

EXCURSION AL VOLCAN ARENAL

*Eduardo Malavassi.**
*Rodrigo Sáenz.**
*Jorge Barquero.**

Programa de Investigación Vulcanológica y Sismológica, Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

SEMINARIO VULCANOLOGICO
CONJUNTO USA-CR

EXCURSION AL VOLCAN ARENAL

E. Malavassi
R. Sáenz.
J. Barquero.

Fecha: 14-15 de enero, 1982.
(Date) 14-15 January, 1982

Salida: 18 hrs (14-1-82)
(Departure)

Lugar Edificio del Instituto Nacional de Seguros, San José.
(Site) Instituto Nacional de Seguros Building, San José

Dormida: Ciudad Quesada.
(Overnight)

Salida 5:45 hrs (15-1-82)
(Departure)

Desayuno: La Fortuna de San Carlos (7:00 hrs)
(Breakfast)

Almuerzo: Represa de Arenal (14:00 hrs.).

(Lunch) Arenal Dam. (14:00 hrs.).

Regreso a San José. 16:00 hrs.
(Return to San José).

- Favor de traer capa para la lluvia y guantes para trabajar en las lavas.
- Please take with you your raingear and gloves since we will be walking on blocky lavas.

INTRODUCCION:

La Cordillera Volcánica de Guanacaste está compuesta de cinco estratovolcanes principales: Orosi, Rincón de la Vieja, Miravalles, Tenorio y Arenal. Las lavas de estos volcanes varían en composición de andesitas basálticas a latíandesitas; sin embargo, la información petroquímica de otros volcanes, a excepción de Arenal, es escasa. Abundantes corrientes de barro cubren el flanco NE de la Cordillera y extensas tobas riolíticas y dacíticas afloran en el flanco SW de la misma.

Los sistemas de fallas activos en el norte de Costa Rica están orientados en dirección NW-SE o NE-SW (Matumoto et al., 1977) paralelos o perpendiculares al arco volcánico cuaternario. La dirección NW-SE es la más conspicua formando fallamiento normal asociado con el graben de Nicaragua (Dengo et al., 1968; 1970). La dirección NE-SW está relacionada con fallas de desgarramiento, en donde la placa subducida y la placa sobreyacente están quebradas por fracturas transversales a la fosa. Dos recientes trabajos (Carr y Stoiber, 1977; y Güendel, 1978) sugieren que una falla de desgarramiento está localizada en la vecindad del volcán Arenal. Este argumento es reforzado por el hecho de que el volcán Arenal y alrededores muestran muchas de las características señaladas por Stoiber y Carr (1973) para los volcanes relacionados con fallas de desgarramiento. la ocurrencia de grandes terremotos (e.g. terremoto de Tilarán, 1973, Ms = 6.5; Plafker, 1973). Conos de escoria orientados en forma perpendicular al arco volcánico (e. g. cerro Chopo, Mora, 1977); la presencia de fallamiento nor-

mal (e. g. graben de la laguna de Arenal, Dengo, 1962; Plafker, 1973); volcanes con pequeños volúmenes con relación a sus vecinos (e. g. Arenal y cerro Chato) y erupciones históricas catastróficas (e. g. volcán Arenal, 1968).

El volcán Arenal es el más joven cono de un grupo alineado de volcanes en el cual la actividad ha estado migrando de SE a NW o sea del cerro Los Perdidos, un edificio volcánico complejo y erosionado, al cerro Chato, un cono truncado con un lago cráter y al Arenal. Separados por menos de 3 km. uno del otro, este apretado alineamiento de volcanes puede ser el resultado de un fractura que sigue un rumbo similar y que está asociada con el vulcanismo cuaternario en el área.

El período activo 1968-1982

El volcán Arenal, un pequeño estratovolcán de forma cónica, localizado al NW de Costa Rica (1027.8' N-84° 42.3' W) era considerado un volcán extinto antes de su violenta erupción que dio inicio en 1968. Tres cráteres de explosión fueron abiertos en su flanco oeste: el cráter "A" a 1050 m. de elevación y de dimensiones mayores que los demás, el cráter "B" a 1175 m. de elevación y el cráter "C" a 1460 m. de elevación. Estos cráteres, junto con el cráter existente en la cima antes de la erupción, cráter "D" (1633 m.) constituyen los cuatro cráteres reconocidos en el volcán Arenal.

La actividad del volcán Arenal a partir de 1968 se caracterizó en general por una corta fase explosiva inicial que originó nubes ardientes catastróficas y dio paso a una fase efusiva caracterizada por la emisión en forma casi constante de coladas de lava de composición basáltico-andesita por más de trece años. De especial interés para la caracterización de este período son los trabajos de Fudali y Melson (1972), de Melson y Sáenz (1973) y de Malavassi (1979).

Desde 1968 hasta 1973 la actividad estuvo concentrada en el cráter "A" y a partir de 1974 la actividad migra hacia el cráter "C" que es el cráter activo en la actualidad. Este cráter que tiene forma de herradura abierta hacia el NW, W y SW ha crecido por colapso de sus paredes, a expensas principalmente de la pared W del cráter "D", con el cual coalesce gradualmente para formar un cráter compuesto.

Estratigrafía:

La estratigrafía expuesta en el volcán Arenal (Malavassi, 1979) consiste de cinco unidades principales. Ellas son, en orden creciente de edad.

Unidad	Edad
1 Grupo volcánico Arenal. Rocas volcánicas históricas	1968-presente.
2 Grupo volcánico Arenal. Rocas volcánicas prehistóricas	Cuaternario
3 Corrientes de barro de origen desconocido.	Cuaternario
4 Grupo volcánico cerro Chato	Cuaternario.
5 Aglomerados y brechas tufáceas del Grupo Aguacate	Mioceno tardío- Plioceno temprano.

El grupo volcánico Arenal incluye coladas de lava de bloques, capas alternas de arena volcánica y lapilli angular, coladas de bloques y ceniza de edad histórica y prehistórica relacionados genéticamente con el volcán Arenal.

El mapa geológico generalizado del volcán Arenal que se adjunta permite conocer la distribución espacial de las unidades estratigráficas antes mencionadas.

INTRODUCTION:

The Guanacaste Volcanic Range, is composed of five main stratovolcanoes: Orosi, Rincon de la Vieja, Miravalles, Tenorio y Arenal. Lavas from these volcanoes range in composition from basaltic-andesite (Melson and Sáenz, 1973) to latí andesite (Dengo, 1962; Pitchler and Weyl, 1973), although petrochemical information about other volcanoes than Arenal is sparse. Mudflows are abundant in the NE flank of this range and extensive rhyolitic and dacitic tuffs outcrop on the SW flank.

