

**EL VOLCAN POAS, COSTA RICA:
CRONOLOGIA Y CARACTERISTICAS DE LA ACTIVIDAD**

L. CASERTANO*

A. BORGIA*

C. CIGOLINI**

(Recibido: 1o. de julio, 1983)

(Aceptado: 7 de septiembre, 1983)

RESUMEN

El volcán Poás es uno de los más interesantes centros eruptivos de Costa Rica por la variedad y peculiaridad de sus manifestaciones volcánicas.

Junto a los rasgos geológicos de la zona se describe, resumidamente, la estructura de la caldera activa, evidenciando una clara ciclicidad de largo período en la actividad del volcán.

Se recolectan, además, las noticias bibliográficas sobre la actividad reciente, esto es, a partir del inicio del siglo pasado, clasificando las manifestaciones en cuatro categorías:

- a) fumarólica y/o solfatárica;
- b) plumas de barro;
- c) explosiones freáticas (conocidas en la bibliografía como geysiriformes);
- d) erupciones freato-magmáticas y de lava.

El análisis de los fenómenos particulares, observados en 1980-81 permite atribuir el paulatino aumento de la temperatura de las fumarolas, de 92° C en diciembre de 1980 hasta 960° C de marzo a noviembre de 1981, a la subida y salida de los fluidos concentrados en la masa mag-

* *Escuela Centroamericana de Geología y Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.*

** *Istituto di Petrografia dell'Università di Torino, Italia.*

mática superficial, involucrada en la erupción de 1953, cuya fracturación, en la parte ya rígida, había sido demostrada por una crisis sísmica local que comenzó el 27 de julio de 1980 y que duró unos diez días.

Finalmente, se anticipa la idea de que todas las complejas manifestaciones del volcán Poás pueden ser producidas por un mismo mecanismo eruptivo.

ABSTRACT

The Poás Volcano in Costa Rica is one of the most interesting eruptive centers in the Country due to the variety and peculiarity of its volcanic manifestations.

In this paper a short description of the structure of the active caldera and its relationship to the local geology is made. The volcanic activity shows a clear long period cyclic process.

A bibliographic survey on the recent activity (from the beginning of the last century) of the volcano is also included. The activity may be classified in four distinct categories.

- a) fumarolic and/or sulphataric.
- b) mud plumes.
- c) phreatic explosions (geyser-type).
- d) phreato-magmatic and lava eruptions.

Analysis of the phenomena observed in 1980-81 suggest that the increase in temperature of the fumaroles from 92°C in December, 1980 to 960°C during the period March to November, 1981 was due to the rise and overflow of the fluids concentrated in the shallow magma body involved in the eruption of 1953. Fracturation of the solid part of the magma body had been shown by the local seismic activity beginning on July 27, 1980 and lasting about 10 days.

It is finally suggested that all complex manifestations of this volcano are produced by the same eruptive mechanism.

INTRODUCCION

El volcán Poás, junto con el volcán Barba al sureste y los volcanes Platanar y Porvenir al noroeste, forman parte de la sección noroccidental de la Cordillera Central, en el área central de Costa Rica (fig. 1).

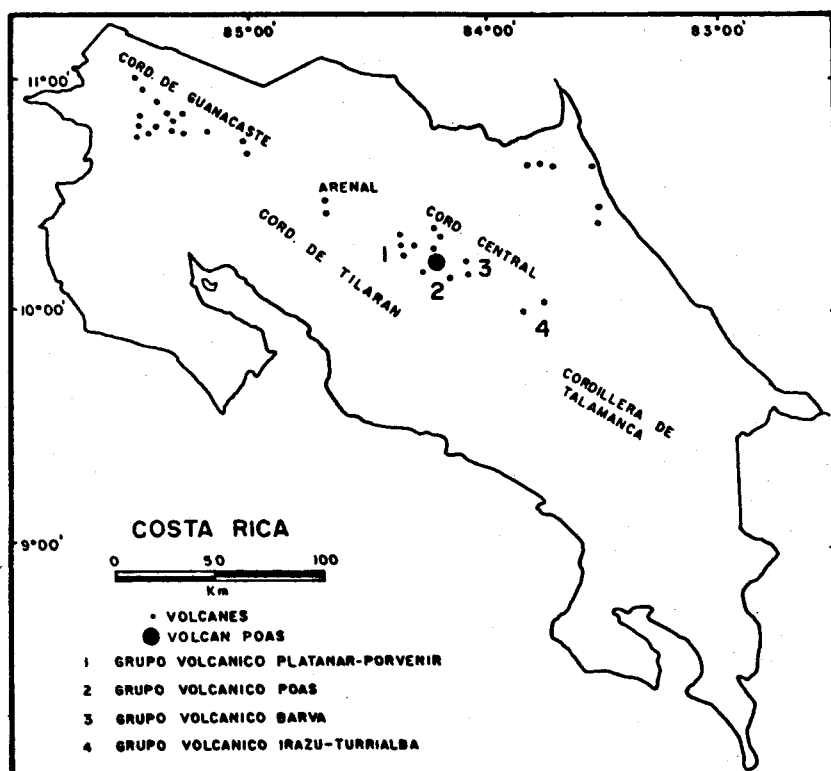


Fig. 1. Mapa general de Costa Rica con las principales cordilleras y edificios volcánicos.

Su macizo volcánico forma un relieve amplio y uniforme, con suaves pendientes que desde los 1,200 m s.n.m., en la base, se levanta hasta los 2,700 m en la cumbre.

Los ríos cortan los abundantes depósitos piroclásticos y los flujos de lava, según un retículo subparalelo separando redondas lomas, que desde la parte alta bajan hasta la base. Raramente, sólo donde la erosión ha sido más fuerte, la estructura está profundamente expuesta, evidenciando grandes secciones de depósitos volcánicos caracterizados por lavas andesíticas y andesítico-basálticas, tobas e ignimbritas, frecuentes niveles de lapilli, cenizas y depósitos más recientes de lahares (Williams, 1952; Echandi, 1981).

Todo el macizo está afectado por una actividad volcánico-tectónica, característica de la historia más reciente de la Cordillera Central, tal como los sistemas de fallas y de fracturas con direcciones noroeste-sureste y perpendiculares, y la zona de

extensión con rumbo norte-sur a lo largo de las cuales se alínean los cráteres (Borgia *et al.*, en preparación).

La zona más elevada está constituida por una serie de depresiones caldéricas, conos volcánicos y cráteres que se distribuyen según los patrones de la tectónica regional, y que son el producto de la más reciente actividad del volcán Poás (fig. 2 y fig. 3).

