the inclined seismic zone in the Central American Arc.- *Geol. Soc. Amer., Abstr. and Programs.* 10, 3: 98-99.
- CARR, M. J., 1983: Nests of intermediate depth (70-160 Km) earthquake adjunct to active volcanoes during 1963-1982, *Jour. Volcal. Geoth. Res*, 19: 349-365.
- CARR, M. J., 1983: Evolución magmática en América Central.- *Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional.* 14: 33-35, Heredia, Costa Rica.

- CARR, M., J., 1984: Symetrical and segmented variation of physical and geochemical characteristics of The Central American Volcanic front, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 20, 231-252.
- CARR, M.J. & STOIBER, R.E., 1973: Intermediate depth earthquakes and volcanic eruptions in Central America - *Bull. Volc.* 37: 329-337.
- CARR, M.J. & STOIBER, R.E., 1977: Geological setting of some destructive earthquakes in Central America: *Geol. Soc. Am. Bull.* v.88: 326-337.
- CARR, M.J. ROSE, W.I. & MAYFIELD, D.G., 1978: Potassium content of lavas and depth to the seismic zone in Central America. *J. Volc. Geoth. Res.* 5: 387-401.
- CARR, M.J. & PONTIER, N.K., 1981: Evolution of a young parasitic cone toward a mature central vent; Izalco and Santa Ana Volcanoes in El Salvador, Central America. - *J. Volc. Geoth. Res.* 11, 7: 277-292.
- CARR, M.J.; MAYFIELD, D.G. & WALKER, J.A. 1981: Relation of lava compositions and volcano size and structure in El Salvador. - *J. Volc. Geoth. Res.* 10; 5: 35-48.
- CARR, M.J. & STOIBER, R.E., 1981: Lava and faults characterize, El Salvador. *Geotimes*, 26 (7) : 20-21.
- CARR, M.J.; ROSE, W.I. & STOIBER, R.E., 1982: Volcanism in Central America. - En: Thorpe; *Andesites. Orogenic Andesites and Related Rocks.* 149-166; John Willey, New York.
- CARR, M., CHESNER, C. & GEMMEL, J.B., 1986: New Analyses of lavas and bombs from Rincon de la Vieja Volcano, Costa Rica. - *Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional*, 16: 23-30, Heredia, Costa Rica.
- CARR, M.J. & ROSE, W.I., 1987: CENTAM- a data base of Central América Volcanic rocks. - *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 33: 239.
- CARR, M.J. & WALKER, J.A., 1987: Intra-Eruption changes in composition of some mafic to intermediate tephra in Central America. - *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 33: 147-160.
- CARR, M. & PROSSER, J.T., 1987: Poás Volcano, Costa Rica: Summit region and spatial and temporal variations among the most recent lavas. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 33: 131-146.
- CARR, M., J., & STOIBER, R., E., 1988: Volcanism. In Dengo, and Case, J.E. (Eds.) *The Caribbean region: Geol. Soc. Am. The Geology of North Am.* V.H.
- CASADEVALL, T., ROSE, W., FULLER, W.; HUNT, W., MOYERS, J., HART, M., & ZOLLER, W., 1982, Distribution of SO₂ and particles in volcanic plumes in Costa Rica and México: *EOSTrans. Am. Geophys. Union*, 63 : 1152.
- CASERTANO, L., CHAVES, R., BORGIA, A.; & CIGOLINI, C., 1979: La crisis sísmica de abril-mayo 1980 en el área de Ciudad Quesada, Costa Rica. *Rev. Geofis., Inst. Panamericano de Geografía e Historia*, 10-11: 99-103; México D.F., México.
- CASERTANO, L; BORGIA, A. & CIGOLINI, C., 1983: El Volcán Poás, Costa Rica: Cronología y caracterización de la actividad. *Geof. Int.* 22-23, 215-236.

- CASERTANO, L., BORGIA, A., CIGOLINI, C., MONTERO, W. & GOMEZ, M.K. & FERNANDEZ, J. F., 1985: Investigaciones Geofísicas y Características Geoquímicas de las aguas hidrotermales: Volcán Poás, Costa Rica. *Geof. Int.* Vol. 24-2: 315-337.
- CASERTANO, L.; BORGIA, A.; CIGOLINI, C.; MORALES, L.D. & MONTERO, W., 1987: Integrated dynamic model for the volcanic activity at Poás Volcano, Costa Rica. - *Bull. of Volc.* 49: 588-598.
- CASTILLO, R., 1977: Reconocimiento geológico preliminar de una parte de las faldas del Cerro Cacao, Cordillera de Guanacaste, Costa Rica. CODESA, Bol. Geol. y de Recursos Minerales, 1978, 1: 268-279, San José, Costa Rica.
- CASTILLO, P.; BATIZA, R., VANDO, D., MALAVASSI, R., BARQUERO, J. & FERNANDEZ, E. (1988): Anomalously young volcanoes on old hot-spot traces: I, Geology and Petrology of Cocos Island. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 100: 1400-1414.
- CASTRO, G., 1977: Ceniza. 97 págs., Imp. Borrásé, S.A., San José, Costa Rica.
- CEVO, J., 1976: El impacto de la actividad del Volcán Arenal, Costa Rica. *Rev. Geogr. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.* 5 pp., México D.F., México.
- CHAVES, R., 1967: Ascensión al Volcán Tenorio, Guanacaste. - *Inst. Geog. Nac. Inf. Sem.* 2: 109-112. San José, Costa Rica.
- CHAVES, B.J., 1969: Características físicas, químicas y mineralógicas de los materiales eruptados por el Volcán Arenal. - *Inf. Sem., Inst. Geogr. Nac.* ene-jun: 49-67, San José, Costa Rica.
- CHAVES, R., 1970: Efectos de las erupciones recientes del Volcán Arenal, Costa Rica. - *Inf. Sem., Inst. Geogr. Nac.* ene-jun: 17-24, San José, Costa Rica.
- CHEMINEE, J.L. & SAENZ, R., 1970: Efectos de las erupciones recientes del Volcán Arenal. *Inf. Semestral, Inst. Geog. Nac.* Enero-Junio 1970: 23 San José, Costa Rica.
- CHEMINEE, J.L.; DELORME, H.; BARQUERO, J.; AVILA, G.; MALAVASSI, E.; & GUENDEL, F., 1981: Algunos aspectos físicos y químicos de la actividad de los volcanes Poás y Arenal, *Bol. de Vulc., Univ. Nacional*, 11: 12-16, Heredia, Costa Rica.
- CHESNER, C.A., 1982: Geochemistry and evolution of the Fuego Volcanic Complex, Guatemala, constraints on magma chambers of Fuego and other nearby volcanoes: Tesis de Maestría. Michigan Technol. Univ. Houghton, 69 pp.
- CHESNER, C.A. & ROSE, W.I., Jr., 1984: Geochemistry and evolution of the Fuego volcanic complex, Guatemala. - *Jour. of Volc. Geotherm. Res.*, 21: 25-44.
- CHIESA, S., 1987: La mayor erupción pliniana del Volcán Arenal, Costa Rica. - *Rev. Geol. Amér. Central.* 6: 25-41, San José, Costa Rica.
- CHIESA, S., 1987: Estudio de las capas piroclásticas (tefras del volcán Arenal de Costa Rica) con énfasis en la unidad 20. - 73 pp., Dept. Geología, Secc. Sismología e Ing. Sísmica (inf. interno).
- CHIESA, S., CORELLA, M. & MORA, O., 1987: Geología de la meseta ignimbrítica de Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. Departamento de Geología, Proyecto Geotérmico Miravalles, ICE, San José, Costa Rica. 133 pp.

- CHUB, L.J., 1933: Geology of Galapagos, Cocos and Eastern Islands with petrology of Galapagos. Bull. 110, Bernice P. Bishop Museum Honolulu, Hawaii. (trad. española: La Isla del Coco, Costa Rica. pp. 69-83; Reproducciones Científicas, una expedición y legislación de la Isla del Coco, 1963. Inst. Geogr. de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- CHRISTIAN, B.S. & HUGHES, J.M. et al., 1987: Mambirneyite, Cu (VO), a new sublimate mineral from the fumaroles of Izalco volcano, El Salvador.- J. Volcanol. Goetherm. Res., 33: 183-190.
- CIGOLINI, C. & BORGIA, A., 1980: Consideraciones sobre la viscosidad y la estructura de las coladas: Volcán Arenal, Costa Rica. Rev. Geog. Am. Central, 11-12: 131-140.
- CIGOLINI, C. & BOGLIOTTI, C., 1984: Phase relationships and "silicate liquid immiscibility" in Arenal volcano lava flows, Costa Rica: preliminary studies. Atti della Accademia delle Scienze di Torino, 118: 226-236.
- CIGOLINI, C., BORGIA, A. & CASERTANO, C., 1984: Intracrateric activity, aa-block lava, viscosity and flow dynamics: Arenal Volcano, Costa Rica.- J. Volc. Geoth. Res. 20: 155-176.
- CIGOLINI, C. & KUDO, A.M., 1987: Xenoliths in recent basaltic andesite flows from Arenal volcano, Costa Rica: Inference on the composition of the lower crust. Contrib. Mineral Petrol., 96: 381-390.
- CLARK, L.F., 1988: Geology, Geochemistry and Petrogenesis of El Valle Volcano (Panamá)- Tesis de Maestría, University of South Florida.
- CLIMENT, A., 1985: Informe sismológico para la etapa de factibilidad, P.G. Miravalles. 15 págs.; Inf. interno Depto. Geología, ICE.
- CLIMENT, A., BOSCHINI, I.; BARQUERO, R.; & ALVARADO, G.E., 1986: Estudios sismológicos en zonas de Proyectos Hidroeléctricos y Geotérmicos en Costa Rica. IV. Sem. Latinoamericano de Ing. Sismo-resistente y Sem. de Ing. Estructural, Nov. 1986. San José, Costa Rica. pp. 33-112.
- COEN, P., E., 1964: Introducción al estudio de las erupciones del Volcán Irazú.- Pub. Univ. de Costa Rica. Serie Ciencias Naturales No. 4, 78 pp, San José, Costa Rica.
- COLLINS, D.E., NICCUM, M.R. & BICE, D.C., 1976: Preliminary Summary of Late Pleistocene and Holocene Volcanic and Sedimentary Stratigraphy of the Managua Area, Nicaragua. Publ. Geol. del ICAITI. 5: 105-113, Guatemala.
- COMISION PARA LA EMERGENCIA DEL VOLCAN ARENAL, 1969: Memoria, junio de 1969. 67 págs.; Impreso Depto. Audio-Visual, Ministerio de Salubridad Pública, San José, Costa Rica.
- CRAFFORT, T.C., 1975: SO₂ Emission of the 1974 Eruption of Volcan Fuego, Guatemala.- Bull. Volcanol. 39,4: 1-21, Nápoles.
- CRUZ-REYNA, S. de la, 1976: Un programa de observaciones volcánicas para México y Centroamérica. Rev. Geof. Inst. Panam. Geograf. Hist. 5: 268-275, México D.F., México.
- CRUZ-REYNA, S. de la, & MENA, M., 1976: Observaciones recientes en volcanes centroamericanos. Rev. Geof. Inst. Panam. Geogr. Hist., 5: 268-275, México. D.F., México.