Active fault system in northern Costa Rica trend either NW-SE or NE-SW (Matumoto et al., 1977) parallel or perpendicular to the Quaternary volcanic arc. The NW-SE trend is very conspicuous forming normal faulting associated with the Nicaragua graben (Dengo et al., 1968; 1970). The NE-SW trend is related with tear faults, in wich the subducted slab and the overlying plate are broken by fractures transversal to the trench direction. Two recent works (Carr and Stoiber, 1977; and Güendel, 1978) suggest that a tear fault is located near Arenal Volcano. This argument is reinforced by the fact that Arenal Volcano and vicinity show many of the characteristics pointed by Stoiber and Carr (1973) for volcanoes related with tear faults: the occurrence of major earthquakes (e.g. Tilarán earthquake 1973, Ms = 6.5; Plafker, 1973); cinder cones oriented perpendicular to the volcanic arc (e.g. Arenal Lake graben; Dengo, 1962; Plafker, 1973); volcanoes with smaller volumes than their neighbors (e.g. Arenal and Cerro Chato volcanoes) and historic catastrophic eruptions (e.g. Arenal volcano 1968).

Arenal is the youngest volcanic cone of a linear group of volcanoes in which activity has been migrating from SE to NW: that is, from Cerro Los Perdidos, a deeply eroded volcanic edifice, to Cerro Chato, a truncated cone with a crater lake, to Arenal. Separated by less than 3 km. from each other this closely spaced alignment of vents may result from a major fracture, following a similar trend, associated with the Quaternary Volcanism in the area.

The 1968-1982 active period:

Arenal volcano, a small stratovolcano of conical shape, located in NW Costa Rica (10° 27.8' N-84° 42.3' W), was considered extinct prior to its violent explosive eruption of July, 1968. Three

explosion craters were opened along an approximately east-west line on the west flank of Arenal volcano. The largest crater "A" is located at an elevation of 1.050 m. Cráter "B" is located at 1.175 m. and cráter "C" at 1.460 m. of elevation. These craters and crater "D" (1.633 m.) the pre-eruption summit crater are four craters that have been recognized on Arenal Volcano.

Arenal volcano activity beginning in 1968 was characterized by a short initial explosive phase which originated catastrophic nuées ardentes and graded into an effusive phase characterized by almost constant emissions of blocky lava flows of basaltic andesites for more than thirteen years. Of special interest for the characterization of this period are the works by Fudali and Melson (1972), Melson y Sáenz (1973) and Malavassi (1979).

Between 1968 and 1973 the effusive activity was concentrated in crater A, but from 1974 to the present the activity migrated towards crater C. Crater C, with Horse-shoe shape open to the NW, W and SW has grown by collapse of its walls, mainly at expenses of the west wall of crater D, with which gradually coalesces to form a composite crater.

Stratigraphy:

The exposed stratigraphy in Arenal Volcano (Malavassi, 1979) consists of five main units. They are in order of increasing age:

UNIT	AGE
1 Arenal Volcanic Group: Historic volcanic rocks	1968-present
2 Arenal Volcanic Group: prehistoric volcanic rocks	Quaternary
3 Mudflow deposits of unknown source	Quaternary
4 Cerro Chato Volcanic Group	Quaternary
5 Agglomerates and tuffaceous breccias of the Aguacate Volcanic Group	Late Miocene-early Pliocene.

Arenal Volcanic Group includes blocky lava flows, alternating layers of volcanic sand and angular lapilli, blocky ash flows and mudflows of

historic and prehistoric age genetically related to Arenal Volcano.

For spatial distribution of stratigraphic units see the enclosed "Generalized geologic map of Arenal Volcano"

PARADA Nº 1 8.00 hrs. QUEBRADA GUILLERMINA

Depósitos de travertino:

Los vecinos del caserío de La Palma reportaron depósitos de travertino poco comunes a lo largo de la Quebrada Guillermina, una corriente de agua fría ubicada en el flanco NE del volcán. Estas deposiciones de travertino fueron notadas antes del inicio de la actividad en 1968 y durante los primeros años del período activo actual. Las gravas de la quebrada están recubiertas por una capa de 1 a 3 cm. de espesor.

Análisis químicos del agua de la Quebrada Guillermina, parte de un estudio sistemático de la química de las aguas de fuentes termales y quebradas alrededor del volcán Arenal, revelan su carácter particular:

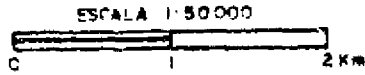
T = 23.00° C	Na = 1.80 (+)
PH = 8.49	K = 0.11 (+)
HCO ₂ = 4.81 (+)	Ca = 0.22 (+)
Cl = 0.35 (+)	Mg = 1.26 (+)
F = 2.90 (+)	
(+) = x 10 ⁻³ M/L	(+) = x 10 ⁻⁵ M/L

Análisis químico por el doctor Serge Bigot (Francia)

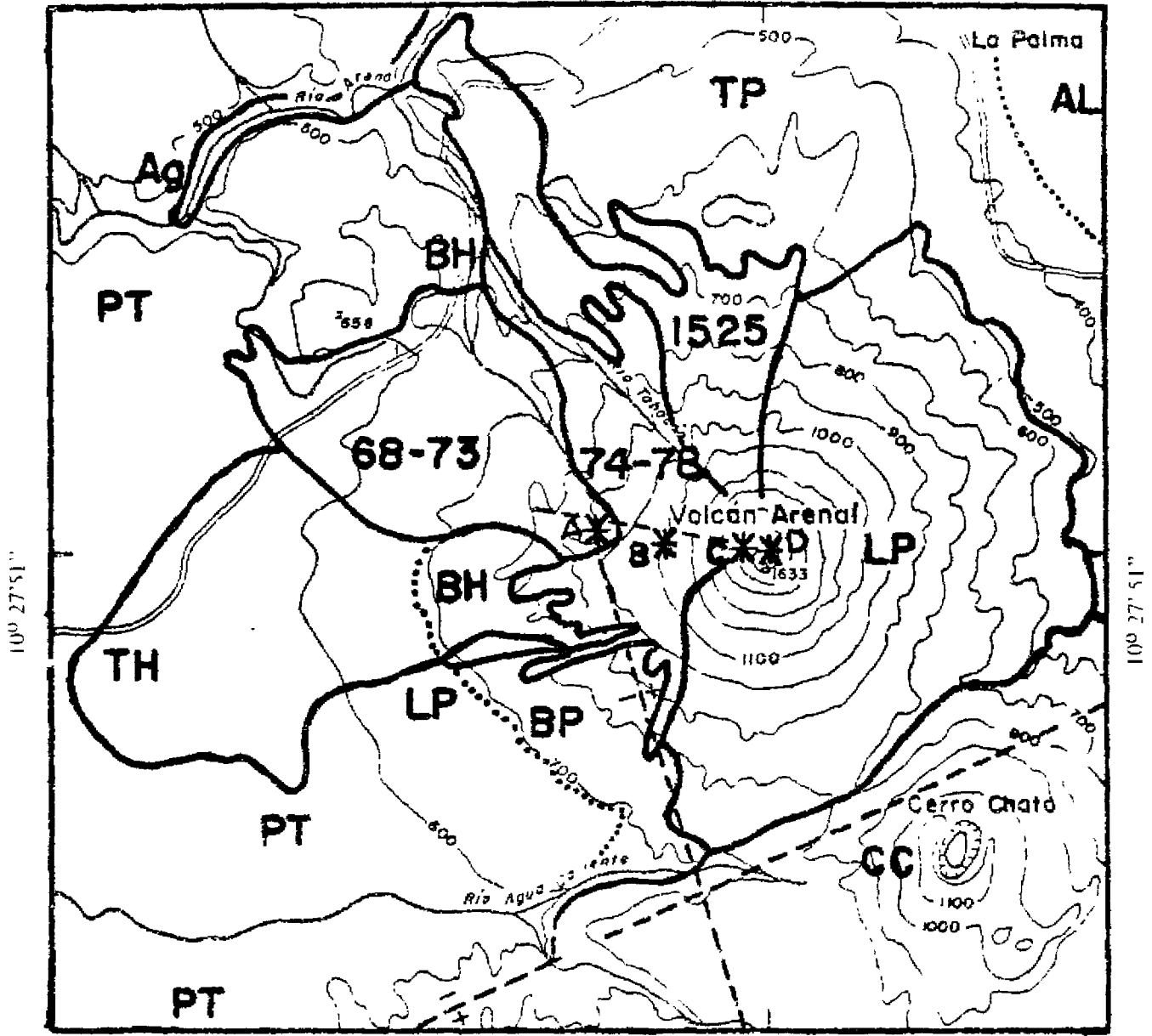
Depósitos de avalancha incandescente:

Sobre la margen izquierda de la quebrada Guillermina, en un nuevo tajo explotado para la construcción de la carretera Fortuna-Represa de Arenal se puede observar el afloramiento de una colada de bloques y ceniza prehistórica (blocky ash flow). Estos materiales fueron emplazados por avalanchas incandescentes de carácter direccional. Abundan en ellas evidencias de un emplazamiento de los ma-

MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO DEL VOLCAN ARENAL



84° 42' 10"



10° 27' 51"

10° 27' 51"

Segun Mallavasi, Ed. 1979

84° 42' 10" E.

- | | |
|---|---|
| <p>AG GRUPO VOLCANICO DEL AGUACATE (Mio Plioceno)</p> <p>CC GRUPO VOLCANICO DEL CERRO CHATO (Cuaternario)</p> <p>PT GRUPO VOLCANICO DEL ARENAL (Cuaternario)</p>
<p>1525 Coladas de lava de 1525 D. C.</p> <p>68-73 Coladas de lava de 1968-1973</p> <p>74-78 coladas de lava de 1974-1978</p> <p>LP Coladas de lava prehistoricas</p> <p>TP Unidades de Tefra prehistoricas</p> <p>TH Unidades de Tefra de 1968</p> | <p>BP Flujos de bloque y ceniza prehistoricos</p> <p>BH Flujos de bloque y ceniza historicos</p> <p>AL Aluvion y corrientes de lodo</p>
<p>Falla </p> <p>Contacto gradacional </p> <p>contacto geológico </p> <p>Crater </p> |
|---|---|

teriales cuando todavía estaban calientes. Entre el tajo y la carretera se puede observar la expresión topográfica dejada por la colada de bloques y ceniza, especie de camellones de pocos metros de espesor, que no llegan a cruzar la carretera.

PARADA Nº 2 8:30 hrs. COLADA DE LAVA DE TABACON

Estas lavas prehistóricas han sido datadas utilizando el método del radiocarbono en 1525 ± 20 D. C. Edades culturales asignadas a cerámicas indígenas encontradas dentro de un tefra eruptada durante el mismo período de actividad corresponden a 1200-a 1400 D. C. de acuerdo con dataciones reportadas por Melson y Sáenz (1973).

Estas lavas fueron erupcionadas del cráter de la cima, cráter "D", cubriendo un área de 2.5 km^2 sobre el flanco norte del cono, con un espesor máximo de unos 50 m.

El flujo que corre paralelo al Río Tabacón y que aflora en el camino Fortuna-Represa de Arenal, viajó 5 km. hasta el valle del Río Arenal, al cual rellenó al menos parcialmente. Estas lavas corresponden a andesitas basálticas con augita e hipersteno, muy similares a las lavas eruptadas durante la actual erupción.

PARADA Nº 3 9:00 Hrs. RIO TABACON

Colada de Bloques y Ceniza de 1975:

Varias nubes ardientes fueron emplazadas entre el 17 y 21 de junio de 1975 (Van der Bilt et al., 1976). Su emplazamiento se explica como consecuencia del avalanchamiento de la colada Nº 14 cuando ésta era emitida en el cráter "C". La fuerte pendiente del flanco NW del cono cerca del cráter "C" favoreció la producción de éstas avalanchas incandescentes que emplazaron flujos de bloques y ceniza (blocky-ash flows) consistentes principalmente de eyectas de carácter juvenil. La explicación anterior diverge de la de algunos autores que estudiaron el evento. La expansión de los materiales incandescentes en contacto con el aire produjo cantidades moderadas de ceniza volcánica que se depositó en la vecindad (Matumoto y Umaña, 1976). Las avalanchas incandescentes presentan un fuerte carácter direccional y los depósitos emplazados abundan en características que revelan su

alta temperatura al momento de emplazamiento, tales como: corteza de pan, juntas de enfriamiento, superficies escoriáceas y aplastamiento de los bloques por impacto.

Fuente termal Tabacón:

Esta fuente termal es anterior al período actual aunque fue cubierta por la colada de bloque y ceniza de 1975. En 1967 fue reportado un aumento en la temperatura de las aguas del río Tabacón, a tal punto que el ganado no podía tomar agua del río. Este aumento fue sin duda premonitorio de los hechos que ocurrirían el año siguiente.

PARADA Nº 4 9:40 Hrs. MARGEN IZQUIERDA QUEBRADA LAVAS

Secuencias arena-lapilli:

Una de las particularidades de la estratigrafía de los materiales eruptados por el volcán Arenal estriba en la presencia de capas alternas de arena volcánica y lapilli anguloso. Dichas capas afloran principalmente en la base del cono de Arenal, especialmente en el cuadrante oeste del mismo en donde el número de capas sobrepuestas se acerca a la decena.