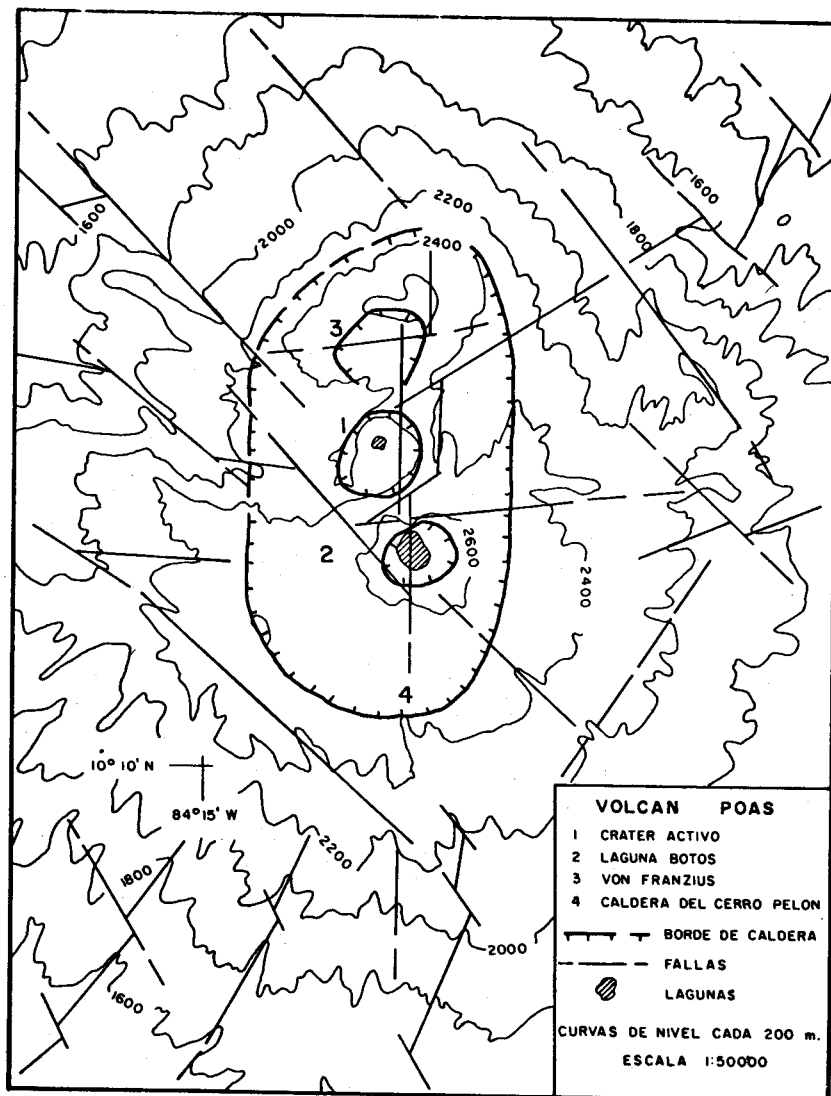


Fig. 2. Mapa simplificado de la cumbre del volcán Poás con las estructuras más significativas.

En particular, se evidencia la gran caldera de la cumbre, alargada en dirección norte-sur, que siendo erosionada hacia el noroeste y cubierta en la parte norte por los depósitos del cono volcánico Von Frantzius, se levanta en forma de loma en todo el sector este, sur y suroeste, formando el borde de la depresión superior.

En esta área se encuentra, al margen norte, el cono volcánico Von Frantzius, seguido, hacia el sur, por la caldera activa, el cono volcánico Botos y, al final, una amplia planicie que, en tiempo de lluvia se inunda y que está drenada hacia el sur (fig. 3). Mientras que el cono Von Frantzius y su estructura caldérica están profundamente erosionados en su lado sur, el cono Botos, en el extremo sur de la lineación de los distintos aparatos volcánicos, mantiene su morfología originaria y, en la cumbre, presenta otra pequeña caldera con una hermosa laguna de agua fría.

Las aguas del Von Frantzius y del área al sur de la caldera activa, están drenadas hacia el oeste.

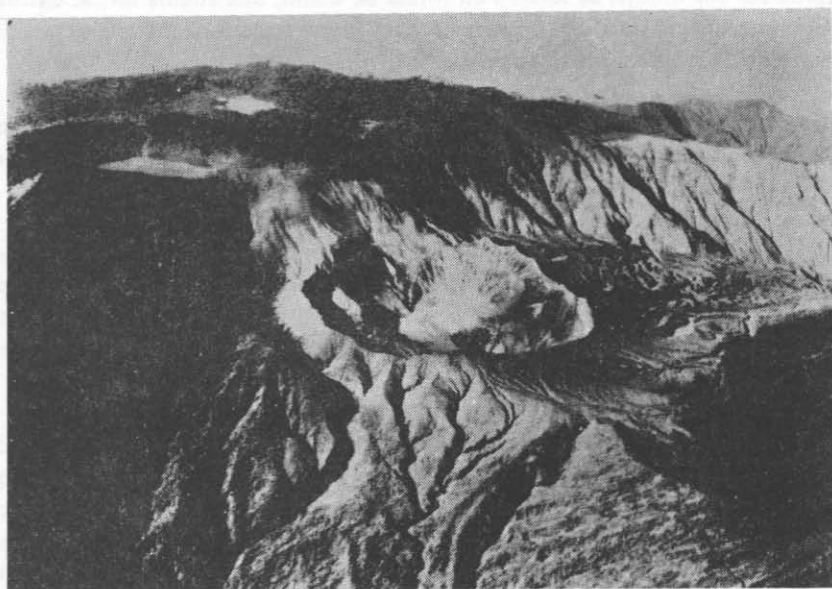


Fig. 3. Foto aérea de la cumbre del volcán Poás: del ángulo inferior derecho al superior izquierdo, siguen la caldera Von Frantzius (parcialmente visible), la caldera activa y la caldera Botos, arriba de la cual se alcanza a ver la planicie y el borde de la caldera de la cumbre. Foto R. Fernández, del 24 de marzo, 1958.

OBSERVACIONES GEOLOGICAS PRELIMINARES DE LA CALDERA ACTIVA

La caldera activa está formada por una depresión más o menos circular en forma de olla, con una profundidad aproximada de 150 m y un diámetro de 1,200 m (fig. 4).

Internamente pueden distinguirse cuatro unidades morfogénéticas principales: la meseta oriental, la laguna cratérica, la cúpula lávica y la playa.

La meseta oriental forma una amplia terraza de 500 m de largo, localizada a casi cien metros sobre el fondo de la caldera y sostenida por una colada de lava de unos 30 metros de espesor.