- CURRAN, E.W. & MACDONALD, W.D., 1977: Stratigraphy and Paleomagnetism of Tertiary Volcanic Rocks of the Siguatepeque Area, Honduras., V Reunión de Geólogos de América Central, 13, Managua.
- DAME, R.C., 1970: Polarity and non-polarity of volcanism in Costa Rica: geotectonic interpretation. Abstracts. 1: s.n. Costa Rica.
- DAVIES, D.K., COMBS, M.J., QUEARRY, M.W., et al; 1975: Sedimentology of airfall ash and glowing avalanches, Volcan de Fuego, Guatemala (abstr.) Geol. Soc. Am. Abst. Program V. 7(7): 1045-1046.
- DAVIES, D.K. & BONIS, S.B., 1977: Observations on glowing avalanches and lahars, of the Volcan Fuego, Guatemala. Geol. Soc. Am. Abstr. Program., Vol. 9(7): 943.
- DAVIES, D.K., QUEARRY, M.W. & BONIS, S.B., 1978: Glowing avalanches from the 1974 eruption of the volcano Fuego, Guatemala. Geol. Soc. Amer. Bull. 89: 369-384.
- de BOER, J., DEFANT, M., STEWART, J., RESTREPO, L., CLARK, L. & RAMIREZ, A., 1988: Quaternary calc-alkaline volcanism in western Panamá: regional variation and implication for the plate tectonic framework. - Jour. of South American Earth Sciences, (3), : 275-293.
- DECKER, R., 1974: State of the art Volcano Forecasting: in symposium on Volcanism in México and Central America (edited by Decker, R.W., et al). Bull. Volcanol., 37(3): 372-393.
- DECKER, R., & STOIBER, R.E. (eds), 1974: Symposium on Volcanism in Mexico and Central America; A collection of papers. Bull. Volcanol. 37 (3): 462p.
- DEFANT, M.J., RESTREPO, J.F., STEWART, R.H., DE BOER, J. & CLARK, F., 1987: Pleistocene to recent volcanism in western Panamá: A geochemical and tectonic investigation. EOS, (Transaction of the American Geophysical Union) 68: 1526.
- DENGO, G., 1962: Estudio Geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. ix + 112 págs. Inst. Geogr. de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- DENGO, 1962: Tectonic-igneous sequence in Costa Rica. Vol. Apto F. Buddington, Geol. Soc. Americ., 133-161.
- DENGO, G., 1976: Riesgos Volcánicos en América Central.- Rev. Geof. Inst. Panam. Geog. Historia. 5: 41-43, MéxicoD.F., México.
- DENGO, G., BOHNENBERGER, O.H. & BONIS, S., 1970: Tectonics and volcanism along the Pacific marginal zone of Central America. Geol. Rundsch., 59: 1215-1232, Stuttgart, Alemania.
- DEROOS, R., 1965: Costa Rica, free of the Volcanoes Veil. Nat. Geogr. Soc. Mag., 128: 125-152.
- DONDOLI, B., C., 1965: Informe sobre los Azufrales de Santa María, zona norte de Liberia, en Provincia de Guanacaste. Inf. Tec. y Not. Geol. 19:8, Dir. Geol. Min. y Petrol. San José, Costa Rica.
- DONDOLI, B., C., 1965: Informe sobre el yacimiento de azufre denominado "El Congo". Inf. Tec. y Not. Geol. 19:8, Dir. Geol. Min. y Petrol., San José, Costa Rica.

- DONDOLI, C., 1965: The volcanoes of Central Section of Costa Rica. Dirección de Geología, Minas y Petróleo, 15, Min. de Industria, San José.
- DONDOLI, B., 1965: Volcanismo reciente en Costa Rica. - Inf. Sem., Inst. Geogr. Nac., Año 4, No. 15-16, Dir. Min. y Petrol., San José, Costa Rica.
- DONDOLI, C., DENGGO, G., & MALAVASSI V. E., 1968: Mapa geológico de Costa Rica. Escala 1:700.000. Direc. Geol. Min. y Petról. San José, Costa Rica.
- DONDOLI, C. & ROGERS, A., 1976: Vulcanología y sismología en la Escuela Centroamericana de Geología. Rev. Geof. Inst. Panam. Geogr. Hist. 5: 49-51, México, D.F., México.
- EASTER, H., 1974: Geochemistry and origin of the Quezaltenango valley ignimbrite: Unpublished report. Oberlin College.
- EATON, J.P., 1967: The development of the seismic network for study of the volcanoes of Costa Rica. - Dept. of Int. Geol. Surv., 11pp., Washington, USA.
- ECHANDI, E., 1981: Unidades volcánicas de la vertiente Norte de la cuenca del Río Virilla. Tesis de Lic., Esc. Centr. de Geología, Univ. de Costa Rica. San José, Costa Rica. 123 pp.
- EGGERS, A., A., 1983: Temporal gravity and elevation changes at Pacaya Volcano, Guatemala. Jour. Volcanol. Geoth. Res. 19: 391-402.
- EGGERS, A. A.; KRAUSSE, J.; RUSH, H. & WARD, J., 1976: Gravity changes accompanying volcanic activity at Pacaya Volcano, Guatemala. J. Volcanol. Geotherm. Res., 1: 229-236.
- EGGERS, A. A. & CHAVES, D., 1979: Temporal gravity variations at Pacaya Volcano, Guatemala. Jour. Volcanol. Geoth. Res, 6: 391-402.
- ELC-ELECTROCONSULT, 1983: Proyecto Geotérmico Miravalles; investigaciones adicionales. GMV-D- 5834 (inédita).
- ESCALANTE, G., 1978: Mapa Geológico Preliminar, Area Sureste de Costa Rica (Cordillera de Talamanca y zonas adyacentes) Escala 1:200 000; San José, Costa Rica (inédita).
- FAIRBROTHERS, G.E., 1977: Magmatic trends at Boqueron Volcano, El Salvador. Tesis de Maestría. Rutgers Univ. New Brunswick, N.J.
- FAIRBROTHERS, G.E., CARR, M.J. & MAYFIELD, D.G., 1978: Temporal Magmatic Variation at Boqueron Volcano, El Salvador. Contribution Miner. Petr., 67: 1-9.
- FORSYTHE, W.M., 1975: Relaciones suelos agua en suelos derivados de ceniza volcánica en América Central. In Borromisza, E. & Alvarado, A. eds: Manejo de suelos en la América Tropical Univ. cons. on soils of the tropics.
- FEIGENSON, M. & CARR, M., 1986: Positively correlated Nd and Sr Isotope ratios of lavas from the Central America volcanic front. Geology. 14: 79-82.
- FERNANDEZ, P. R., 1968: Estado de los volcanes de Costa Rica. Inf. Sem. Inst. Geogr. Nac. jul-dic: 27-28, San José, Costa Rica.
- FERNANDEZ, P.R., 1969: La actividad del Volcán Poás en el año 1953 y su transformación de pseudo geyser en volcán humeante. Inf.Sem-Inst. Geogr. Nac. ene-jun 1: 31-38, San José.

- FERNANDEZ, L., 1975: El Poás amenaza. Rev. El Excelsior. Año 1, 26-1-1975: 6-7.
- FERNANDEZ, E., 1984: Geología y alteración hidrotermal en el campo geotérmico Miravalles, provincia de Guanacaste, Costa Rica. x + 72 págs. Tesis de Licenciatura, Esc. Centroamericana de Geología, Univ. de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- FRANCIS, P.W., THORPE, R.S., BROWN, G.C. & GLASSOCK, J., 1980: Pyroclastic sulphur eruption at Poás Volcano, Costa Rica. Nature. Vol. 283: 754-756.
- FUDALI, R.F. & MELSON, W.G., 1972: Eject velocities, magma chamber pressure and kinetic energy associated with the 1968 eruption of Arenal Volcano. Bull. Vol. 35(2): 383-340.
- FULTZ, L.A., 1979: Sr isotopic determinations of Guatemala basalts. Tesis de Maestría. Michigan Technological University, Houghton, Mich.
- GALL, F. 1966: Cerro Quemado de Quetzaltenango. Soc. Geogr. Hist. Guatemala. No. 12, Publ. Esp., Guatemala.
- GAWARECKI, S.J., MAXHAM, R.M., MORGAN, J.O. & PARKER, D.C., 1980: An infrared survey of Irazu Volcano and vicinity, Costa Rica. Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing of environmente, San José No. 14, : 1339-1340.
- GEMMEL, J.B., 1982: Metallic trace element in Central America fumarolic condensates. - EOS. 63: 1153.
- GEMMEL, J.B., 1987: Geochemistry of metallic trace elements in fumarolic condensates from Nicaraguan and Costa Rican Volcanoes. J. Volcanol. Geotherm. Res. 33: 161-182.
- GEST, D., & GRAND, N., 1973: The volcanic geology of the Quetzaltenango valley: Unpublished report, Oberlin College.
- GOLOMBEMK, M.P. & CARR, M.J., 1978: Tidal triggering of seismic and volcanic phenomena during the 1879-1880 eruption of Islas Quemadas in El Salvador, Central America. Jour. Volc. Geoth. Res. 3: 299-307.
- GOOSENS, P.J. & ROSE, W.I. Jr., 1975: Geochemistry of basalts of the basic-igneous complex of north western south America and Panamá. EOS (Am. Geophys. Union). 56 (6) : 474.
- GRANADOS, R., 1979: Investigación geológica de la Caldera de Guayabo y alrededores. - Depto. de Geología, ICE, Costa Rica, inédita. 44 pp.
- GRAND, N.K., ROSE, W.I. Jr. & FULTZ, L.A., 1983: Open system fractionation in basalts and basaltic andesites from Guatemala. EOS (American Geophysical Union Transaction) V. 64: 330.
- GRAND, N.K.; ROSE, W.I. & FULTZ, L.A., 1984: Correlated Sr isotope and geochemical variation in basalts and basaltic andesites from Guatemala. In Harrison, R. S., and Barreiro, B. A., (eds), Andean-Magmatism, Chemical and Isotopic constraints. American Geophysical Union Monograph, : 139-149.
- GUENDEL, F., 1978: Sobre la relación entre la marea sólida terrestre y la actividad volcánica en el Volcán Arenal, Costa Rica., 119., Segundo Congreso Costarricense de Física. San José, Costa Rica.
- GUENDEL, F., 1978: On relationship between earth tides and volcanic activity at Arenal Volcano, Costa Rica. 32 págs.; Thesis Univ. de Texas.