El significado y génesis de las secuencias de arena-lapilli puede ser explicado con base en la cronología de eventos de 1968, durante la iniciación del período actual, dada por Melson y Sáenz (1973). Una fase explosiva inicial en la cual el volcán abre y ensancha sus conductos, produce nubes ardientes que emplazan una capa de lapilli anguloso en la base del cono y flujos de bloques y ceniza en la parte superior. Esto es seguido por una fase de emisión de piroclastos finos en la cual, el magma, en ascenso hacia la superficie por los conductos volcánicos se desgasifica produciendo una capa de arena volcánica, que se deposita sobre la capa anterior. Es posible que las nubes ardientes, en sí, sean las responsables de la génesis de las dos capas. Debido al hecho de que las partículas más finas permanecen más tiempo en el aire, ellas se pueden asentar sobre el lapilli de las primeras fases de la misma explosión.

Finalmente, cuando el magma alcanza la superficie, coladas de lava de bloques son eruptadas y en general depositadas en la parte alta e intermedia del cono.

Cada período eruptivo del volcán Arenal registra una secuencia formada por una capa de arena

volcánica que sobreyace a una capa de lapilli angular en la base del cono. El registro estratigráfico queda completo cuando la siguiente erupción cubre el paleosuelo desarrollado desde la erupción previa sobre la capa superior de arena volcánica.

El hecho de que las secuencias arena-lapilli posean materia orgánica y madera enterrada por antiguas erupciones del Arenal abre la perspectiva de un detallado conocimiento de la distribución en el espacio y en el tiempo de la actividad del volcán Arenal. Además, algunas capas son ricas en fragmentos de alfarería indígena lo que abre también la perspectiva de efectuar dataciones culturales. El doctor Melson ha rellizado estudios en las tefras del volcán Arenal y esperamos que pronto pueda compartir con la comunidad científica muchos de los secretos que se alojan en las secuencias arena-lapilli.

PARADA Nº 5 10:40 Hrs. ZONA DE DEVASTACION

Tres nuevos cráteres de explosión fueron abiertos a los largo de una línea aproximadamente este-oeste sobre el flanco occidental del volcán Arenal. El cráter más grande (A), del que las explosiones principales se originaron, se localizaba a una altura de 1050 m. Se registraron dos explosiones mayores que produjeron nubes ardientes, una en julio 29 y la otra en julio 31, 1968. El diámetro del material expelido por las explosiones varió de la ceniza fina a grandes bloques de (2 x 3 x 6 m). Numerosos bloques grandes fueron expelidos a ángulos bajos 60° o menos, Sáenz, 1977) hasta distancias de hasta 5 km del cráter A.

El descenso de los materiales eyectados por las explosiones sobre los flancos del volcán creó avalanchas incandescentes que coalescieron y descendieron los flancos oeste y noroeste del cono, devastando una área de 12 km². Las nubes ardientes alcanzaron una alta velocidad promedio de eyeción estimada en 300 m/s (Melson y Sáenz, 1973), y temperaturas que quemaron pasto y madera, y totalmente defoliaron el bosque en solo unos pocos minutos. En las villas de Tabacón y Pueblo Nuevo, 3-5 km del cráter A, las temperaturas del aire fueron estimadas en 300-500⁰ C (Melson y Sáenz, 1973).

Las avalanchas incandescentes depositaron flujos de caniza y bloques en la parte superior e intermedia del cono del Arenal, que gradan a una capa de lapilli anguloso en la base del cono

Durante la visita al flanco oeste del volcán Arenal observaremos diversos rasgos de la devastación producida por la nube ardiente inicial (29/6/68) ya que el campo lávico posterior ha cubierto el área devastada por la segunda nube ardiente en el flanco noroeste del cono

PARADA Nº 6. 11:00-13:00 Hrs. CAMPO DE LAVA 1968-1982

Desde el 19 de setiembre de 1968 hasta el presente el volcán Arenal ha emitido treinta y siete coladas de lava de bloques, cubriendo una área de aproximadamente 5 km², con un volumen estimado a enero de 1979 (hasta la lava Nº 30) en 0.11 km² incluyendo espacios porosos (Malavassi, 1979). Tres grandes coladas fueron erupcionadas del cráter inferior A entre setiembre de 1968 y 1973; y treinta y cuatro coladas han sido emitidas desde el cráter C entre 1974 y 1980. Cortos episodios de actividad fumarólica moderada, por lo general de días a varias semanas de duración, caracterizan los períodos que separa la efusión de coladas de lava.

Las lavas históricas del Arenal son andesitas basálticas con dos piroxenos, textura hiapopilitica y color gris oscuro. Fenocristales de hornblenda fueron reportados por Melson y Sáenz (1973) en la primera colada erupcionada en 1968. Un cálculo de la moda promedio para las lavas históricas del Arenal es:

Fenocristales:	26.9 0/o vol.
Plagioclasa:	18.3 0/o vol.
Augita:	4.5 0/o vol.
Hipersteno.	3.6 0/o vol.
Olivino:	trazas.
Matriz:	50.0 0/o vol.
Plagioclasa:	19.9 0/o vol.
Augita:	4.4 0/o vol.
Hipersteno:	1.7 0/o vol.
Vidrio:	20.9 0/o vol.
Magnetita:	4.0 0/o vol.
Apatito:	1.5 0/o vol.
Vesicularidad:	17.4 0/o vol.
Promedio de 66 muestras, 42.500 puntos contados.	

Cronología de las lavas históricas del Volcán Arenal:

Número de lava	Cráter de que fue eruptada	Fecha de reporte en movimiento	Fecha de su último reporte
1	A.	14-9-68	1971
2.	A	9-71	8-72
3.	A.	9-72	1973
5.	C.	3-5-74	----
13.	C.	25-4-75	----
14.	C.	16-6-75	7-75
18.	C.	28-12-76	----
26.	C.	4-78	7-78
28.	C.	14-7-78	8-78
29	C.	11-78	2-79
30.	C.	4-79	6-79
31	C	9-79	7-80
32.	C.	5-80	7-80
33	C.	7-80	12-80
34.	C	9-80	5-81
35.	C.	4-80	8-81
36	C	6-80	9-81
37	C.	10-81	en movimiento

PARADA Nº 7 13:00 Hrs. FRENTE DE LAVA ACTIVO

Esperamos que el volcán Arenal nos permita, para una ocasión tan especial, observar el frente de una colada en movimiento. Si así sucede no tendremos más comentarios que agregar.

ALMUERZO. 14:00-15:00 Hrs. REPRESA DE ARENAL

Después del almuerzo visitaremos la Represa de Arenal con un funcionario del complejo hidroeléctrico de Arenal.