En el sector norte se encuentra la laguna con sus aguas muy ácidas ($\text{pH} < 1$) y calientes (en general la temperatura varía entre los límites de 30 y 65° C). La playa ocupa el área sur, donde se han depositado los sedimentos lacustres recientes.

Entre las dos últimas se levanta en forma de domo, una cúpula lávica, extruida durante la erupción de 1953, cubierta por un fuerte espesor de materiales piroclásticos y sede de la actual actividad fumarólica.

Las paredes verticales de la caldera presentan a su alrededor, claras exposiciones de las secuencias litológicas, que permiten una cuidadosa reconstrucción de su historia y evolución (Thorpe *et al.*, 1981; Cigolini *et al.*, en preparación).

El evento volcánico más antiguo, parece estar representado por una serie de fuertes erupciones explosivas de tipo pliniano, caracterizadas por sus abundantes depósitos de pómez, bombas y escorias lávicas. Durante esta fase se abre el primer cráter en el flanco de un amplio paleo-cañón, en la vertiente norte del cono volcánico Botos (fig. 3).

A continuación, se formó en la cavidad cratérica, una laguna, verificándose la deposición de arcillas, limos, arenas, detritos y, en general, material volcánico re trabado. Estos depósitos lacustres lograron llegar al espesor de hasta 40 metros, mostrando la persistencia del fenómeno durante largos períodos de tiempo. La presencia de abundantes cantidades de azufre, ya sea en partículas microscópicas o en grandes masas de agregados cristalinos de hasta 80 cm, indica además que los procesos que se daban en ese tiempo, eran probablemente similares a los actuales.

Siguió un segundo ciclo eruptivo con la formación de brechas piroclásticas y fuertes efusiones de lava, que fluyeron hacia el este y el oeste del cráter, formando las amplias mesetas externas llamadas Los Playones, y rellenando lo que quedaba de la más vieja estructura caldérica del Von Frantzius.

Parte de estas lavas se depositaron también internamente en la zona cratérica formando un lago de lava que queda parcialmente preservado en la colada de la meseta oriental (fig. 4).

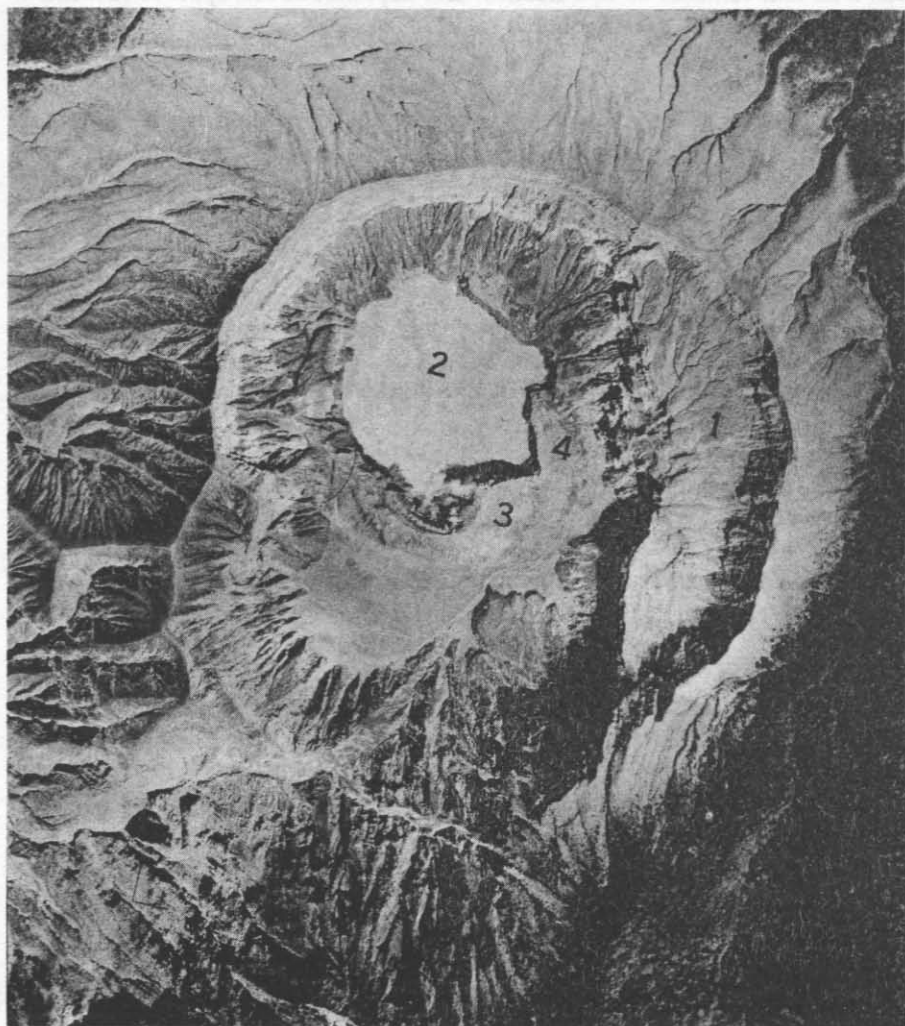


Fig. 4. Foto aérea de la caldera activa: 1) la meseta oriental, 2) la laguna cratérica, 3) la cúpula lávica, 4) la playa, 5) el mirador. Foto Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica, del 12 de diciembre, 1975.

Una nueva fase lacustre siguió en el tiempo, generando otras secuencias sedimentarias muy parecidas a las anteriores. La actividad se caracterizó por ser prevalentemente de tipo explosivo con pequeñas erupciones freatomagmáticas, que se alternaron a las más comunes de tipo freático. Los depósitos de esta época se encuentran en varias secciones en el lado sur de la caldera.

El tercer ciclo eruptivo, más pequeño en intensidad, se verificó en 1953 y repite muy de cerca los ciclos precedentes: explosiones con formación de escorias lávicas, efusiones de lava y formación de otro lago de lava intracratérico. Además, por la extrusión de una masa lávica muy viscosa, se emplazó una cúpula a la salida de la fractura de efusión, interponiéndose entre la laguna y la playa.

CRONOLOGIA DE LA ACTIVIDAD

Desde las primeras décadas del siglo pasado se observó en la caldera activa del volcán Poás, una actividad volcánica que aparentemente presenta cuatro distintos aspectos, es decir:

- a) actividad fumarólica y/o solfatárica (fs);
- b) actividad de plumas de barro;
- c) explosiones freáticas (geyseriformes) (ef);
- d) erupciones freatomagmáticas y de lava (er).

En el siguiente cuadro se resumen la cronología de la actividad, las características de las distintas manifestaciones y la bibliografía correspondiente.