- GUENDEL, F., & MALAYASSI, R.E., 1980: La actividad del volcán Arenal entre los días 15 al 20 de agosto de 1980. Bol. Vulc. Univ. Nacional, 9: 3-4; Heredia, Costa Rica.
- GUENDEL, F., 1981: Estudio preliminar de las señales sísmicas del Poás. Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional, 11: 5-19, Heredia, Costa Rica.
- GUTIERREZ, D., 1962: Apuntes sobre un viaje al Volcán Turro. Inf.-Sem. Inst. Geogr. Nac. I ene-jun 1: 27-30, San José, Costa Rica.
- GUTIERREZ, B.F., 1963: Actividad del Volcán Irazú. Inf.-Sem. Inst. Geogr. Nac. Sem. ene-jun 1: 33-38, San José, Costa Rica.
- HANTKE, G., 1976: Arenal. Bull. Volcanic Eruptions, 14: 58-59.
- HALSORSID P. & ROSE, W., 1968: Common characteristics of paired volcanoes in northern Central America. Jour. Geophys. Res. Vol. 93, No 85: 4467-4476.
- HARROUCH, M. & AREVALO, T., 1965: Informe volcanológico sobre el Volcán San Miguel. C.I.G. Reporte inédito, 3, San Salvador, El Salvador.
- HARROUCH, M., 1966: Relación del Tecto-vulcanismo con la actividad sísmica en el volcanismo Santa Ana-Ahuachapán Central. 19, San Salvador, El Salvador.
- HART, W., 1980: Breves notas sobre los volcanes de El Salvador, Parque Zoológico. Inédito.
- HART, W., 1981: The Panclimalco tephra, El Salvador, Central America. Tesis de Maestría, Rutgers Univ., New Brunswick, N.J.
- HAZLETT, R.W., 1974: Geology of the San Cristóbal Complex, Nicaragua, Jour. Volcanol. Geoth. Res. 33: 223-230.
- HEALEY, J., 1969: Notas sobre los volcanes de la sierra volcánica de Guanacaste, Costa Rica. -Inf. Sem. Inst. Geogr. Nac. Ene-Jun: 37-47, San José, Costa Rica.
- HERNANDEZ J. & TOURNON, J., 1978: Analyse chimique des terres volcaniques riches en silice á la microsonde électronique (par utilisation des détecteurs des rayons X). -C.R. Acad. Sc. Paris D. 287: 1087-1090, Paris.
- HOFFMANN, D.J. & ROSEN, J.M., 1976: Observations of stratospheric particulate matter following the eruption of Fuego. EOS (Am. Geophys. Unions, Trans) 57(4): 346.
- HOLLISTER, V.F., 1973: Discussion to "Recent volcanic and fumarolic activity of Santiago volcano, Guatemala". By R.E. Stoiber and W.I. Rose Jr. Bull. Volcanol. 36(3): 512-513.
- HRADECKY, P., 1988. Los aspectos geológicos de la erupción de 1835 del volcán Cosiguina, Nicaragua. 33 págs. INETER, Inf. Interno. Managua, Nicaragua.
- HRADECKY, P. y TALERO, H., 1988: La evolución geológica del Volcán Apoyeque. 65 págs. Namagre. INETER.
- HUDNUT, K., 1983: Geophysical Survey of Irazú Volcano. - ix + 82 págs; Tesis de Disertación de Bachillerato en Artes, Dartmouth College, Hanover (USA).
- HUGHES, J. M., & STOIBER, R., E., 1985: Vanadium sublimates from the fumaroles of Izalco Volcano, El Salvador. Jour. Volcanol. Geother. Res. 24: 283-291.

- ICE- ELC, 1983: Informe geovolcanológico, Proyecto Geotérmico Miravalles. Inf. Interno, 53 pp. 7 planos, Milano- Italia.
- ICE-ELC, 1984: Estudio geológico y estructural de detalle, Proyecto Geotérmico Miravalles, Inf. Interno. 37 pp., 2 planos, Milán.
- ICE-ELC, 1986: Informe geológico final. Proyecto geotérmico Miravalles. Inf. Interno. 65 pp., 2 planos. Milán.
- ICE-ELC, 1988: Estudios de reconocimiento y prefactibilidad geotérmica en la República de Costa Rica. Fase I. Estudio de reconocimiento. Informe parcial, elaborado por el ICE, ENEL con la colaboración de ELC, Geotérmico Italiano y Geosystem Pisa, Italia y San José, Costa Rica. Inf. Interno.
- INETER, 1985. Informe sobre la visita a la isla de Ometepe por Asesores Técnicos del Observatorio Geofísico. 33 págs, Informe interno.
- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DE COSTA RICA, 1971: Estudio del Irazú en 1971. Inf. Sem. 2, Ministerio de la Presidencia, San José, Costa Rica.
- JOHNS, G.W., 1975: Geology of the Cerro Quemado Dome Complex, Guatemala. Tesis de Maestría, Michigan. Technological University, Houghton, Mich. 24 pp.
- KILBRIDGE, P.N., 1979: Magmatic Evolution of Izalco Volcano and relation to the Santa Ana Complex, El Salvador. Tesis de Maestría 72 pp. Rutgers, State Univ. New Jersey.
- KOCH, A., 1970: Stratigraphy, petrology and distribution of Quaternary pumice deposits of the San Cristobal group, Guatemala City area, Guatemala: University of Washington, Ph. D. Dissertation.
- KOCH, A., J. & MCLEAN, H., 1975: Pleistocene Tephra and Ash Flow Deposits in the Volcanic Highlands of Guatemala. Geol. Soc. Amer. Bull. 86: 529-541.
- KOUTZ, F.R., 1971: Boron in Central American Volcanic ash and fumarolic condensates. Tesis de Maestría 107 pp. Dartmouth College, New Hampshire.
- KRUSHENSKY, R., 1972: Geology of Istarú Quadrangle.- iv + 46 págs., US Geol. Survey, Bull. 1358; Washington D.C.
- KRUSHENSKY, R. & SPENCER, F.D., 1967: Effects of recent eruptions of the Volcano Rincón de la Vieja, Costa Rica. 6 pp. U.S. Geol. Surv.
- KRUSHENSKY, R. & ESCALANTE, G., 1968: Activity of Irazú and Poás volcanoes, Costa Rica, november 1964. July 1965 Bull. Volcanologique. V. 31: 75-84.
- KUSSMAUL, S., PANIAGUA, S., & GAINZA, J., 1982: Recopilación clasificación e interpretación petroquímica de las rocas ígneas de Costa Rica, Inf. Sem. Inst. Geogr. Nac. julio-dic, 28: 17-79; San José.
- KUSSMAUL, S., & SPRECHMANN, P., 1982: Estratigrafía de Costa Rica (América Central), I I: Unidades Litoestratigráficas Igneas. V Congreso Latinoamericano de Geología, 1982, Actas, I: 73-79; Buenos Aires, Argentina.
- LAGUNA, M.J., 1983: Petrologie, Geochemie und tonmineralogie der Vulkanite del Aguacate-Formation (Miozan-Pliozan): Costa Rica, Zentralmerike.-163. Doctoral Dissertation, Philipps Univ. Marburg.