REGRESO A SAN JOSE. 16:00 Hrs. VIA FORTUNA-QUESADA

STOP Nº 1 8:00 Hrs. GUILLERMINA STREAM

Travertine deposits:

Farmers near La Palma Village reported unusual travertine deposits previous to 1968 and during the first years of activity of Arenal Volcano along Guillermina Stream, a cold water stream in the northeast flank of the volcano. These deposits, 1-3 cm. thick covered the stream gravel

Chemical analyses of water from stream, part of a systematic study of the chemistry of hot spring and stream waters to monitor Arenal volcano, reveal the particular character of its chemistry

T =	23.0° C		
PH =	8.49	Na =	1.80 (+)
HCO ₂ =	4.81 (+)	K =	0.11 (+)
Cl =	0.35 (+)	Ca =	0.22 (+)
F =	2.90 (+)	Mg =	1.26 (+)
(+) =	$\times 10^{-3}$ M/L	(-) =	$\times 10^{-5}$ M/L

Chemical analyses by Dr. Serge Bigot (France).

Glowing avalanche deposits:

On the left margin of Guillermina stream, a new quarry exploited for construction of the new road, exposed a prehistoric blocky-ash flow. These materials were emplaced by glowing avalanches of directional character, similar to those occurred in 1975. Abundant evidences of emplacement when materials were still very hot are present. Between the quarry and the nearby road it is possible to observe the topographic expression left by the blocky-ash flow deposit that did not cross the road.

STOP N° 2. 8:30 Hrs. TABACON LAVA FLOW

These prehistoric lavas have been dated using the radiocarbon method in 1525 ± 20 A. D. Cultural age studies on indian ceramics found on a coarse lapilli layer erupted during the same eruption in 1200 to 1400 A. D. (Melson and Sáenz, 1973).

The flow that parallels Tabacon River, exposed on the road (stop N° 2) traveled 5 km before it stopped at Arenal River Valley, after having partially filled the valley. These lavas are augite-hipers-thene basaltic andesites, very similar to those erupted during the present active period

STOP N° 3. 9:00 Hrs. TABACON RIVER

1975 Blocky-ash flow:

Few glowing avalanches were emplaced between June 17 and 21, 1975 (Van der Bilt et al., 1976). Their emplacement is explained by avalanching of lava flow N° 14 while it was being erupted

from crater C. The steepness of the NW flank of Arenal Cone near crater C favored the production of these avalanches. They descended the drainage of Tabacon River to emplace blocky-ash flows composed largely of juvenile ejecta. The explanation given here to account for the production of glowing avalanches is not concordant with some authors that studied this event. Expansion of glowing materials in contact with the air produced amounts of volcanic ashes that were deposited in the vicinity (Matumoto and Umaña, 1976). These glowing avalanches had a strong directional character and emplaced blocky-ash flows with characteristics that reveal their high temperature emplacement, i. e., bread crusts, cooling joints, escoriaceous surfaces and flattening because of impact within the blocks.

Tabacon Hot Spring:

This hot spring existed prior to 1968, although it was covered by the 1975 blocky-ash flows. A significant raise in temperature was reported in 1967, when cattle could not drink the water from the river. Such rise in temperature was a premonitory of the episodes that will occur the following year.

Sand-Lapilli sequences:

One of particularities of the stratigraphy of materials erupted by Arenal Volcano is the presence of alternating layers of volcanic sand and angular lapilli. These layers crop out at the base of Arenal cone, specially in its west quadrant where the number of superposed sequences is close to ten.

The significance and genesis of these sequences could be explained based on the chronology of events from 1968, during the initiation of the present active period, given by Melson and Sáenz (1973). An explosive initial phase, in which the volcano opens and clear conduits, produce *nuées ardentes* which emplace an angular lapilli layer at the base of the cone and blocky-ash flows in the upper section of the cone. This phase is followed by the emission of fine pyroclastics when the magma, rising to the surface within the volcanic conduits, is degasified producing a layer of volcanic sand, which is emplaced on the previously deposited lapilli layer.

It is also possible to explain the genesis of this two layers by the *nuée ardente* alone. Due to

the fact that finer ejected materials can remain floating longer in the air, they can settle down above lapilli layers emplaced in the phases of the same explosion.

Finally when magma rises to the surface, blocky lava flows are erupted and deposited on the intermediate and higher portions of the cone.

Each eruptive period of Arenal Volcano records a paired sequence at the base of the cone. The stratigraphic record is completed when material from the following active period will cover a soil layer formed on the volcanic sand layer.

The fact that these sequences contain organic materials buried by prehistoric eruptions allow a detailed study of the distribution in time and space of sand-lapilli layers by using radiocarbon dating methods. Some sequences contain indian sherds which might be studied to assign cultural ages too. Dr. William Melson has been studying Arenal tephros for a few years. We hope he could share soon with the scientific community much of the secrets hidden under Arenal Volcano and lapilli sequences.

STOP N° 5. 10:40 Hrs. DEVASTATION ZONE

Three new explosion craters were opened along an approximately eastwest line on the flank of Arenal Volcano. The largest crater "A", the one from which the major explosions originated, is, located at an elevation of 1050 m. Two major explosions from crater A which produced nuées ardentes were registered, one on July 29 and the other on July 31, 1968. The diameter of the material expelled by the explosions ranged from fine ash to large blocks (2 x 3 x 6 m.). Numerous large blocks were expelled at low angles (60° or less, Sáenz, 1977) to distances of up to 5 km from crater A.

Fall back of explosively ejected materials created hot avalanches which coalesced and descended the west and northwest flanks of Arenal Volcano, reaching about 5.0 km from crater A and devastating 12 km².

Nuées ardentes reached large average ejection velocities estimated at 300 m/sec. and temperatures that charred and totally defoliated the forest in just a few minutes. At Tabacón and Pueblo Nuevo, 3-5 km from crater A, air temperatures were estimated at 300-500° C (Melson and Sáenz, 1978).

1968 nuées ardentes emplaced blocky-ash flows in the upper and intermediate portions of Arenal Cone and a layer of coarse angular lapilli at the base.

During our field work in the western flank of Arenal Volcano we will observe the devastation of the initial nuée ardente since the 1968-1982 lava field covered the area devastated by the second nuée ardente on the northwest flank of Arenal.

STOP N° 6. 11:00-13:30 Hrs. 1968-1982 LAVA FIELD

Thirty-seven lava flows were erupted from September 1968 to the present at Arenal Volcano, covering an area of approximately 5 km², with a volume estimated to January, 1979 (up to lava N° 30) of 0.11 km³ including pore space (Malavassi, 1979). Three large flows were erupted from the lower explosion crater A, from 1968 to 1973; and thirty-four were erupted from the upper explosion crater C, from 1974 to December 1981. Short episodes of moderate fumarolic activity, ranging in duration from a few days to a few weeks, characterize the periods between lava flows emission.

Arenal historic lavas are dark gray, two pyroxene, basaltic-andesites with hyalopilitic texture. Hornblende phenocrysts were reported by Melson and Sáenz, (1973) in the very first flow erupted in 1968. An average modal calculation for Arenal historic lavas is.