Las indicaciones "débil", "fuerte", etcétera, se refieren a las evaluaciones de las intensidades de las distintas manifestaciones, así como fueron referidas por cada observador.

ACTIVIDAD HISTORICA DEL VOLCAN POAS

AÑO	DIA	MES	ACTI- VIDAD	CARACTERISTICAS	REFERENCIAS
1828			ef	Fuerte, observada por Miguel Alfaro en la primera visita realizada al cráter.	Frantzius, 1861.
1834			er	Ceniza caída a 40 km.	Frantzius, 1861 y Oersted, 1863.
1860		mar.	fs	Temperatura del agua 38.9°C (*)	Frantzius, 1861.
1880			er	Ceniza caída en San Pedro (10 km).	González, 1910.
1888		jul.	fs	Temperatura del agua 55.5°C.	Pittier, 1888.
1889		ene.	ef	Temperatura del agua 64.2°C.	Pittier, 1889.
1890		ago.	ef		Pittier, 1890.
1895			ef		Sapper, 1913.
1899		mar.	ef	Débil, temperatura del agua 51.0°C.	Sapper, 1943.
1903			ef	Fuerte.	Sapper, 1913.
1904		ago.-oct.	ef	En agosto la temperatura del agua es de 42°C.	Leiva, 1904.
1905	18	jul.	ef	Fuerte, la columna alcanzó 500 m.	Sapper, 1913.
1905		ago.-dic.	ef	Fuerte, temperatura en dic. 51°C; nivel de la laguna en dic. 1905, visiblemente bajo.	Leiva, 1906 y M. Rudín, 1905.
1910	25	ene.	er	La ceniza llegó hasta 8 km de altura; el volumen se evaluó en 800.000 mc y el peso en 640.000 tn; probablemente hubo también explosiones oblicuas; el azufre fundido formó estalactitas, estalagmitas y grandes placas en el terreno.	J. Rudín <i>et al.</i> , 1910 A. Rudín, 1910.

(*) Este valor corresponde a la temperatura de 31.1°C, medida por Von Frantzius. En la literatura posterior este valor está erróneamente convertido en 39.1°C.

AÑO	DIA	MES	ACTI- VIDAD	CARACTERISTICAS	REFERENCIAS
1910	28	feb.	ef	Actividad débil, pero difundida en toda la superficie de la laguna.	A. Rudín, 1910.
1910		set.-oct.	ef	Más o menos fuerte.	Sapper, 1912
1914		ene.-abr.	fs	Nivel de la laguna, elevado.	Tristán, 1915.
1914	30	may.	er	Visible de San José; después hubo tranquilidad hasta la sucesiva caída de ceniza.	Tristán, 1915.
1914	8	oct.	er	Lluvia de ceniza.	Tristán, 1915.
1914		oct.-dic.	ef	Intercalada por explosión de ceniza.	Tristán, 1915.
1915		ene.-mar.	ef	Fuerte.	Tristán, 1915.
1915	10	abr.	er	Vista de San José.	Tristán, 1915.
1915	15-19	abr.	er	Varias, la última causó caída de ceniza a gran distancia; después el nivel de la laguna quedó más bajo.	Tristán, 1915.
1929			ef	Débil.	Schaufelberger, 1931.
1934			ef	Débil.	Hantke, 1951.
1941- 1946			ef	Débil.	Hantke, 1951.
1946			ef	Fuerte.	Hantke, 1951.
1947	4	feb.	ef	Débil, nivel de la laguna, bastante bajo.	Hantke, 1951.
1948- 1950			ef	Débil	Hantke, 1953.
1952			ef	Empieza intensificación.	R. Fernández, 1968.
1952	23	mar.	ef	Fuerte.	Meléndez, 1953.
1953		inicio	ef	Numerosas e intensas explosiones; laguna reducida a las dimensiones del conducto eruptivo al norte; lodo en ebullición al sur.	R. Fernández, 1968.

AÑO	DIA	MES	ACTI- VIDAD	CARACTERISTICAS	REFERENCIAS
1953	17	may	er	Emisión de material incandescente.	R. Fernández, 1968.
1953	22-23	may.		Total desaparición de la laguna.	Boza, 1968.
1953		nov.-dic.	er	Emisión de material incandescente, se encontraron bombas en el lado oriental.	R. Fernández, 1968 y Bullard, 1956.
1954- 1955		verano	fs	Laguna totalmente seca, emisión de gases color blanco y gris.	Weyl, 1956.
1955		abr.	er	Débil, con emisión de ceniza.	Burgos, 1957.
1956- 1961			er	Débil, con lances intermitentes de cenizas y arena.	Dondoli, 1965.
1961	3	jul.	er	Bastante fuerte.	Dondoli, 1965.
1961- 1965			ef	Durante períodos de mayor tranquilidad e intensas lluvias, volvió temporalmente una pequeña laguna.	Dondoli, 1965.
1964	25	dic.	er	Vista de San José.	Krushensky y Escalante, 1967.
1964	28	dic.	fs	Eyección de vapor cada 15-20 segundos. Las bombas emitidas el 25-12-64 hasta 25 cm de diámetro, se encuentran concentradas en la vertiente E.	Krushensky y Escalante, 1967.
1965		ene.	ef	En lugar de la laguna hay un charco de barro hirviendo.	Krushensky y Escalante, 1967.
1972		may.	ef	Empieza la intensificación.	L. Fernández, 1975.
1973			ef	Intensificación en los últimos meses del año.	L. Fernández, 1975.
1974			ef	Intensificación en los últimos meses.	L. Fernández, 1975.
1976			ef	Intensificación en los últimos meses del año.	Raccichini y Bennett, 1978.
1977			ef	Intensificación en los últimos meses del año.	Raccichini y Bennett, 1978.

AÑO	DIA	MES	ACTI- VIDAD	CARACTERISTICAS	REFERENCIAS
1978			ef	Pequeñas explosiones frecuentes.	Francis <i>et al.</i> , 1980.
1978		set.	er	Erupción oblicua hacia NE, formación de estalactitas y estalagmitas de azufre fundido.	Francis <i>et al.</i> , 1980.
1979		ene.-set.	fs		
1979	8	set.	ef	Fuerte.	
1979		set.-dic.	ef	Débil.	
1980		entero	fs	Dudosas, las explosiones del 11-9 y 25-12 referidas por la prensa: temperatura de las fumarolas, 92°C.	
1981			fs	Temperatura de la laguna, en promedio, de 45°C, pH < 1. En las fracturaciones del domo, la temperatura aumenta hasta llegar a 960°C en marzo.	
1982		feb.	fs	Temperatura en el domo, 860°C.	