- LAGUNA, M.J., 1984: Caracterización geoquímica de las rocas volcánicas de parte de la Cordillera de Tilarán (Grupo Aguacate), Costa Rica. *Ciencia y Tecnología*-8(1): 45-75. San José, Costa Rica.
- LEANDRO, C.E. y ALVARADO, G.E., 1988: Influencia de las mareas lunisolares sobre el comportamiento del volcán Arenal, Costa Rica. *Bol. Obs. Vulc. Arenal*. 1(2): 45-57; ICE; San José.
- LEANDRO, G., LOPEZ, A., LEZAMA, G., & ALVARADO, G., E., 1988: Síntesis de modelo geológico-geofísico del campo geotérmico Miravalles. Dirección de Planificación Eléctrica, Dept. Geología, ICE, 24 pp. + figuras.
- LEDBETTER, M., T., 1985: Tephrochronology of marine tephra adjunct to Central America. *Geol. Soc. Am. Bull.* 96: 77-82.
- LEZAMA, G., ALVARADO, G., E., & MAINIERI, A., 1988: Modelo geológico-geofísico de la parte sur del campo geotérmico de Miravalles. Dirección de Planificación Eléctrica, Dept. Geología, ICE, 23 pp. + 63 láminas.
- LINNEMAN, S., 1982: Morphology and development of lava flows, Arenal Volcano, Costa Rica: field observation and key factor. *ACM, Tropical Field*.
- Mac CLELLAND, L., 1979: Glowing avalanche deposits from the October, 1974 eruption of Volcán Fuego, Guatemala. *EOS (Am. Geophys. Unions Trans.)* Vol. 57(4): 346.
- MADRIGAL, R., 1970: Geología del mapa básico "Barranca", Costa Rica. 59 págs. Dir. Geol. Min. y Petrol., Inf. Técnico y notas geol., N°:37; San José, Costa Rica.
- MADRIGAL, O., 1980: Geología y Potencial de una parte del distrito Minero de Abangares. 88 págs.; Tesis de Licenciatura, Esc. Centroam. de Geología, Univ. de Costa Rica.
- MADRIGAL, R. & ROJAS, E., 1980: Manual descriptivo del Mapa Geomorfológico de Costa Rica (escala 1:200.000), 79 págs. SEPSA, Imprenta Nacional, San José, Costa Rica.
- MAINIERI, A., 1975: Proyecto Geotermal de Guanacaste. Inf. Preliminar de reconocimiento, documentación técnica. -82. Depto. Geol. ICE, San José, Costa Rica.
- MAINIERI, A. & Mc INTYRE, I., 1976: Proyecto Geotérmico de Guanacaste. Inf. de Previabilidad Técnica Anexo A. Geología 97 pp., San José, Costa Rica.
- MALAVASSI R., E., 1979: Geology and petrology of Arenal Volcano, Costa Rica. - 111 págs. University of Hawaii. M. Sc. Thesis Hawaii.
- MALAVASSI R., E., 1981: Avances en la evaluación del riesgo potencial en el Volcán Arenal: Costa Rica. Simposio su Rischio sísmico e vulcánico. IILA., Italia.
- MALAVASSI R., E., 1981: Tiltmeters en los volcanes de Costa Rica. *Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional.* 10: 1, Heredia, Costa Rica.
- MALAVASSI, R., E., & BARQUERO, H.J., 1980: Cronología de las coladas de lava del Volcán Arenal. *Boletín de Vulcanología Univ. Nacional* Vol. 9: 5 Heredia, Costa Rica.
- MALAVASSI, E., 1983: Petrología del Volcán Arenal. *Boletín de Vulcanología Universidad Nacional.* 14: 61-64, Heredia, Costa Rica.

- MALAYASSI V., E. & CHAVES, R., 1970: Estudio geológico regional de la Zona Atlántica Norte de Costa Rica. 16 págs. Notas Técnicas y Geológicas de la DGMH N^o.35. San José.
- MALAYASSI, V., E. & MADRIGAL, R., 1970: Reconocimiento Geológico de la Zona Atlántica de Costa Rica. Inf. Tecn. y Not. Geol., Direc. Geol. Min. y Petrol., San José, Costa Rica. año 9, No 38:12.
- MARTIN, D.P., 1979: The history activity of Fuego Volcano, Guatemala: Constraints in the subsurface magma bodies and processes; therein. Tesis de Maestría, Michigan Technological University, Houghton, Mich.
- MARTIN, D.P. & ROSE, W.I. 1981: Behavior patterns of Fuego Volcano, Guatemala, J. Volcanol. Geotherm. Res. 10: 67-81.
- MARTINEZ, M., 1976: Riesgos volcánicos en Nicaragua y resultados preliminares sobre una metodología experimental en la predicción de sismos en La Laguna de Apoyo. Rev. Geof., Inst. Panam. Geogr. Hist., 5: 73-82. México.
- MARTINEZ, M., 1977: Actividad histórica del volcán de San Miguel y ciertas consideraciones sobre su comportamiento futuro. ASIA. No. 45: 8-16, San Salvador, El Salvador.
- MARTINEZ, M., 1977: La erupción del 2 de diciembre de 1976 del Volcán de San Miguel, República de El Salvador. ASIA. No. 45: 17-21. San Salvador, El Salvador.
- MARTINEZ, M., 1978: Cronología sísmica y eruptiva de la República de El Salvador a partir de 1520. C.I.G., 100. San Salvador, El Salvador.
- MARTINEZ, M. & VIRAMONTE, J., 1973: Estudio Geológico de la cordillera de los Marrabios, Nicaragua. Inst. Centroam. Invest. Tecnol. Ind., Publ. Geol. 4: 139-147. Guatemala.
- MARTINI, A., 1969: Distribución geográfica y característica de los suelos derivados de cenizas volcánicas en Centroamérica. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA, A5, 19 pp.
- MATUMOTO, T., 1968: Seismological observations at Mt. Arenal and other volcanoes in Costa Rica. 3 pps. Preliminary report (inédito).
- MATUMOTO, T., 1968: Trabajo preliminar sobre el volcán Arenal durante su actividad en 1968. Informe presentado al ICE.
- MATUMOTO, T., 1976: Predictions of a volcanic eruption implied from seismic data. Rev. Geogr. Inst. Panamericano de Geografía e Historia. 5: 285-293, México.
- MATUMOTO, T. & LATHAM, G.V., 1976: Results from the Arenal seismic network. Instituto Costarricense de Electricidad (I.C.E.), San José, Costa Rica. 33 pp.
- MATUMOTO, T. & UMAÑA, J., 1976: Informe sobre la erupción del Volcán Arenal ocurrida el 17 de junio de 1975. Rev. Geogr. Inst. Panamericano de Geogr. e Historia. 5: 299-315, México D.F., México.
- MATUMOTO, T., LATHAM, G., OTHAKE, M., & UMANA, J., 1976. Seismicity studies in northern Costa Rica, EOS. Trans Am. Geophys Union, 57:290.
- MATUMOTO, T., OTHAKE, M., LATHAM, G. & UMAÑA, J., 1977: Crustal Structure in Southern Central America. Bull. Seism. Soc. Am., 67:121-135.

- MATUMOTO, T. & UMAÑA, J., 1977: Seismic activity at Volcano Arenal, Costa Rica. EOS Trans. Am. Geophys. Unions, 58-6: 540.
- MAYFIELD, D.G., 1978: Magmatic Variation in the El Salvador Segment of the Middle America Arc.- 57 págs., Th. M.Sc. Rutgers, State Univ. of New Jersey, New Jersey.
- Mc. BIRNEY, A.R., 1969: Compositional variation in Cenozoic Calcalkaline suites of Central America. Andestine Conf. Bull. Ore. St. Dep. Geol. Mind. Ind. 65: 185-189, Oregon.
- Mc BIRNEY, A.R., 1971: Petrology of the Central American Volcanic Province. Upper Mantle Project, U.S.A., Program. Final Rep., 208-209.
- Mc BIRNEY, A., 1985: Evolución volcánica de América Central. Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional. 14: 21-23, Heredia, Costa Rica.
- Mc BIRNEY, A.R. & WILLIAMS, H., 1965: Volcanic history of Nicaragua. Univ. Calif. Publ. Geology. 55: 1-65, California.
- Mc BIRNEY, A.R. & WEYL, R.F., 1966: Rhyolite Magmas of Central America. Bull. Volc., 29: 439-448 Napoles.
- Mc BIRNIE, R.W., 1973: Infrared Radiation Thermometry of Guatemalan Volcanoes.- Bull. Volcanol. 37: 1-36, Nápoles.
- Mc LEAN, H. 1970: Stratigraphy, mineralogy and distribution of the Sumpango Group pumice deposits in the volcanic highlands of Guatemala: University of Washington, Ph. D. Dissertation Abstracts International, 31, no. 7-B : 4137-4139.
- Mc NUTT, S., R., & HARLON, D., H., 1983: Seismicity at Fuego, Pacaya, Izalco and San Cristóbal volcanoes, Central America. Bull Volcanol. 46: 283-298.
- MELLENDEZ, C., 1953: El volcán Poás. En: C.A. VARGAS (ed., 1979); 105:107, San José, Costa Rica.
- MELSON, W., 1982: Alternancia entre magmas ácidos y básicos en las erupciones explosivas mayores del Volcán Arenal, Costa Rica.- Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional. 14: 65-74, Heredia, Costa Rica. (1985).
- MELSON, W.G., 1984: Pre-historic eruptions of Arenal Volcano, Costa Rica. Vínculos, 10 (1-2): 24-59, San José, Costa Rica.
- MELSON, W., 1988: Major Explosive Eruptions of Costa Rica Volcanoes: Update for Costa Rica volcanism workshop. 6 pps., Costa Rica Volcanism Workshop, Washington. 14-18 noviembre, (inédita).
- MELSON, W.G. & SAENZ, R., 1968: The 1968 eruption of Volcán Arenal, Costa Rica: preliminary summary of field and laboratory studies. Smithsonian Inst. Center for Shortlived Phenomena.
- MELSON, W.G. & SAENZ, R., 1974: Volume energy and cyclicity of eruption of Arenal Volcano, Costa Rica. Bull. Volcanol. 37 (3): 416-437.
- MELSON, W.G., UMAÑA, J.E. & EVANS, E., 1979: Arenal Volcano: results of dry tilt, measurements. SEAN Bull., 4,2: 13-16.