Phenocrysts:	26.9 vol. %
Plagioclase:	18.3 vol. %
Augite:	4.5 vol. %
Hypersthene:	4.6 vol. %
Olivine:	traces
Groundmass:	50.0 vol. %
Plagioclase:	19.9 vol. %
Augite:	4.4 vol. %
Hypersthene:	1.7 vol. %
Glass:	20.9 vol. %
Magnetite:	4.0 vol. %
Apatite:	1.5 vol. %
Vesicularity:	17.4 vol. %

Average of 66 samples, 42,500 points counted.

Chronology of Arenal Volcano Historic Lava Flows:

Lava number	Crater where eruption occurred	Date when lava movement was reported	Date when lava movement was last reported
1	A	14-9-68	1971
2	A	9-71	8-72
3	A	9-72	1973
5	C	3-5-74	---
13	C	25-4-75	---
14	C	17-6-75	7-75
18	C	28-12-76	---
26	C	4-78	7-78
28	C	14-7-78	8-78
29	C	11-78	2-79
30	C	4-79	6-79
31	C	9-79	7-80
32	C	5-80	7-80
33	C	7-80	12-80
34	C	9-80	5-81
35	C	4-80	8-81
36	C	6-80	9-81
37	C	10-81	

STOP Nº 7

13:00 Hrs

**ACTIVE
LAVA FRONT**

After lunch we will visit Arenal Dam with an Arenal Hydroelectric complex staff member.

We expect that Arenal Volcano will allow us to observe an active lava front during our visit. If that happens we will not have any more comments to do.

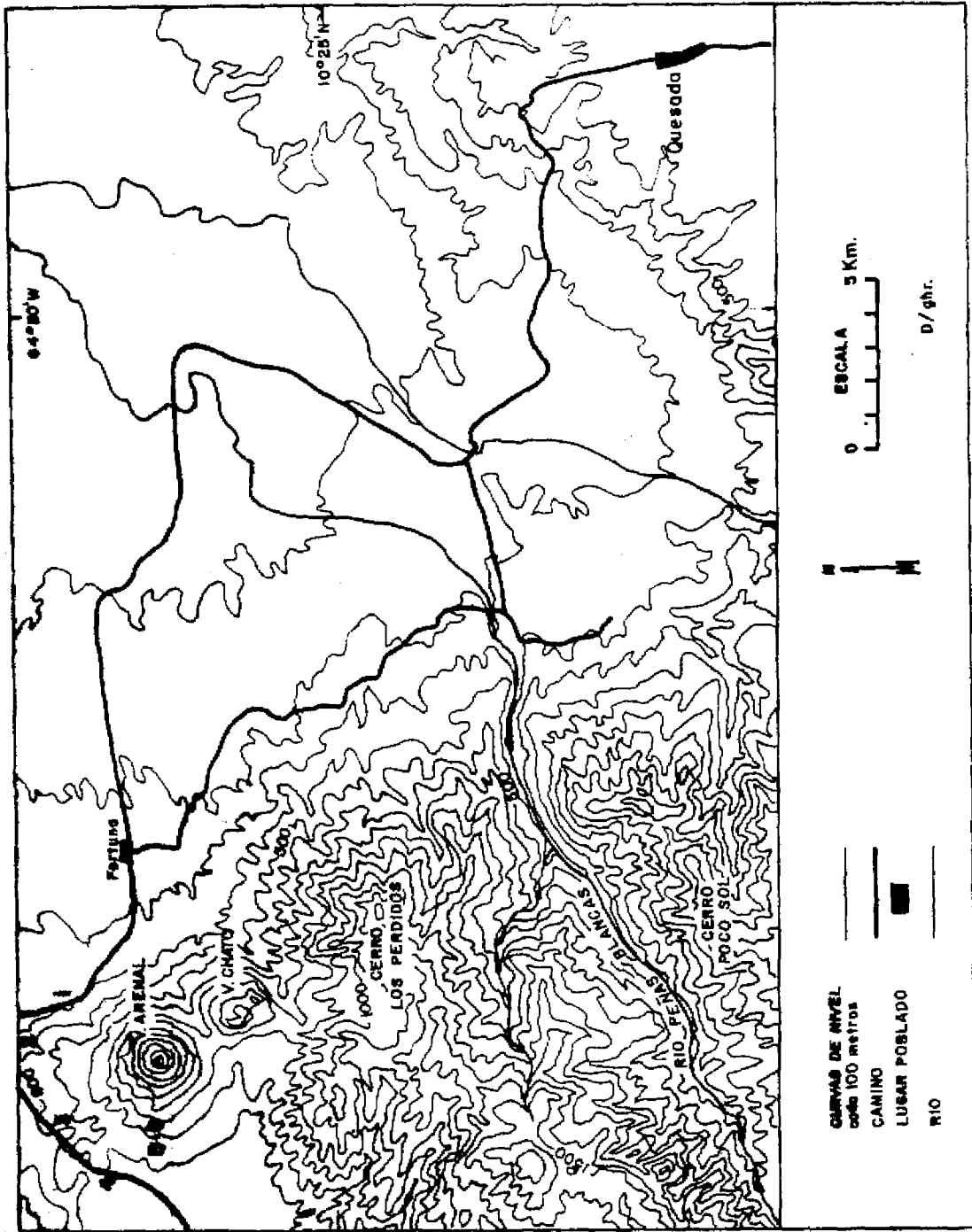
LUNCH ARENAL DAM

Return to San José.

16:00 Hrs. **VIA
FORTUNA-QUESADA**

LITERATURA CITADA
(Cited Literature)