CARACTERISTICAS DE LA ACTIVIDAD

Toda la actividad eruptiva histórica del volcán Poás se ha localizado en la caldera activa y en particular en la laguna caliente que se encuentra en su fondo.

Esta laguna ocupó hasta 1953 la parte más baja de la caldera, teniendo una pequeña playa en la vertiente sur. Después de haber desaparecido durante la fase eruptiva (22-23 mayo) de 1953 (Boza, 1968) se volvió a formar, temporalmente, en los primeros años de la década de los años 60 y, definitivamente, a la mitad de la misma década, ocupando ahora solamente la parte norte de la caldera activa, siendo limitada hacia el sur por la cúpula lávica.

La temperatura media es de 45°C y el nivel del agua, aproximadamente 30 m. Estos parámetros son influenciados por la cantidad de lluvias que los hacen variar ampliamente, el primero con relación inversa, el segundo con relación directa.

En la laguna se da una sedimentación lacustre característica, también ésta directamente influenciada por las lluvias, que permiten una sedimentación cíclica (J. Sutura, comunicación personal), interrumpida por los eventos explosivos. Además, en sus orillas, son característicos los depósitos de deslizamiento, acumulados por la actividad erosiva de la laguna.

Sus aguas son extremadamente ácidas ($\text{pH} < 1$) y ricas en suspensiones de arcilla y de pequeñas partículas de azufre que, al flotar, son arrastradas por el viento, acumulándose en las orillas.

El color del agua es comúnmente gris lechoso, turbio, volviéndose verde cuando es menor la cantidad de arcillas en suspensión, y negro después de las explosiones.

Del agua se levanta continuamente una gran cantidad de vapores muy ricos en SO_2 que, cuando la condensación es fuerte, pueden llegar hasta a esconder por completo la laguna.

a) *Actividad fumarólica-solfatárica.*

Este tipo de actividad es el más común y siempre ha sido observado en los últimos siglos.

En lo general, son numerosas las bocas de emisión que se concentran en áreas limitadas. Antes de 1953, éstas se localizaban en el borde norte de la laguna, siendo algunas veces cubiertas por el agua, de manera que los vapores se veían salir de la misma laguna. Después del ciclo eruptivo de 1953, la actividad fumarólico-solfatárica se limitó a la cúpula lávica, especialmente al noreste, en donde la emisión de gases ha tenido su mayor intensidad. Cabe destacar que en muchas partes del fondo de la laguna se da una emisión continua de gases, que usualmente se disuelven en el agua, pero que en donde la actividad es más fuerte, como en la parte cercana a la cúpula (sur) y en el centro de la laguna, logran llegar a la superficie, dando un continuo burbujeo.

Consideramos que ésta es la fuente más importante de calor que mantiene la temperatura de la laguna.

El volumen de gases emitidos se mantuvo aproximadamente constante en el tiempo, variando mucho la cantidad que se hace visible por la condensación en relación con las amplias variaciones de la humedad atmosférica relativa. Muchas veces en la mañana, cuando la condensación es fuerte y el aire firme, las columnas de vapor se levantan hasta la altura de más o menos 1,000 m sobre el nivel de la caldera, de manera que desde todo el Valle Central pueden ser observadas, semejan-

erupciones. Este fenómeno fue relatado también por Frantzius (1861). El único episodio en el cual fue directamente observado un marcado aumento en la emisión de gases, se verificó en enero de 1981, cuando junto con el aumento de temperatura, los gases empezaron a salir con fuerza, produciendo un profundo ruido que se podía oír claramente desde el Mirador. En una oportunidad, se pudo estimar la velocidad de salida de los gases, que resultó de 6 m/seg.

La temperatura de las fumarolas y solfataras se mantuvo en el pasado, por lo general, alrededor de 92°C, temperatura de ebullición del agua a la altura de 2,600 m, hecho que sugiere un equilibrio entre flujo de calor y capa freática: todo el calor contenido en los fluidos magmáticos es utilizado en el sistema, para suplir el calor latente de vaporización del agua de la capa freática que pasa a vapor, manteniéndose la temperatura de equilibrio líquido-gas.

Durante los períodos eruptivos, en cambio, la temperatura llega a ser más alta (Francis *et al.*, 1980; Bennett y Raccichini, 1978), testimoniando un aumento en el flujo de calor. En aparente contradicción con la observación precedente, en 1981 se registró un fuerte aumento de temperatura sin que se produjeran erupciones ni ningún otro cambio sustancial en la actividad.

En lo general, los gases son extremadamente ricos en S, SO₂, CO₂, H₂ y H₂O y depositan a la salida de las bocas fumarólicas abundantes sublimados de azufre y sulfatos. Algunas veces también se ha observado azufre en estado líquido, que forma pequeños charquitos cerca de las bocas de emisión.

b) *Plumas de barro*

Se indica con el término plumas de barro, al repentino levantarse de los lodos del fondo de la laguna que suben a través del agua produciendo un fuerte oleaje. Estas raramente se levantan sobre la superficie, manteniéndose por varios segundos. Otras veces se observan en subida continua que, formando un centro de convección, continúa por horas. Las plumas de barro se forman por todas partes de la laguna, concentrándose notoriamente en la parte central. Son usualmente eventos precursores de las erupciones freáticas, verificándose por encima de los sitios de erupción (Bennett, 1982).

Las temperaturas de las plumas son siempre inferiores a la temperatura de ebullición, no verificándose ninguna vaporización.

c) *Explosiones freáticas (Geysieriformes)*

Las explosiones freáticas o geysieriformes, como comúnmente se indican en la literatura, constituyen seguramente la actividad más característica del volcán Poás (fig. 5).