- MELSON, W.G., BARQUERO, J., SAENZ, R. & FERNANDEZ, E., 1986: Erupciones explosivas de importancia en Costa Rica (Un reporte de progreso alcanzado, Nov. 1985) Bol. de Vulc. Univ. Nacional, 16: 15-20, Heredia, Costa Rica.
- MELSON, W.G., BARQUERO, J., SAENZ, R. & FERNANDEZ, O'HEARN, T., JEREZ, D., 1986: Arenal Volcano. Costa Rican volcanism workshop. Nov. 15-18; Washington, pp. (inédito).
- MERCADO, R., ROSE, W., NAJERA, L., MATIAS, O. & GIRON, F., 1988: Riesgos por caída de cenizas volcánicas y patrones direccionales de los vientos superiores en Guatemala. INSIYUMEH report, pp. 35. (bilingüe).
- MERCADO, R. & ROSE, W., 1989: Reconocimiento geológico y evaluación preliminar de riesgos del volcán de Tacaná, Guatemala. México- Geofísica Internacional (en prensa).
- MERINO, C. & CORONADO, J., 1968: Resumen de las observaciones hechas sobre la reciente erupción del Volcán Arenal. Inf. Sem. Inst. Geogr. Nac. Costa Rica. jul-dic 2: 13-17.
- MEYER, J., 1964: Stratigraphie der Bimskieise und-aschen des Coatepeque-vulkans investlichen El Salvador. Neues Jb. Geol. Palaont Abh. 119, 3: 215-246, Stuttgart.
- MEYER, J., 1967: Estudios petrográficos de ignimbritas y lavas plioleistocénicas de la zona de Ahuachapán, El Salvador. Tulane studies in Geol. 5: 165-175, New Orleans.
- MILLIONIS, P.N.; FEIGENSON, M.D.; CARR, M.J. & ALVARADO, G.E. Constraints on the Source of Central Costa Rican Alkalic Lavas. EOS,
- MINAKAMI, T.; UTIBORI, S. & HIRAGUA, S., 1969: The 1968 eruption of Volcano Arenal, Costa Rica. Earthquake Research Institute. V. 48, 4: 783-802, Tokio University.
- MONESTEL, M., 1980: Actividad residual en el Barba, Boletín de Vulcanología. Univ. Nacional, No. 9-5-7, Heredia, Costa Rica.
- MONTERO, W., 1984: Informe sismológico del Volcán Arenal, período de junio a agosto de 1984. Inst. Costarricense de Electricidad. (Inf. inédito). Depto. de Geología, 22. San José, Costa Rica.
- MOORE, A., 1974: Historia de un gigante: El volcán Poás. 17 págs.; FAO, RLATIFT 199, Documento Técnico de Trabajo No. 7
- MOOSER, F., MEYER ABICH, H. & Mc BIRNEY, A., 1958: Catalogue of the Active volcanoes of the world including solfataras fields. Central America. International Volcanological Association, IV: 133-146; Nápoles.
- MORA, S., 1977: Estudio Geológico del Cerro Chopo. Rev. Geogr. Am. Central, 5-6: 189-199, Heredia, Costa Rica.
- MORA, S., 1983: Una revisión y actualización de la clasificación morfotectónica de Costa Rica, según la teoría de la tectónica de placas. Bol. Volc. Univ. Nacional 13:18-36; Heredia, Costa Rica.
- MORA, S.; ALVARADO, G.E. & MORALES, L.D., 1988: Mapa preliminar de amenazas geológicas de Costa Rica: Su importancia para el desarrollo de infraestructura civil. Escala 1:500 000. Primer Congreso Nac. sobre Desastres Naturales, Univ. Nacional, Heredia, Costa Rica.

- MORA, O., 1988: Estudio geológico-petroológico de las piroclastitas en los alrededores de Bagaces, Provincia de Guanacaste, Costa Rica. Tesis de licenciatura, Escuela de Geología, Universidad de Costa Rica, 61 pp. más apéndices.
- MORALES, L.D., SOLEY, J.F., ALVARADO, G.E., BORGIA, A. & SOTO, G., 1988: Análisis espectral de algunas señales sísmicas y su relación con la actividad de los volcanes Arenal y Poás, Costa Rica. Bol. Obs. Volc. Arenal, 1 (?): 1-25, ICE, San José, Costa Rica.
- MURINATA, R., 1963: Apuntes sobre la actividad actual del volcán Irazú. Inf. Sem. Inst. Geogr. Nac. jul-dic: 105-110, San José, Costa Rica.
- MURATA, K.J., 1963: Observations on the current activity of Irazú Volcano. U.S. Geol. Surv., 4, Washington.
- MURATA, K.J., 1964: Notas sobre la actividad actual del Volcán Irazú. Inf. Sem. Inst. Geog. Nac. jul-dic: 93-94, San José.
- MURATA, K.J., 1966: Project for scientific studies of Irazú Volcano. U.S. Geol. Surv., 16pp. Washington.
- MURATA, K.J., DONDOLI, C. & SAENZ, R., 1966: The 1963-1965 eruption of Irazú Volcano, Costa Rica, (The period of March 1963 to Oct 1964). Bull. Vol. 29: 765-796.
- MURROW, P.J., ROSE, Jr. W.I. & SELF, S., 1980: Total grain size distribution of ejecta from Fuego Volcano, Guatemala and its use to estimate amounts of Stratospheric injection. American Geophysical Union, Twenty-sixth annual meeting of Pacific Northwestern. AGU, EOS (Transactions American Geophysical Union). 61 (6): 66.
- NEWHALL, C.G. et al, 1987: Recent Geologic History of Lake Atitlan in western Guatemala. J. Volcanol. Geotherm. Res. 33: 57-8.
- NEWHALL, C.G. 1987: Geology of the Lake Atitlán area, Guatemala, J. Volcanol. Geotherm. Res. 33: 23-55.
- OBANDO, L.G., 1986: Estratigrafía de la formación Venado y rocas sobreyacentes (Mioceno-Reciente), provincia de Alajuela, Costa Rica. Rev. Geol. Amer. Central, 5:73-104; San José.
- OFICINA DE PLANIFICACION, 1964: Consecuencias Económicas y Sociales de la Actividad del Volcán Irazú. Gobierno de Costa Rica, San José.
- OLSON, CH. & SAENZ, R., 1965: Fotorinterpretación de la Colada de Cervantes, Costa Rica. Inf. Sem. Inst. Geogr. Nac. jul-dic 2: 23-37, San José.
- PANIAGUA, S., 1983: Petrografía y Petroquímica de la Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. Boletín de Vulcanología de la Universidad Nacional. 14, 29-32, Heredia, Costa Rica.
- PANIAGUA, S., 1984: Contribución al conocimiento de la Geología y Petrología del vulcanismo Plio-Pleistocénico de la Cordillera Central de Costa Rica. 255 pp. M.Sc. Univ. de Chile, Santiago.
- PANIAGUA, S., 1984: Quimismo y razones isotópicas iniciales Sr 87/86 para lavas cuaternarias de la Cordillera Central de Costa Rica. Ciencia y Tecnol. 2: 33-62, San José.

- PANIAGUA, S., 1985: Características geológicas-petrográficas de los volcanes de la Cordillera Central y Sumario de sus actividades. *Brenesia*. 23: 43-95, San José, Costa Rica.
- PANIAGUA, S., 1985: Geoquímica de los elementos traza en las vulcanitas del Cenozoico Superior de la Región Central de Costa Rica. *Rev. Geol. Am. Central*. 2: 33-62, San José, Costa Rica.
- PANIAGUA, S., 1986: Consideraciones sobre el riesgo volcánico en Costa Rica. (N.Tec.) *Rev. Geol. Amer. Central*. 4: 89-92, San José, Costa Rica.
- PANIAGUA, S. & SOTO, G. 1986: Reconocimiento de los riesgos volcánicos potenciales de la Cordillera Central de Costa Rica. *América Central. Ciencia y Tecn.* 10(2): 49-72, San José, Costa Rica.
- PARSONS, W.H., 1979: Volcanoes of Guatemala. *Explorer (Cleveland)*, 21 (4): 11.
- PATCHICK, P., 1963: Report on well 0-4 slope of Usulután Volcán. El Salvador, C. 5 Informe mérito, PNUD-MAD San Salvador, El Salvador.
- PENFIELD, G., T., M., I. ROSE, & HALSOR, S., P., 1986: Geologic map of the lake Atitlan volcanoes. *Geol. Soc. Am. map. chart. Ser.*, Mc-55.
- PERNI, A., 1980: Estudio petrológico y geoquímico del volcanismo del área de Atienza (Guadalajara). Tesis Licenciatura, Fac. de Geol., Univ. Complutense, 139 p., Madrid, España.
- PETERSON, P.S. & ROSE, W.I., 1979: Dating of Caldera forming eruptions at Ayarza, Guatemala and correlation of its Plinian tephra units (abstract). *Pacific North-West Section, American. Geophysical Union, Bend, Oregon*.
- PICHLER, H. & WEYL, R., 1973: Petrochemical aspects of Central American magmatism. *Geol. Rsdch.* 62: 357-396.
- PICHLER, H. & WEYL, R., 1975: Magmatism and crustal evolution in Costa Rica (Central America). *Geol. Rdsch.* 64: 457-475.
- PICHLER, H. & STENGELIN, R., 1977: Bestandsaufnahme petrographischer Daten der Magmatite Mittelamerikas (Anforderungen und Möglichkeiten). *Giessener Geo. Sch.* 12: 253-284.
- PICHLER, H. & WEYL, R., 1977: Quaternary alkaline volcanic rocks in eastern Mexico and Central America. *Münster, Forsch. Geol. Paläont.* 38/39: 159-178.
- POINTER, P., 1963: Magmatic evolution of Izalco and relation to the Santa Ana Complex, El Salvador. 72 pp. M.Sc. Tesis, Rutgers Univ., New Brusvick.
- PORTA, H., 1976: Registros sísmicos en Nicaragua. *Rev. Geof. Inst. Panam. Geogr. Hist.*, 5: 63-71. México.
- PROSSER, J., T., 1983: The geology of Poas Volcano, Costa Rica (M.S. thesis) Hannoner, New Hampshire, Darmouth College, 165 p.
- PROSSER, J.T., 1984: Geología y variaciones magmáticas temporales a mediano plazo en la cima del Volcán Poás, Costa Rica. *Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional.* 15: 21-39. Heredia, Costa Rica.