- CARR, M. J., and STOIBER, R. F., 1977, Geologic Setting of Some Destructive Earthquakes in Central America: *G. S. A. Bull.*, vol. 88, p. 151-156
- DENGO, G., 1962. **Estudio Geológico de la Región de Guanacaste, Costa Rica.** Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica, 112 p.
- DONDOLI, C., and MALAVASSI, V. E., 1968, Mapa Geológico de Costa Rica, Escala 1:700 000, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, MEIC, San José, Costa Rica
- BOHNENBERGER, O. and BONIS, S., 1970, Tectonics and Volcanism along the Pacific Marginal Zone of Central America. *Geol. Rundschau*, vol. 59-3, p. 1215-1232.
- FILDALI, R. F. and MELSON, W. G., 1972, Ejecta Velocities, Magma Chamber Pressure, and Kinetic Energy Associated with the 1968 Eruption of Arenal Volcano: *Bull. Volcanol.*, Vol. 35-2, p. 383-401
- GUENDEL, F., 1978, On the Relationship Between Earthquakes and Volcanic Activity at Arenal Volcano, Costa Rica: Unpublished master's thesis, University of Texas at Austin, 32 p.
- MALAVASSI, E., 1979, *Geology and Petrology of Arenal Volcano, Costa Rica: Unpublished Master's Thesis, University of Hawaii at Manoa, 111 p.*
- MATUMOTO, T., and UMAÑA, J., 1976, Informe sobre la Erupción del Volcán Arenal ocurrida el 17 de junio de 1975: *Revista Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia*, vol. 5, p. 299-315
- MATUMOTO, T., LATHAM, G., OHTAKE and UMAÑA, J. E., 1979, Crustal Structure in Northern Costa Rica *Bull. Seis. Soc. Am.* vol. 67, p. 121-134
- MELSON, W. G. and SAENZ, R., 1973, Volume, Energy and Cyclicity of Eruptions of Arenal Volcano, Costa Rica: *Bull. Volcanol.*, vol. 37-3, p. 416-437.
- MORA, S., 1977, Estudio Geológico del Cerro Chopo. *Revista Geográfica de América Central*, vol. 5-6, p. 189-199.
- PLAFKER, G., 1973, Field Reconnaissance of the effects of the Earthquake of April 13, 1973, near Laguna de Arenal, Costa Rica: *Bull. Seisn. Soc. Amer.* vol. 63-5, p. 1847-1856
- SAENZ, R., 1977, Erupción del Volcán Arenal en 1968. *Revista Geográfica de América Central*, vol. 5-6, p. 149-188.
- VAN DER BILT, H., PANIAGUA, S., and AVILA, G., 1976, Informe de la actividad del volcán Arenal iniciada el 17 de junio de 1975. *Revista Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia* vol. 5, p. 295-298.



APENDICE

1. **Discurso del Lic. Edwin León. Rector de la Universidad Nacional.**
2. **Lista de Participantes.**

DISCURSO DEL LIC. EDWIN LEON
RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL

La Universidad Nacional ha venido impulsando con gran interés y por qué no decirlo, con grandes dificultades económicas, el Programa de Investigación Vulcanológica de nuestra Escuela de Ciencias Geográficas. Esas dificultades económicas y de otro tipo, han sido superadas —para bien de la Universidad y del país— con la mística, con la entrega y con la auténtica vocación científica, de los profesores que tienen a cargo este programa.

Estoy convencido que los problemas que aquejan y postran a los países pobres del mundo, sólo podrán resolverse por la vía de una rigurosa investigación científica que encuentre soluciones originales. a los particulares problemas que tienen planteados los pueblos del tercer mundo. Esta originalidad a que me refiero, no debe entenderse como un desprecio a la investigación y a los adelantos científicos y tecnológicos que se han realizado y se están realizando en otras partes del mundo. También se es original, cuando se tiene suficiente inteligencia para adaptar a nuestros pueblos, esas investigaciones y esos adelantos científicos y tecnológicos.

La tragedia de los pueblos latinoamericanos se explica si se tiene presente que, estos pueblos, en vez de tomar el riguroso y duro camino de la investigación y de la adaptación de conocimientos y tecnología a sus propias realidades sociopolíticas y económicas, tomaron desde el momento mismo de la colonización, por el fácil y frustrante camino de la copia de sistemas, de la copia de investigaciones y de tecnologías, elaborada para ser aplica-

das en otros países con realidades geográficas, económicas y sociales muy diferentes a las suyas.

En esta línea de pensamiento, la Universidad Nacional siente una profunda satisfacción de patrocinar este Seminario de Vulcanología, conjuntamente con la Embajada de Estados Unidos de América y el Consejo de Investigación Científica y Tecnológica de Costa Rica.

Sabemos que la vulcanología contemporánea ha realizado grandes progresos en el desciframiento de los fenómenos volcánicos, y que para tal desciframiento, se necesita una tecnología de un costo que escapa a las posibilidades económicas de los países pobres. Esto explica el por que la vulcanología en nuestros países, se encuentran en estado de atraso. Desgraciadamente, han sido estos países —entre ellos Costa Rica— los que han sido más intensamente azotados por los fenómenos volcánicos.

Desde el punto de vista de la investigación vulcanológica, Costa Rica es un escenario ideal, no solo por la existencia en su estrecho contorno geográfico de más de sesenta y nueve conos volcánicos, cuatro de ellos activos, sino porque en la historia reciente de los últimos treinta años, ha sido golpeada dramáticamente por cuatro erupciones provocadas por volcanes.

La universidad Nacional, al afianzar su proyecto de Investigaciones y promover con ayuda del CONICIT y la Fundación de Ciencias de Estados

Unidos, un evento de la trascendencia que tiene este seminario, está consciente de que es vital para los países que se alinean a lo largo del llamado "Cinturón de Fuego de Pacífico", mantener los ojos abiertos para observar cuidadosamente los fenómenos volcánicos y para dejar crear los adelantos científicos que sirvan para definir áreas potenciales de riesgo volcánico, evitando así que se ubiquen en esas zonas, asentamientos humanos o proyectos de desarrollo económico

Las erupciones paroxísticas del volcán Poás entre los años 1952-1955, no sólo provocaron profundos cambios en la estructura de ese volcán, sino que provocaron una verdadera tragedia nacional, a raíz de la cual el país sufrió pérdidas por más de cuarenta millones de colones. En 1963 el volcán Irazú despertó y provocó una verdadera desgracia nacional, la que se prolongó por casi cuatro años. Al final de ella, el país había acumulado una pérdida estimada en el orden de cuatrocientos millones de colones, y había pagado el primer tributo de vidas humanas.

Otra nueva catástrofe se vivió en el año 1967, cuando el volcán Rincón de la Vieja, en Guanacaste, se reactivó en un ciclo eruptivo. Al final de este ciclo, las cosechas de algodón, ajonjolí y otros granos básicos de la llanura, resultaron afectadas, lo que trajo pérdidas por millares de colones.

Finalmente cabe recordar con verdadero dolor el despertar del volcán Arenal después de más de cinco siglos de calma. A consecuencia de sus nubes ardientes desapareció el pueblito denominado "Pueblo Nuevo"; perecieron más de cien personas de esa Comunidad y hubo pérdidas por casi ciento cincuenta millones de colones en daños agrícolas y ganaderos.

Estas realidades cataclísticas, referidas a la sola pequeña extensión de 51.900 km² que tiene nuestro país son las que han llevado a la Universidad Nacional a considerar las actividades vulcanológicas y a eventos como el que hoy inauguramos,

de importancia capital para la vida y el desarrollo futuro de la nación, y abrirse sin reservas, para dar apoyo a todos los investigadores y científicos del mundo, que quieran realizar con nosotros programas de investigación en el complejo mundo de la vulcanología

La velocidad de los medios de transporte han hecho más pequeño el mundo; los medios de comunicación colectiva informan al mundo casi inmediatamente, lo que sucede en cualquiera de sus pueblos. Es que el siglo XX en su ocaso, está presenciando un mundo interdependiente y en constante interacción. Pareciera que caminamos hacia un mundo sin fronteras, hacia una "Aldea Global".