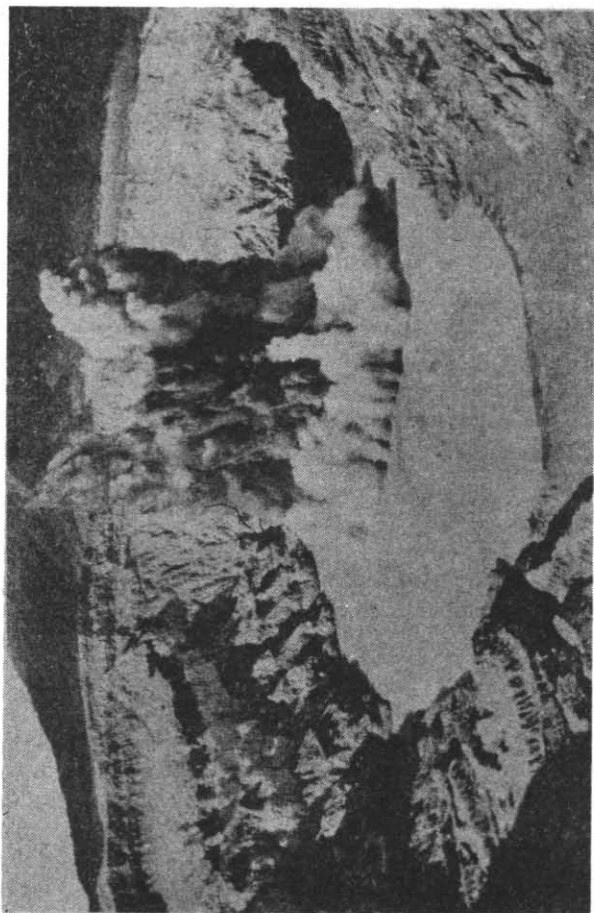


Fig. 5. Explosión freática (Geyseriforme) del 19 de enero, 1915. Se observan el chorro de lodo y vapores, el collar blanco alrededor de la base y el "sombrero" por encima de la columna.

Se presentan como violentos chorros de agua, mezclados con lodo y material piroclástico no juvenil, que se levantan desde pocos metros hasta, en algunos pocos eventos, a más de 500 m (Leiva, 1906). El chorro se envuelve enseguida de un collar y un "sombbrero" de vapores blancos (Bennett, 1982), los cuales, cuando el material eruptado vuelve a caer, siguen levantándose en el aire formando una característica nube (Pittier, 1890). Estas explosiones se localizaban antes de 1953, comúnmente, en el centro de la laguna, donde actualmente se encuentra la cúpula lávica, y en el sector norte. Después de esta fecha, a pesar de los cambios ocurridos en la laguna, continúan verificándose aproximadamente en los mismos lugares, concentrándose en el centro de la laguna (sector norte de antes de 1953 y en el sector sur cerca de la cúpula lávica).

Estas explosiones freáticas no presentan por lo general regularidades rítmicas ni en los intervalos eruptivos ni en la altura de las erupciones. En cambio, cierta regularidad parece existir en la intensificación de la actividad, durante los últimos meses de cada año, hecho que se ha verificado por lo menos en el período 1973-1979.

Las temperaturas de las explosiones de mediana intensidad, con plumas eruptivas de 50-300 m, fueron estimadas en el orden de 160-220°C (Francis *et al.*, 1980; Casertano *et al.*, en preparación), sin excluir que, ya sea en éstas como en las todavía más grandes, se hayan verificado temperaturas superiores a los 444°C (punto de combustión del azufre) en áreas particulares de la pluma eruptiva (Bennett y Raccichini, 1978).

Los productos de las explosiones freáticas están principalmente constituidos por material piroclástico retrabajado, como ceniza, lapilli y bloques que junto con arcilla y limo, están sedimentados en el fondo de la laguna. Además, en las erupciones más grandes, es común la formación de azufre piroclástico amorfo de característico color verde-gris en partículas de hasta algunos centímetros (Bennett y Raccichini, 1978). Merece subrayar que algunas veces (Rudín, 1910; Francis *et al.*, 1980) se observaron estalagmitas y estalactitas de azufre amarillo desprendido de los bloques arrojados. En particular, Rudín (1910) refiere la formación de "preciosas estalactitas, estalagmitas, aun columnitas completas . . . y grandes placas semejan-do palmas (de mano)".

d) *Erupciones freato-magmáticas y de lava (1910-1953)*

Con el término erupciones freatomagmáticas se entienden las fuertes explosiones a conducto cerrado (tipo pliniano) de hasta varios kilómetros de alto y con la emisión de abundante material juvenil.

Las más violentas erupciones que se conocen, de enero de 1910 y de la segunda mitad de 1953, respectivamente, pertenecen a esta categoría y parecen concluir, aunque no totalmente, dos períodos de actividad que perduraban por tres décadas.

En el primer caso, la actividad freática se intensificó durante los primeros años del siglo para concluir con las explosiones de la tarde del 25 de enero de 1910. En el segundo, la intensificación se verificó solamente 15-18 meses antes del episodio de mayor intensidad que se produjo el 17 de mayo de 1953, al cual siguieron los del 4 de junio y del 9 de noviembre. Otros más se produjeron, pero en fechas no precisadas durante los meses de noviembre y diciembre de 1953.

Las diferencias sustanciales entre las dos actividades eruptivas se manifestaron también en la duración, el material arrojado y la condición de la laguna, después de cada una de las erupciones.

La de 1910 duró algo menos de una hora, la otra, de 1953, más de siete meses. El material emitido en la primera fue una gran cantidad de agua mezclada con azufre y con piroclásticos juveniles, más bien finos, sedimentados en la laguna y en la parte superior del conducto volcánico, que en aquel entonces estaba cerrado. En cambio, durante los episodios eruptivos de 1953, fue arrojado casi siempre material piroclástico incandescente (erupciones de tipo stromboliano) con efusión de lava intracrática (Francis *et al.*, 1980), tal vez el 9 de noviembre, y la extrusión de la cúpula lávica (Raccichini y Bennett, 1978) que se emplazó al sur de la laguna y que, por falta de los elementos necesarios, Bullard (1956) atribuyó a la acumulación de material piroclástico.

En fin, mientras que en 1910 se constató la permanencia de la laguna, en 1953 se observó su repentina desaparición, que duró más o menos 10 años.

Probablemente en 1910 el aporte magmático fue notablemente inferior al de 1953, de manera que no se llegó al desecamiento de la capa freática. La falta de detalles sobre el desarrollo de las manifestaciones que precedieron a las dos erupciones, impide la exacta definición de los que parecen ser dos ciclos eruptivos de corto período. La presencia de ciclos con períodos bastante más largos, está en cambio comprobada por la estratigrafía del cráter, como ya se indicó.

e) *Erupciones oblicuas*

Aunque estos tipos de eventos particulares pertenecen, ya sea a las explosiones freáticas o a las erupciones freatomagmáticas, parece oportuno describirlos por medio de la bibliografía y aparte, por el significado particular que tienen en la actividad.

Rudín *et al.* (1910), expresan la idea de que, durante la erupción de 1910 "el lodo ha salido en chorros separados unos de otros, que han tomado distintas direcciones" y notan que bombas volcánicas entre 5 y 48 cm de espesor "abundan al lado SO, mientras que por el lado SE, hacia la laguna fría (Botos) se vuelven cada vez menos numerosas, hasta desaparecer en esta dirección".

Los efectos producidos por estas bombas sobre las ramas y las raíces de los árboles y en el suelo, demostraban que habían tenido una elevada velocidad de caída "con dirección inclinada hacia afuera".