- PROSSER, J.T., CARR, M.J. 1987: Poás Volcano, Costa Rica: Geology of the summit region and spatial and temporal variations among the most recent lavas. *J. Volc. Geotherm. Res.* - 33: 131-146.
- PROTTI, R., 1986: Geología del flanco sur del volcán Barú, Heredia, Costa Rica. *Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional.* 17: 15-22, Heredia, Costa Rica.
- PUSHKAR, P., 1968: Isotopic Composition of strontium in Central American ignimbrites. 43-62 USA, Program, Rep. No. 100-689-76, Washington.
- PUSHKAR, R., & MC BIRNEY, A.R., 1968: The isotopic composition of strontium in Central American ignimbrites. 24 Ann. Progr. Rep. No. 100-689-92, Res. Div. USA Ec.
- PUSHKAR, R.; Mc. BIRNEY, A.R. & KUDO, A.M., 1972: The isotopic composition of strontium in Central American ignimbrites. *Bull. Volcanol.* 35: 265-294, Nápoles.
- RACCICHINI, S., 1976: Notas sobre la actividad exhalativa cerca del Rincón de la Vieja. Costa Rica. *Rev. Geogr. Amer. Central,* 4: 93-104; Heredia, Costa Rica.
- RACCICHINI, S. & BENNET, F.D., 1978: Nuevos aspectos de las erupciones del Volcán Poás. *Rev. Geográfica de América Central.* Nos. 5-6: 37-53, Heredia, Costa Rica.
- REAGAN, M., 1987: Turrialba Volcano, Costa Rica: Magmatism of the southeast terminus of the Central American arc. Tesis Phd. Dissertation, Univ. Cal. Santa Cruz, 216 pp.
- REAGAN, M., 1988: Outline of the recent eruptive history of Turrialba Volcano, Costa Rica. *Costa Rican Volcanism. Workshop*, Washington, D.C. (inédito)
- REAGAN, M., 1988: U-Series Equilibrium and Disequilibrium in Plagioclase from Arenal Volcano, Costa Rica. *EOS,* 69 (44): 1509 (resumen).
- REAGAN, M.K., GILL, J.B.; MALAVASSI, E. & GARCIA, M.D., 1987: Changes in magma composition at Arenal volcano, Costa Rica, 1968-1985: real time monitoring of open system differentiation. *Bull. Volcanol.* 49: 415-434, Nápoles.
- RESTREPO, J.F., 1987: A Geochemical Investigation of Pleistocene to Recent Calc-Alkaline Volcanism in Western Panama. Master's thesis, Univ. of South Florida, 103 pp.
- REYNOLDS III, J.H. 1977: Tertiary Volcanic Stratigraphy of Northern Central America. 89 pp. M.A. Tesis, Dartmouth College, Hannover.
- REYNOLDS, J.H., 1983: Cenozoic Volcanic stratigraphy of southcentral Guatemala: In 32 annual meeting, southeastern section, Geological Society of America, with southeast section of the National Association of Geology teachers and the southeastern section of the Paleontological society. Abstracts with Programs Geological Society of America. 15(2): 63.
- REYNOLDS, J.H., 1987: Timing and sources of Neogene and Quaternary volcanism in South Central Guatemala. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 33: 9-22.
- ROBIN, C. & TOURNON, J., 1978: Spatial relation of andesitic and alkaline provinces in México and Central América. *Can. J. Earth Sci.* 15: 1633-1641.
- ROSE JR., W.I., 1970: The geology of the Santiaguito volcanic dome, Guatemala. Ph.D. Diss., Dartmouth College, Hannover, N.H.

- ROSE JR., W.I., 1972: Santiaguito volcanic Dome, Guatemala. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 83: 1413-1434.
- ROSE, W. I., 1972: Notes on the 1902 eruption of Santa Maria Volcano, Guatemala. *Bull. Volcanol. V.* 36: 29-45.
- ROSE JR., W.I., 1973: Pattern and Mechanism of Volcanic Activity at the Santiaguito Volcanic Dome, Guatemala. *Bull. Volcanol.* 37: 73-94, Nápoles.
- ROSE, Jr. W.I., STOIBER, R. & MALINCONICO, L.L., 1982: Eruptive gas compositions and fluxes of explosive volcanoes, budget of S and Cl emitted from Fuego Volcano, Guatemala. In Thorpe, R. S. (ed): *Andesites, orogenic andesites and related rocks*, John-Wiley & Sons, Chinchester, United Kingdom, p. 669-676.
- ROSE, W., I., 1973: Nuée ardente from Santiaguito Volcano, april 1973. *Bull. Volcanol. V.* 38: 365-371.
- ROSE, W.I., 1973: The evolution of Santa María volcano, Guatemala. *J. Geol.* 85: 63-87, Guatemala.
- ROSE, W.I. 1983: Balance de S y Cl para cuerpos magmáticos calcoalcalinos poco profundos. *Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional.* 14: 47-48, Heredia, Costa Rica.
- ROSE, W.I., 1987: Quaternary silicic pyroclastic deposits of Atitlán Caldera, Guatemala. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 33: 57-80.
- ROSE, W.I., 1987: Santa María, Guatemala: Bimodal sodrich calkalic stratovolcano. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 33: 81-108.
- ROSE, W., E., 1987: Volcanic activity at Santiaguito Volcano, 1976-1984, *Geol. Soc. Am. Sp. Paper* 212: 17-27.
- ROSE, W.I. & STOIBER, R.E., 1969: The 1966 eruption of Izalco Volcano, El Salvador. *J. Geophys. Res.* 74:3119-3130.
- ROSE, W., I., STOIBER, R., E., & BONIS, S., B., 1970: Volcanic activity at Santiaguito Volcano, Guatemala, june 1968-august 1969. *Bull. Volcanol.* 34: 295-307.
- ROSE, W.I. & STOIBER, R.E., 1972: Chemical reactions producing Mineral Incrustations at Volcanic Fumaroles in Central America. (Abstr.), *EOS.* 53, 4: 532.
- ROSE, W.I., BONIS, S.R., STOIBER, R.E., KELLER, M. & BICKFORD, T. 1973: Studies of Volcanic Ash from two recent Central American eruptions. *Bull. Volc.* 37: 338-364, Nápoles.
- ROSE, W.I.; ANDERSON, A.T.; BONIS, S. & WOODRUFF, L., 1978: The October 1974 basaltic Tephra, Fuego Volcano. Guatemala: Description and history of the magma body. *Jour. Volcanol. Geothermal Res.* 4: 3-53.
- ROSE, W.I., GRANT, N.K. & BONIS, S.B., 1976: Magma composition changes during the 1974 eruption of Volcan Fuego: Result of vertical variations of H₂O during shallow intratelluric crystal fractionation: *EOS Trans. Am. Geophys. Un.*, 57 : 346.

- ROSE, W.I., GRANT, N.K., HANN, G.A., LANGE, I.M., POWELL, J.L., EASTER, J. & DEGRAFF, J.M., 1977: The evolution of Santa Maria Volcano, Guatemala. *Jour. of Geol.* V. 85: 63-87.
- ROSE, W.I., PEARSON, T. & BONIS, S., 1977: Nuée ardente eruption from the foot of a dacite lava flow, Santiaguito Volcano, Guatemala. *Bull. Volc.* 40(1): 23-28.
- ROSE, W.I., CADLE, R.D., HEIDI, L.W., FRIEDMANS, S., LAZRUS, A.L. & HUEBERT, B.J., 1979: Gas and H isotopic analysis of volcanic eruption clouds in Guatemala. *Journ. Volcanol. Geotherm. Res.*
- ROSE, W.I., GRANT, N.K. & EASTER, J., 1979: Geochemistry of the Los Chocoyos ash, Quetzaltenango Valley, Guatemala. *Geol. Soc. Am. spec. No.* 180.
- ROSE, W.I., FRIEDMAN, I. & WOODRUFF, L.G., 1980: Oxygen isotope ratios of successively emptied plagioclases from Fuego Volcano, Guatemala. *Bull.* 42.
- ROSE, W.I., PENFIELD, G.I., DREXLER, J.W. & LARSON, P.B., 1980: Geochemistry of the andesitic flank lavas of three composite cones within Guatemala. *Bull. Volcanol.*, 43-1: 131-153.
- ROSE, W.I., FRIEDMAN, L.G. & WOODRUFF, L.G., 1980: Oxygen isotopic determinations of sequentially erupted plagioclases in the 1974 magma Fuego Volcano, Guatemala. *Bull. Volcanol.*, 43 (1): 191-194.
- ROSE, W.I. & MERCADO, 1986: Report on UNDP/OFDA Mission to Tacaná Volcano Guatemala Mexico, INSIYUMEH. report, 40 pp. (bilingue), Guatemala.
- ROSS, R. de, 1965: Costa Rica free of the volcano. *National Geographic Magazine.* V 128, No 1: 124-152.
- ROWE, G., 1988: The hidrothermal system of Poas Volcano, Costa Rica. *Costa Rican Volcanism Workshop, Washington, D.C.*, 12pp (inédito).
- ROY, A. & BYERLY, G.R., 1985: Late Tertiary/Quaternary volcanics of southern Costa Rica and northern Panama. *Geol. Soc of Am. Abst. Programs* 17: 704.
- RYMER, H. & BROWN, G.C., 1984: Periodic gravity changes of Poás Volcano, Costa Rica. *Nature.* 311: 243-245.
- RYMER, H & BROWN, G.C., 1987: Causes of microgravity changes at Poas Volcano, Costa Rica: An active but non eruptive system. *Bull. Volcanol.* V. 49: 389-398.
- SAENZ, R. 1971: Aparatos volcánicos y fuentes termales de Costa Rica: Informes técnicos y notas geológicas. Dirección de Geología, Minas y Petróleo. N° 41, San José, Costa Rica.
- SAENZ, R. 1973: Volcanic prediction in Costa Rica. *Bull. Volc.* 37: 3-5, Nápoles.
- SAENZ, R. 1975: Original reports from the correspondents of the IAVCEI. Working group on Migration of Volcanic Disasters, Costa Rica. *Bull. Volcanol.* V. 38, Supplement: 55-56.
- SAENZ, R., 1977: Erupción del volcán Arenal en el año 1968. *Revista Geogr. Am. Central*, 5-6: 149-188, Univ. Nacional, Heredia, Costa Rica.
- SAENZ, R. & HANTKE, C., 1977: Arenal. *Bull. Volcanic Eruptions.* 15:52-53.