Si las conclusiones y las investigaciones que se deriven de este seminario, se logran poner el servicio de los pueblos del mundo que las necesiten, estaremos contribuyendo eficazmente a destruir el mundo en el que se habla de lo tuyo y de lo mio, para construir un mundo nuevo. un mundo más justo y solidario, en donde lo tuyo y lo mio sea de todos.

Tenía razón el poeta nacional Jorge Debravo, cuando sintiéndose ciudadano del mundo y en arrebató cósmico exclamó:

*"Me gustaría tener manos enormes
violentas y salvajes
para arrancar fronteras una a una
y dejar de fronteras, solo el aire"*

Muchas gracias

Domingo 10 de enero de 1982.

NOTA: Discurso pronunciado en el Centro Cultural Costarricense Norteamericano, con motivo de la inauguración del Seminario Internacional sobre Vulcanología.

**SEMINARIO VULCANOLOGICO CONJUNTO
USA-COSTA RICA**

**(U. S.-COSTA RICA JOINT VULCANOLOGY
SEMINAR)**

**Participantes extranjeros
(Foreing Participantes)**

Nombre e institución	Dirección Postal		
1. Dr. Frederich BENNET Johns Hopkins Univer- sity.	Dept. Chemical Engineering Johns Hopkins University Bal- timore, MD 21218 USA.	6. Donna S. HALL Mass. Institute of Technology	University of Hawaii. Hono- lulu, Hawaii 96822. USA
2. Dr. Michael J. CARR. Rutgers University	Dept. of Geo- logical Sciences Rutgers Univer- sity, New Brun- swick, N. J 08903. USA.	7. Dr. Bruce T. HEITKE Chemical Systems La- boratory	Mass. Institute of Technology 54-1122, Cam- bridge, MA 02139 Dept. Earth & Plane- tary Sciences USA.
3. Kevin CUFF. University of Hawaii.	Hawaii Institu- te of Geophy- sics 2525 Co- rrea Road. Ho- nolulu, Hawaii 96822. USA	8. Dr. Alexander R. Mc. BIRNEY University of Oregon.	P. O. Box 63 Edgewood, MO 21040. USA.
4. Craig CHESNER Michiagn Tech. University	115 Quincy St. Apt N° 1 Han- cock, Michigan 49930. USA.	9. M. Sc. Lisa Mc BROOME University of Hawaii	Dept. of Geo- logy University of Oregon. Eu- gene, Oregon 97403. USA.
5. Dr. Michael O. García University of Hawaii	Geology-Geo- physics dept.	10. Dr. Steven McNUTT	University of Hawaii. Dept. of Geology Geophysics 2525 Correa Rd. Honolulu, Hawaii 96822.
			Lamont - Doh-

- | | | | | |
|-----|--|--|---|---|
| | Columbia University | erty Geol-Obs
Palisades, NY
10964. USA. | 18. Dr. George P. L. WALKER
University of Hawaii | Hawaii Institu-
te of Geophys-
ics 2525 Co-
rrea Road Ho-
nolulu. Hawaii
96822. USA. |
| 11. | Dr. William NELSON
Smithsonian Institution | División Petro-
logy of Volca-
nology Smith-
sonian Institu-
tion, Washing-
ton D.C.20560
USA. | 19. Dr. Stanley N. WILLIAMS
Dartmouth College | Dept. Earth
Sciences Dart-
mouth College
Hanover NH
03755. USA. |
| 12. | Mary REID
Mass. Institute of
Technology | Earth and Pla-
netary Sciences
54-1114 MIT
Cambridge,MA
021 | | |
| 13. | June REUBEN
University of
California
Santa Cruz | 1725 King St.
Santa Cruz, Ca.
95060. USA
University of
California San-
ta Cruz. | | |
| 14. | Dr. William I. ROSE, Jr.
Michigan Technological
University | Dept. of Geo-
logy and Geo-
logical Engene-
ering. Michi-
gan Technolo-
gical University
Houghton,
Mich. 49931
USA | | |
| 15. | Dr. Richard E. STOIBER
Dartmouth College | Dept. of Earth
Sciences, Dart-
mouth College
Hanover, N. H.
037755. USA | | |
| 16. | Dr. Richard THORPE
Open University | Dept. of Earth
Sciences. The
Open Universi-
ty. Milton Key-
nes MK 76AA
Inglaterra. | | |
| 17. | Dr. Geoff WADE
Lunar and Planetary
Institute | Lunar and Pla-
netary Institu-
te 3302 NASA
Road One
Houston Texas,
77058. USA. | | |
-
- Participantes Costarricenses
(Costa Rican Participants)**

**INSTITUTO CONSTARRICENSE DE ELECTRI-
CIDAD**
Apartado 10032, San José, 1000
Costa Rica.

Sism.	Guillermo Avila
Geol.	Eddy Fernández
B. Q.	José Fco. Fernández
Lic.	Miguel Gómez
M. Sc.	German Leandro
Geol.	Guillermo Lezama
Sr.	Edwin Olivares
Geol.	Johny Piedra
M. Sc.	Oldemar Ramírez
Geol.	Luis Fdo. Sáenz
Geol.	Cristina Solano
Ing.	Jorge Umaña

SERVICIOS DE PARQUES NACIONALES
Apartado 10094, San José, 1000
Costa Rica.

Br.	Luisa Alfaro
Br.	Yeiner Chacón
Br.	Juan Carlos Romero
Br.	Juan Miguel Sánchez

UNIVERSIDAD NACIONAL (UNA)
Programa de Investigación Vulcanológica y Sismo-
lógica (PIVS)
Escuela de Ciencias GEográficas
Apartado postal N° 86, Heredia
Costa Rica.

Lic.	Jorge Barquero
Br.	Erick Fernández
Ing.	Rodrigo Sáenz

Ing. Rodolfo Van der Laet
Dr. Lorenzo Casertano
Dr. Conrado Cigolini
Dr. Andrea Borgia
M. Sc. Eduardo Malavassi

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI)
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
Apartado 35
San Pedro de Montes de Oca
Costa Rica

Geol. Guillermo Alvarado
M. Sc. José Brenes
Dr. Walter Fernández
Dr. Siegfried Kussmaul
M. Sc. Luis Diego Morales
M. Sc. Sergio Paniagua

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

Ing. Fernando Mauro Rudín

DIRECCION DE GEOLOGIA Y MINAS

Ing. Rodrigo Sáenz
Geol. Bernal Mederos

PARTICIPANTES SIN AFILIACION INSTITUCIONAL

(Participants without Institutional Affiliation)

Sr. Sergio Garos
Geol. Gregorio Escalante
Sr. Carlos Sandí Ch.

Agradecimiento:

Agradecemos al personal del DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES de la Universidad Nacional por la cooperación brindada en la publicación de este Boletín.