En el sector SO de la vertiente externa de la caldera activa, se encontraron muchas bombas, y pocas en la interna, demostrando que la elevada velocidad inicial y el ángulo de proyección hicieron superar el borde de la caldera. Así, en el interior, siempre por el lado SO, había poca ceniza y nada de barro. Con respecto al barro, Rudín (1910) anota que cayó "en gran abundancia del lado norte, algo menos por el lado este, poco en el sur y nada en el oeste".

Calvert y Calvert (1917) refieren, con respecto a la erupción de 1910, acerca de dos explosiones: la primera a las 16:50, la segunda a las 17:30, con la duración respectiva de 30 y 10 minutos. Según las observaciones hechas en el campo, pareciera que la erupción de 1910 se desarrolló en tres fases distintas: en la primera fueron arrojados los materiales del SO; en la segunda los del NE; en la tercera, los barros del NNE.

Fernández (1968) encontró después de las manifestaciones de noviembre-diciembre 1953 "numerosas como recientes bombas volcánicas en el borde oriental del gran cráter". Krushensky y Escalante (1967) notaron que durante la explosión del 25 de diciembre de 1964, fueron arrojadas bombas volcánicas en la vertiente oriental del fondo de la caldera. Las bombas tenían hasta 25 cm de largo.

Francis *et al.* (1980) dedujeron, también, de la distribución del material eruptado, que la explosión de septiembre de 1978 había sido oblicua (directed blast) con una dirección, según el gráfico reportado por ellos, hacia el NE.

ACTIVIDAD DURANTE EL PERIODO 1979-1982

En el período noviembre 1979-enero 1982, cuando se realizaron nuestras investigaciones, se verificaron dos eventos importantes, además de la continua y usual actividad fumarólica-solfatarica en la cúpula y de la formación de algunas pocas plumas de barro.

El primer evento ocurrió el 27 de julio de 1980, cuando a las 7:00 GMT, el sísmógrafo Spengnether MEQ 800, instalado en la caldera activa, registró una intensa

crisis sísmica en la que los sismos, saturando el registro, siguieron los unos a los otros a intervalos tan cortos que resultó imposible contarlos. La frecuencia de los sismos decayó en forma exponencial después de los primeros 10 minutos, registrándose todavía 2 ó 3 microtemblores por hora, el día 1o. de agosto (Casertano *et al.*, en publicación).

El segundo evento empezó a principios de 1981, cuando se observó un conspicuo aumento de la temperatura de las fumarolas y que formó un punto caliente en el lado NE de la cúpula lávica. La temperatura subió de los 100°C en diciembre, 1980, a 500°C en febrero, 1981; a 960°C en marzo, manteniéndose aproximadamente constante hasta noviembre del mismo año, cuando empezó a disminuir lentamente, encontrándose en febrero de 1982 en 860°C y a finales de año, alrededor de los 700°C (Casertano *et al.*, en preparación). La formación del punto caliente produjo en la cobertura piroclástica de la cúpula, un avanzado estado de desecación y la formación de varias grietas orientadas E-W. Aún más, aumentó notablemente el volumen de gas emitido, la frecuencia de los sismos de tipo B (Minakami, 1969) y la de los temblores armónicos. Alrededor del punto caliente se formó, además, una aguda y distinta anomalía magnética.

Es muy probable que la crisis sísmica de julio de 1980, fracturó notablemente el tapón superior de una masa magmática en enfriamiento en el conducto volcánico, tal vez la misma de la erupción de 1953. A consecuencia, una cantidad más grande de agua freática logró penetrar y calentarse en el cuerpo de magma para salir después junto con los fluidos magmáticos hacia la superficie. Este fenómeno provocó la aparición de un frente de onda térmica que subió lentamente, mostrándose en la superficie para formar el punto caliente, aproximadamente 5 meses después.

Esta interpretación justifica también la ausencia de actividad explosiva durante un período tan largo (1980-1982): probablemente las fracturaciones consecuentes a la crisis sísmica de julio, 1980, impidieron la acumulación de energía, siendo ésta descargada a través de las fumarolas.

Hace falta señalar al fin que la "explosión geysericiana" reportada por los periódicos para el 11 de septiembre de 1980, fue en realidad un deslizamiento de la pared noreste de la cúpula que, cayendo en la laguna, provocó una pluma de vapores, agua y barro, semejando una explosión, como fue observado desde el Mirador por un guía del Servicio de Parques Nacionales y confirmado por el registro sísmico.

CONCLUSIONES

Entre los volcanes activos de Costa Rica, el Poás ya se presentaba, tal vez, como el más importante por las peculiares características de su actividad, de las cuales se

tiene registro, más bien continuo, desde comienzos del siglo pasado.

Parece importante destacar que, de todas las informaciones bibliográficas y observaciones directas, la actividad del volcán Poás se presenta como unitaria, es decir, que son producidas por un mismo mecanismo eruptivo: dentro de una sucesión lógica, no necesariamente temporal, se pasa por medio de intensificaciones graduales de las emanaciones de vapores, al desprendimiento de burbujas de gases, con o sin transporte de material sedimentado en el fondo de la laguna (burbujeo y plumas de barro), a pequeñas explosiones freáticas similares a los géiseres, aunque sin regularidad y, debido al continuo aumento de las energías y de las cantidades de material involucrado, a las explosiones siempre más violentas, hasta llegar a las erupciones freatomagmáticas y de lava.

No se conoce otro volcán donde la continuidad entre los diferentes tipos de actividad volcánica sea tan sobresaliente. Esto nos obliga a profundizar el argumento, ya que el logro de resolver los problemas ligados a la actividad del volcán Poás, podría ser un ejemplo útil para el entendimiento de la compleja actividad de otros volcanes.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se enmarca en el programa de cooperación técnico-científica italo-costarricense.

Se agradece especialmente a las autoridades académicas de la UNA, que facilitaron la realización de las investigaciones; al personal del Servicio de Parques Nacionales, cuya ayuda fue esencial en los trabajos de campo; al Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica, por las fotos y los negativos; al Lic. Enrique Borrásé Fernández, que puso a nuestra disposición la valiosa colección de fotos de su abuelo, Ing. Ricardo Fernández Peralta. Un agradecimiento cordial, también, al director de la Escuela Centroamericana de Geología, Ing. Rodolfo Madrigal, al director del Centro de Investigaciones Geofísicas, M. Sc. Luis Diego Morales y a Guillermo Alvarado, quienes revisaron y discutieron el manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- BENNETT, F. D., 1982. Fumarolas Subaqueous Pool of Sulfur in Volcano Poás, Costa Rica. Seminario Vulcanológico Conjunto Estados Unidos de América-Costa Rica, San José, 10-16 de enero de 1982.