- SALGUERO, M. 1976: Volcanes de Costa Rica. 48 pp. Ed. Costa Rica, San José, Costa Rica.
- SANTANA, A.I., 1977: Geología de un área de las Hojas Miravalles y Tierras Moreans, v + 89 págs. Tesis de Licenciatura, Esc. Centroam. de Geol., Univ. Costa Rica, San José, Costa Rica.
- SAWDO, R.M., SIMON, I., 1969: Tiltmeter installation Arenal Volcano in Costa Rica. 7 págs. Informe de Arthur D. Little, Inc., Cambridge, E. U. A. (inérita).
- SEDLACEK, W.A.; LAZRUS, A.L. & GONDRUD, B.W., 1975: Stratospheric silicate injection by Volcan de Fuego (abstr.) EOS (Am. Geophys. Union Trans.). 56(11): 913.
- SELF, S., 1978: Particles size distribution and morphology of ash in the Fuego and Santiaguito plumes. EOS (Am. Geophys. Union Trans.) Vol. 59(12): 1222.
- SELF, S. & WILLIAMS, S.N., 1980: Trigger of the october 1902 eruption of Sta María Volcano, Guatemala by a magma mixing event. EOS Trans. (American Geoph. Union .) 61(6) : 68.
- SERFATY, A., 1971: Caracterización física y química de dos suelos derivados de cenizas volcánicas en Costa Rica. Univ. de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- SHEETS, P.D., 1976: Ilopango Volcano and the Maya Protoclassic. 78 pp. Univ. Mus. Stud. 9, Southern Illinois Univ. Carbondale.
- SHEETS, P.D., 1977: Possible repercussions in Western Honduras of the third century eruption of Ilopango Volcano. Conference on the S.E. Maya Area. UCLA Latin American Center., 13 Boulder, Colorado.
- SHEETS, P.D., 1977: Environmental and Cultural Effects of the Ilopango eruption. 42 nd. Am. Meet. Soc. Amer. Archaeol. New Orleans.
- SHEETS, P.D., 1979: Maya Recovery from volcanic disasters, Ilopango and Cerén. Archaeology. 32: 32-42, Washington.
- SHEETS, P.D. & MULLER, M., (eds) 1984. Investigaciones arqueológicas en la cordillera de Tilarán, Costa Rica 1984. Vínculos, 10 (1-2): 1-236; San José (1986).
- SIEBERT, L., 1988: Structural collapse of volcanoes: Large volcanic debris avalanches in north and Central America. Costa Rican Volcanism Workshop Washington, D.C. 10 pp (inérito).
- SIMKIN, T., 1968. Mt. Arenal volcanic eruption, Costa Rica, 29 July 3 Aug., 1968. Event Chronology. Smithsonian. Center for Short-lived Phenomena.
- SIMKIN, T., SIEBERT, L., MC CLELLAND, L., BRIDGE, D., NEWHALL, C. & LATTER, J.H., 1981: Volcanoes of the World: Smithsonian Institution, 232 pp.
- SIMON, I., SAWDO, R., SAENZ, R., MELSON, W.G., 1969 : Preliminary Results from Tiltmeter Recording at Arenal Volcano, Costa Rica. EOS. (Trans. Amer. Geophys. Union). 51: 440.
- SIMON, I., SAWDO, R., SAENZ, R., MELSON, W.G., 1970: Preliminary results from tiltmeter recording at Arenal Volcano, Costa Rica. 18 pp ; Informe de Arthur D. Little, Inc., Cambridge, E. U. A. (inérita).

- SOLEY, J.A., 1966: Efectos de la ceniza volcánica sobre los suelos y subsuelos ácidos. 76 págs. Univ. de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- SOTO, G., 1986: Algunos efectos ambientales del volcanismo. *Biocenosis*. 2(2-4): 15-17, San José, Costa Rica.
- SOTO, G.J., 1988: Estructuras volcano-tectónicas del Volcán Turrialba, Costa Rica, América Central. Quinto Congreso Geológico Chileno, 8-12 agosto 1988, Santiago, ACTAS, Tomo III: 1163-175.
- STOIBER, R.E., 1965: Variación en temperatura 1964, Cráter Izalco, El Salvador. Traducción C.I.G., 2, San Salvador, El Salvador.
- STOIBER, R.E., 1973: Volcanology, Nicaragua, el Salvador, Guatemala, Selected Material. Dearthmounth, Coll. HANover, New Hampshire.
- STOIBER, R. E., 1976: Frequency of Eruption of Central American volcanoes in relation to a tectonic model of the American Quaternary. (Abs) EOS (trans. AGU) Vol 57, 4: 35.
- STOIBER, R., 1983: Emisión de dióxido de Azufre y otros gases en el Volcán Masaya, Nicaragua. *Boletín de Vulcanología*, Universidad Nacional. 14: 49-51, Heredia, Costa Rica.
- STOIBER, R., E., 1986: Sulphur and halour gases at Masaya Caldera complex, Nicaragua, total flux and variations with time. *Jour. Geophys. Res* 91, 12215-12231.
- STOIBER, R.E. & DURR, F., 1963: Vanadium in the sublimates, Izalco Volcano, El Salvador. (Abstract) *Special Paper Geol. Soc. Am.* 76: 159.
- STOIBER, R.E. & EBERL, D., 1969: Fumaroles of Guatemala. *Publ. Geol. ICAITI*. 2: 39-43, Guatemala.
- STOIBER, R.E. & ROSE, W.I., 1969: Recent volcanic and fumarolic activity of Santiaguito Volcano, Guatemala. *Bull. Volc.* 33: 476-502, Nápoles.
- STOIBER, R.E. & ROSE, W.I., 1970: The geochemistry of Central American volcanic gas condensates. *Bull. Geol. Soc. Am.* Vol. 81, 10: 2891-2912.
- STOIBER, R., E., ROSE, W., I., LEGGETT, D., C., JENITINS, T., F., & MURRMANN, R., P., 1971: Organic compounds in volcanic gas from Santiaguito Volcano, Guatemala. *Geol. Soc. Am Bull.* V. 8: 2299-2302.
- STOIBER, R.E. & CARR, M., 1971: Recent volcanism and seismicity in Central America. En: *Symposium on Volcanism and Upper Mantle Earthquakes*. 35 pp., 27; *Int. Geol. Geophys.*, 15, The General Assembly, Moscow.
- STOIBER, R.E. & ROSE JR., W.I., 1973: Sublimates at Volcanic Fumaroles of Cerro Negro Volcano, Nicaragua. *Publ. Geol. ICAITI*. 4: 63,68, Guatemala, C.A.
- STOIBER, R.E. & CARR, M., 1973: Quaternary volcanic and tectonic segmentation of Central America. *Bull. Volcanol.* 37, 3: 304-325.
- STOIBER, R. & JOPSEN, A., 1973: Sulfur dioxide contributions to the atmosphere by volcanoes. *Science*. 182 (4112): 577-578.

- STOIBER, R.E. & ROSE, W.I., 1973: Cl, F and SO₂ in Central American Volcanic Gases. Bull. Volc., 37: 454-460, Nápoles.
- STOIBER, R.E. & ROSE, W.I., 1974: Fumarole incrustations at active Central American Volcanoes. Geoch. Cosmoc. Acta 38 : 495-516.
- STOIBER, R.E., ROSE, W.I., LANGE, I.M. & Mc BIRNIE, R.W., 1975: The cooling of Izalco Volcano (El Salvador), 1964-1974. Geol. Jb., 13: 193-205, Hannover.
- STOIBER, R.E.; MARLENE, G.B. & BRATTON, G.P., 1978: Volcanic emission of SO₂ at Italian and Central American volcanoes. Geol. Soc. Am., Abstr. Programs, 10(3) : 148.
- STOIBER, R.E., WILLIAMS, S.N. & HUEBERT, B.J., 1982: Emission of Hg and Rn from Nicaraguan and Costa Rican Volcanoes EOS (Trans. Am. Geophys. Un.) . 63 : 1152.
- SUSSMAN, D. 1985: Apoyo Caldera, Nicaragua: a mayor quaternary silicic eruptive centre. Jour. Volcanol. Geothe. Res. 24 : 249-282.
- TAYLOR, P.S. & STOIBER, R., 1971: Soluble material on ash from active Central American volcanoes. EOS. 52, 4: 362.
- TAYLOR, P.S. & STOIBER, R., 1973: Soluble material on ash from active Central American volcanoes. Geol. Soc. Am. Bull 84: 1031-1042.
- TAYLOR, J.A., LEDBETTER, M.T. & STORNER, Jr. J.C., 1981: Airfall patterns of two Central/South American deep sea tephros deduced from coarse grain-analyse. The Geological Society of America, 94 th Annual meeting, 13(7) : 564.
- TAZIEFF, H., 1965: La lección del Volcán Irazú. El Correo de la UNESCO, Año XVIII, noviembre 1965.
- TERMER, F., 1961: Observaciones geográfico-arqueológicas en relación con el volcán de Guazapa en la República de El Salvador. Homenaje a P. Martínez del Río en 25 aniversario de la Edición de "Los Orígenes Americanos". 355-370. El Salvador.
- TERMER, R., 1964: Die Tatigkeit der Vulkane von Guatemala in den Jahren 1960-1963. Peterm. Geogr. Mitteil. Gotha., 261-268.
- THOMAS, K.E., 1983: An investigation of the Cervantes Formation of Irazú Volcano, Costa Rica. Senior Thesis. Darmouth College, Hanover, New Hampshire. pp 29.
- THORPE, R.S., FRANCIS, P.W. & MOORBATH, S., 1979: Strontium isotope evidence for petrogenesis of Central American andesites. Nature. 277: 44-45, London.
- THORPE, R.S., LOCKE, C.A., BROWN, G.C., FRANCIS, P.W. & RANDALL, M., 1981: Magma chamber below Poás volcano, Costa Rica. Geol. Soc. of London 138: 367-373.
- THORPE, R., BROWN, G., RYMER, H & BARRIT, S., 1985: Recent Volcano Monitoring in Costa Rica. Earthquake Inf. Bull. 17(2): 44-49.
- TOURNON, J., 1973: Présence de basaltes alcalins récents au Costa Rica (Amérique Central). Bull. 63: 140-147, Paris.
- TOURNON, J., 1980: Contribución a la morfología de la parte occidental de la Cordillera Central de Costa Rica. Inf. Sem. Inst. Geog. Nac., jul-dic, 2 : 73-83 San José.