- BENNETT, F. D. y S. RACCICHINI, 1978. Subaqueous Sulphur lake in Volcán Poás. *Nature*, 271, 342-344.
- BORGIA, A., J. I. BURR, W. MONTERO, L. D. MORALES, y G. ALVARADO. Estudio Geológico y Geofísico del Escarpe de Alajuela (en preparación).
- BOZA, L. M. A., 1968. Plan de Manejo y Desarrollo para el Parque Nacional Volcán Poás, Costa Rica. Tesis de grado. Inst. Interam. Cienc. Agr. O.E.A., Turrialba, Costa Rica.
- BULLARD, F. M., 1956. Volcanic Activity in Costa Rica and Nicaragua. *Trans. Am. Geoph. Un.*, 37, 975-982.
- BURGOS, J. L., 1957. Costa Rica y sus bellezas. *La República*, 2 de junio.
- CALVERT, A. S. y P. P. CALVERT, 1917. En C. A. Vargas, op. cit., pp. 91-98.
- CASERTANO, L., A. BORGIA, C. CIGOLINI, W. MONTERO, L. D. MORALES, J. F. FERNANDEZ y M. GOMEZ. Investigaciones Geofísicas y Geoquímicas en el volcán Poás (en preparación).
- CIGOLINI, C., A. BORGIA y L. CASERTANO. Geología de la caldera activa del volcán Poás (en preparación).
- DONDOLI B., C., 1965. Volcanismo Reciente en Costa Rica. En C. A. Vargas, op. cit., pp. 127-132.
- ECHANDI, E., 1981. Unidades Volcánicas de la Vertiente Norte de la Cuenca del Río Virilla. Tesis de Licenciatura en Geología UCR.
- FERNANDEZ, L., 1975. El Poás amenaza. *Rev. de Excelsior*, año I, No.4, 26-1-1975, pp. 6-7.
- FERNANDEZ, P. R., 1968. La Actividad del Poás en el año 1953 y su transformación de Seudogeiser en Volcán Humeante. En C. A. Vargas, op. cit. pp. 119-126.
- FRANCIS, P. W., R. S. THORPE, G. C. BROWN and J. GLASSOCK, 1980. Pyroclastic Sulphur Eruption at Poás Volcano, Costa Rica. *Nature*, 283, 754-756.
- FRANTZIUS, A. Von, 1981. Beitrage zur Kenntniss der Vulkane Costa Rica's. Traducción en C. A. Vargas, op. cit., pp. 11-34.
- GONZALEZ, V., C., 1910. Temblores, Terremotos, Inundaciones y Erupciones Volcánicas en Costa Rica. Tip. Alsina, San José.
- HANTKE, G., 1951. Übersicht uber die Vulkanische Tatigkeit, 1941-1947. *Bull. Volcanol.*, S. II, 11, 172-173.
- HANTKE, G., 1953. Übersicht uber die Vulkanische Tatigkeit, 1948-1950. *Bull. Volcanol.* S. II, 14, 156.
- KRUSHENSKY, R. and G. ESCALANTE, 1967. Activity of Irazú and Poás Volcanoes, Costa Rica, November 1964 - July 1965. *Bull. Volc.*, 31, 75-94.
- LEIVA, E., 1904. El Volcán Poás, C. A. Vargas, op. cit., pp. 63-66.
- LEIVA, E., 1906. El Volcán Poás, C. A. Vargas, op. cit., pp. 69-73.
- MINAKAMI, T., 1969. Earthquakes Originating from Volcanoes. Atti XVIII Con. Ass. Geof. Ital., Napoli, 1-4 Ott. 1969.
- MELLENDEZ, C., 1953. El Volcán Poás. En C. A. Vargas, op. cit., pp. 105-107.

- OERSTED, A. S., 1863. L'Amérique Centrale; Recherches sur sa flore et sa Géographie Physique. Copenhague, Impr. Bianco Luno.
- PITTIER, H., 1888. Informe sobre una Excursión al Volcán Poás. En C. A. Vargas, op. cit., 35-42.
- PITTIER, H., 1889. Informe sobre los Fenómenos Sísmicos y Volcánicos Ocurridos en la Meseta Central. En C. A. Vargas, op. cit., pp. 43-49.
- PITTIER, H., 1890. Informe sobre el Actual Estado del Volcán Poás. En C. A. Vargas, op. cit., pp. 51-58.
- RACCICHINI, S. y F. D. BENNETT, 1978. Nuevos Aspectos de las Erupciones del Volcán Poás. *Rev. Geogr. Amer. Centr. No. 5-6*, 37-53.
- RUDIN, A., 1910. Algunos Aspectos Nuevos sobre el Volcán Poás. En C. A. Vargas, op. cit., pp. 83-86.
- RUDIN, J., A. ALFARO, G. MICHAUD y A. RUDIN, 1910. Gran Erupción de Cenizas del Volcán Poás. En C. A. Vargas, op. cit., pp. 75-82.
- RUDIN, M., 1905. Algunos Detalles sobre el Volcán Poás. En C. A. Vargas, op. cit., pp. 67-68.
- SAPPER, K., 1912. Los Últimos Sucesos Volcánicos en Centroamérica. Pág. 1., No. 318, pp. 10-13.
- SAPPER, K., 1913. Die Mittelamerikanischen Vulkane. *Peter. Geogr. Mitt.*, 38, 1-173.
- SAPPER, K., 1943. Viajes a Varias Partes de la República de Costa Rica, 1899-1924. Impr. Universal, San José.
- SCHAUFELBERGER, P., 1931. Apuntes de Geología, I. Costa Rica. Impr. Universal, San José.
- THORPE, R. S., C. A. LOCKE, G. C. BROWN, P. W. FRANCIS and M. RANDAL. 1981. Magma chamber below Poás Volcano, Costa Rica. *J. Geol. Soc.*, 138, 357-373.
- TRISTAN, J. F., 1915. Recent Eruptions of Poás Volcano in Costa Rica. *Zeit. f. Vulk.*, 2, 140-146.
- VARGAS, C. A., 1979. Antología el Volcán Poás. EUNED, San José.
- WILLIAMS, H., 1952. Volcanic history of the Meseta Central Occidental, Costa Rica, *Univ. Calif. Pub. Geol. Sci.*, 29, 145-180.
- WEIL, R., 1956. Excursiones Geológicas en Costa Rica, los Volcanes de la Cordillera Central. Inst. Geogr. de C. R., Informe Trim. Oct. a Dic.