- TOURNON, J. 1983: La cadena volcánica cuaternaria de Costa Rica: composiciones químicas de lavas, frecuencias de tipos de series. Inf. Sem. IGN jul- dic: 31-62, San José, Costa Rica.
- TOURNON, J. 1984: Magmatisme de Mesozoïque a l'actuel en Amérique Centrale: l'exemple du Costa Rica, des ophiolites aux andesites, IX 335, p. Tesis doctoral. Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- UI, T., 1973: Recent Volcanism in Masaya-Grande Area, Nicaragua. Bull. Volcanol. 36: 174-190, Nápoles.
- UMAÑA, J.E., MAINIERI, A., BRUCE, E., AFONSO, P., FERNANDEZ, M., RIVET, J., PAUTRE, A. & ENEMOND, R.; 1972: Informe geológico de progreso del proyecto hidroeléctrico de Arenal. 40 pp, ICE (informe interno inédito).
- UMAÑA, J.E., MAINIERI, A., AFONSO, P., DE LA TORRE, P. & LAPORTE, G., 1973: Informe geológico de Viabilidad y Proyecto Arenal. Depto. Geología, ICE, (Inf. interno).
- UMAÑA, J.E., MAINIERI, A. & MOJICA, E., 1974: Primer informe de progreso al Proyecto de Arenal. vi + 100 pp + anexos. Depto. Geología, ICE (informe interno).
- UMAÑA, J.E.; GUENDEL, F. & PAUTRE, A., 1979 : Contribution d'un barrage dans une zone sismiquement et volcanologiquement active. Bull. Inter. Assoc. Eng. Geol. 20:117-120.
- VALLANCE, J., GIRON, J., ROSE, W., SIEBERT, L. & BANKS, N., 1988: Eventos de colapso de edificio volcánico en Guatemala y riesgos asociados con los mismos. INSIYUMEH report, pp.19. (bilingüe).
- VAN DER BILT, H.; PANIAGUA, S. & AVILA, G., 1976: Informe sobre la actividad del Volcán Arenal iniciada el 17 de junio, 1975. Rev. Geof., Inst. Panam. Geogr. Hist. 5: 295-298, México D.F., México.
- VAN der LAAT, R., 1986: Metodologías geofísicas para la predicción y vigilancia de actividad volcánica: Su aplicación en Costa Rica. Rev. CIAF 11 (2-3) : 90-10.
- VAN der LAAT, R., 1988: Deformaciones asociadas al vulcanismo activo de Costa Rica entre 1981 y 1988. Costa Rican Volcanism Workshop Washington D.C., Nov. 1988, 12 pp (inédita).
- VAN WYK de VRIES, B., 1986. Mapa geológico Isla de Ometepe. Escala 1: 50000. INETER, Managua.
- VAN WYK de VRIES, B., 1988. La Geología de la Isla Zapatera, Lago de Nicaragua. INETER. 1(3):1-17, Managua, Nicaragua.
- VAN WYK de VRIES, B., 1989. Volcanic and seismic risks on isla de Ometepe, Lago de Nicaragua, Nicaragua. 38 pp. INETER.
- VARGAS, J.M. 1967: Belleza y amenaza del volcán Irazú. Efemérides Costarricenses 1(3):1-17.
- VARGAS, J.M., 1967: Aspectos de la Actividad Volcánica de Costa Rica en los últimos tiempos. Efemérides Costarricenses, 1(3): 18-25.
- VARGAS, C.A.(ed), 1979: Antología del volcán Poás. EUNED, San José, 163 pp.

- VARGAS, G., 1985: La sucesión vegetal primaria en una región de vulcanismo reciente en el volcán Arenal y sus alrededores. *Costa Rica. Rev. Biol. Trop.*, 33,2: 171-183, San José, Costa Rica.
- VESSEL, R.K. & DAVIES, D.K., 1978: Rates of denudation and sediment transport from the active volcano Fuego, Guatemala. *Geol. Soc. Am.*, 10(3): 131.
- VESSEL, R.K., & DAVIES, D.K., 1979: Sedimentology of volcanistic deposits from 1971-1974 eruption cluster of Volcano Fuego, Guatemala. *Am. G. Assoc. c. Pet. Geoll. Bull.*, V. 63(5): 343.
- VILLARI, L., 1984: Vulcano Arenal, Costa Rica. Valutazione preliminare del rischio. 5 págs., Instituto Italo Latinoamericano (IILA). (Informe Interno del ICE); Roma 1984.
- VIRAMONTE, O., J.G. & DI SCALA, L., 1970: Summary of the 1968 Eruption of Cerro Negro, Nicaragua. *Bull. Volcanol.* 34: 347-351, Nápoles.
- VIRAMONTE, J.G.; UBEDA, E. & MARTINEZ, M., 1971: The 1971 eruption of Cerro Negro, Nicaragua. *Smithson Inst., Cont. Short-lived Phenom.*, Washington, D.C., EEUU, 28pp.
- VIRAMONTE, J.G. & WILLIAMS, R.L., 1971: Estudio preliminar sobre las ignimbritas andesíticas de Nicaragua, Nicaragua. 23 pp.
- VIRAMONTE, O., J.G., 1973: Las últimas erupciones en Nicaragua (Período 1968-1970). *Publ. Geol. del ICAITI.* 4: 69-80, Guatemala, C.A.
- WADGE, G., 1982: The 1968-1980 lava-flow-field and the rates of eruptions of magma at Arenal (Abstract). USA-CR. Joint seminar in Volcanol. (20-26 enero) *Bol. Volcanol. Univ. Nac.* 14: 75-78, Heredia, Costa Rica.
- WADGE, G., 1983: The magma budget of volcán Arenal, Costa Rica from 1968 to 1980. *J. Volc. Geoth. Res.* 19: 281-302.
- WALKER, J.A. & CARR, M.J. 1980: Crystal fractionation at intermediate pressures and basalts from behind the volcanic front in Central America. *EOS.* 61: 42 (abstract).
- WALKER, J., A., 1981: Petrogenesis of lavas from cinder cone fields behind the volcanic front of Central America. *Jour. Geol.* 87: 727-739.
- WALKER, J.A., 1982: Volcanic Hazard-Peligro Volcánico. *Bol. Volc. (Joint Sem. in volcanol.)* 14: 41-49, Univ. Nac. Heredia, Costa Rica.
- WALKER J.A., 1984: Volcanics rocks from the Nejapa and Granada cinder cone alignments, Nicaragua, Central America: *J. of Petrology*, 25: 299-342.
- WALKER, J.A. & CARR, M.J., 1986: Compositional variations caused by phenocryst sorting at Cerro Negro volcano, Nicaragua. *Geol. Soc. of Amer. Bull.* 97: 1156-1162.
- WARD, P.L., 1974: Prototype global volcano surveillance system and identification of a volcano-tectonic fault in Central America: In *Symposium on Volcanism in Mexico and Central America.* (edited by Decker, R.W. et al). *Bull. Volcanol.* 37(3): 438-442.
- WALDRON, H., 1967: Debris flow and erosion control problems caused by the ash eruptions of Irazú Volcano, Costa Rica. United States Department of the Interior. -(inédito).

- WALDRON, H., 1968: The 1968 eruption of Arenal Volcano, Costa Rica, 5 págs- Reporte, U. S. Geol. Surv., American Embassy, (inérita). San José.
- WEYL, R., 1960: Las ignimbritas Centroamericanas. Inf. Sem. Inst. Geog. Nac., 39-59: San José, Costa Rica.
- WEYL, R., 1967: Volcanoes and volcanic rocks in Central America and the West Indies. Bull. Volc. 31: 3-16.
- WEYL, R., 1969: Problems of tectonic and magmatic activity in Central America and the West Indies. (Trabajos técnicos presentados en la segunda reunión de Geólogos de América Central). Publ. Geol. ICAITI 2 : 47--51, Guatemala.
- WEYL, R., 1969: Magmatische Forderphasen und Gesteinchemismus in Costa Rica, Mittelamerika. N. Jb. Geol. Palaont, Mh., 7: 432-446; Stuttgart.
- WEYL, R., & PICHLER, H. 1973: Petrochemical aspects of Central American Magmatism. Publ. Geol. ICAITI. 4 : 81-90, Guatemala, C.A.
- WEYL, R., 1980: Geology of Central America, R. Berlín Gebruder Borntraeger : 371 pp.
- WEISEMANN, G.; BOSSE, H.R. & MERINO, C., 1969: Estudio geológico-minero del yacimiento de azufre del cráter del Volcán Tecapa (Laguna de Alegría), El Salvador. 11, San Salvador, El Salvador.
- WILLIAMS, H., 1952: Volcanic history of Meseta Central of Costa Rica. Univ. Calif. Publ. in Geol. Sci. 29-145-180, Berkeley.
- WILLIAMS, H., 1960: Volcanic Collapse-basins of lakes Atitlán and Ayarza, Guatemala. 21 st. intern. Congr. Repts. Proc. Sect. 21: 110-118, Copenhagen.
- WILLIAMS, H., 1960: Volcanic history of the Guatemalan highlands. Univ. Calif. Publ. in Geol. Sci. 50 : 1-56, Berkeley.
- WILLIAMS, H. & Mc BIRNEY, A.R., 1964: Petrologic and structural contrast of the Quaternary volcanoes of Guatemala. Bull. Volcanol. 27, 61 pp. Nápoles.
- WILLIAMS, H., 1965: Volcanic history of Nicaragua. Univ. Calif. Publ. Geol. Sci. Univ. Calif. Press.
- WILLIAMS, H. & Mc BIRNEY, A.R., 1969: Volcanic history of Honduras. Univ. Calif. Publ. in Geol. Sci. 8 : 1-101, Berkeley.
- WILLIAMS, S., 1984: La erupción del Volcán Telica, Nicaragua, 1982. Boletín de Vulcanología Universidad Nacional, 15 : 10-19, Heredia, Costa Rica.
- WILLIAMS, S.N. & SELF, S., 1983: The october 1902 plinian eruption of Santa María Volcano, Guatemala, J. Volcanol. Geother. Res. 16: 33-56.
- WOOD, R., 1974: Microearthquakes at Central American Volcanoes. Bull. Seis. Soc. Am. 64, 1: 275-277.
- WOODRUFF, L.G., & ROSE, Jr., W.I., 1976: Pattern of historic activity at Volcan Fuego. EOS (Am. Geophys. Union, Trans), 57 (4) : 345.

WOODRUFF, L.G.; ROSE, W.I. & RIGOT, W., 1979: Contrasting fractionation patterns for sequential magmas from two calcalkaline volcanoes in Central America. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 6 : 217-240.

WUNDERMAN, R. L., 1984: Amatitlan, an actively resurging cauldron 10 Km. south of Guatemala City. *Jour. Geoph. Res.* 89 : 8525-8539.

YUAN, A. T. E., Mc NUTT, S. R., & HARLON, D. H., 1984: Seismicity and eruptive activity at Fuego Volcano, Guatemala. *Jour. Volcanol. Geoth. Res.* 21 : 277-296.

ZAPATA, B.R., 1981: La actividad del Volcán San Cristóbal (Nicaragua), iniciada el 24 de agosto de 1980. *Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional.* 11: 16-18, Heredia, Costa Rica.