

**SECCION**  
**VOLCAN POAS**

## ESTUDIOS GEOFISICOS EN EL VOLCAN POAS COSTA RICA

*C. A. Locke\**  
*G. C. Brown\*\*\**  
*R. S. Thorpe\*\*\**  
*J. Cassidy\*\**  
*P. W. Francis\*\*\**

### SUMARIO

Estudios magnéticos y gravimétricos fueron realizados en el volcán Poás, concentrándose en el área de la cima. Un perfil regional muestra una anomalía negativa, que es parte de un bajo gravimétrico regional asociado con el Valle Central y que es más ancho que la expresión superficial del volcán. Es poco factible que esté relacionado con un cuerpo magmático superficial. Los resultados del estudio detallado en el área de la cima muestran una pequeña anomalía positiva cerca de dos km, de ancho y de una magnitud de 100 u. g. Esta puede deberse a la presencia de un cuerpo superficial magmático solidificado.

Los resultados del estudio magnético revelan una anomalía positiva coincidente con el alto de gravedad que puede deberse a una masa magnetizada superficial rodeada de material piroclástico menos magnetizado.

## GEOPHYSICAL STUDIES OF POAS VOLCANO, COSTA RICA

No existe evidencia de la existencia de una cámara magmática superficial ( $> 7$  km) en el volcán Poás

---

Poás is a composite volcano located at  $10^{\circ} 11' N$  and  $84^{\circ} 13' W$ , about 35 km NW of San José. It has a mature, eroded and well-vegetated form rising from a base level of ca. 1500 to 2700 m (Figure 1). The summit area has eroded remnants of several calderas (1 and 2 in Figure 1) and has two well-defined craters. The older crater (3 in Figure 1; diameter of ca. 1000 m) has a clear cold lake, while the younger crater (4 in Figure 1), ca. 1 km to the N, has been the site of all historic activity. The geology of Poás has been summarised by Racchichini and Bennett (1977), Francis et al., (1980) and Thorpe et al., (1981). The latter paper reported preliminary gravity measurements on Poás; in this paper we summarize these data, report a two-dimensional gravity model for the volcano, and correlate these with magnetic measurements.

Gravity measurements were made in the area of Poás volcano in 1979 using a La Coste and Romberg gravimeter. On a regional scale, 27 stations were established along an approximately north-south traverse adjacent to the volcanic cone (Figure 1) at existing benchmarks (levelled within the

\* Dept. of Earth Sciences, The Open University, Milton Keynes, MK7 6AA, U. K.

\*\* Dept. of Geology, University of Auckland, Private Bag, Auckland, New Zealand (present address; 2A, Morrill Street, Ellerslie, Auckland, New Zealand).

\*\*\* Dept. of Earth Sciences, The Open University, Milton Keynes, MK7 6AA, U. K.

last 30 years by the Instituto Geographico Nacional de Costa Rica). More locally, a further 45 measurements were made in and around the active crater, (number 4 on Figure 1) at points levelled by theodolite and tied to recently (1978) surveyed benchmarks.

These gravity data have been corrected for (i) latitude, (ii) elevation and (iii) topography to a distance of 10 km from each station. A density of  $2700 \text{ kg m}^{-3}$  was assumed for these corrections following density measurements on lava exposed in the crater walls (density  $2670 \text{ kg m}^{-3}$ , standard deviation  $90 \text{ kg m}^{-3}$ ) and allowing for some compaction at depth. The corrections were calculated for a range of other plausible densities, but there was no significant difference in the results obtained.

The regional traverse (Figure 2) shows a negative gravity anomaly which is part of a regional gravity low associated with the Valle Central (Leandro, this volume). The anomaly is wider than the surface expression of Poás and is not centred over the cone. Our detailed regional data (Figure 2) correlate well with the Bouguer anomaly map of the Instituto Geographico Nacional (Figure 3) from which it can be seen that, although all the volcanoes of the Cordillera Central are associated with a series of negative gravity anomalies, only in the case of Irazu is the anomaly centred over the volcano. The anomalies are considerably larger (about 30-40 km width) than the surface expression of the volcanoes (15-20 km width). In view of the relative sizes of these anomalies and volcanic cones, and the positions of the volcanoes with respect to the anomaly centres, it would seem unlikely that the anomalies are expressions of structures such as high level magma bodies that are simply related to the active volcanoes.

The corrected gravity measurements at the surveyed points surrounding the active crater have been separated into a regional component (established as a N-S gradient of  $5 \text{ g. u. km}^{-1}$  from Figures 2 and 3) and a corresponding residual component (Figure 4) that results only from the local anomalous mass distributions. The residual gravity map shows a small positive anomaly which is probably about 2 km wide (radius = 1 km) with a magnitude of  $100 \text{ g. u.}$  and a maximum gravity gradient of  $\text{ca. } 1000 \text{ g. u. km}^{-1}$ . This anomaly must result from a shallow body of approximately circular cross-section and with a large positive density contrast compared with the surrounding ashes

and lavas. Computer modelling has shown that the causative body must be a dense cylinder of material with a density contrast of  $\text{ca. } +1000 \text{ kg m}^{-3}$  (Figure 5) extending to a depth of approximately 7 km. It seems likely that this is a pipe of solidified magma (density  $\text{ca. } 2800 \text{ kg m}^{-3}$ ) within the volcanic cone (measured average density  $\text{ca. } 1800 \text{ kg m}^{-3}$ ).

Ground-based total field magnetic measurements were made around the crater at the gravity stations during 1979, using a Geometrics proton precession magnetometer (Figure 6). The measurements were repeated and corrected for diurnal fluctuation and instrumental drift. The measurements show a positive anomaly of  $+200 \text{ nT}$  to the southeast of the crater lake, coincident with the positive gravity anomaly, and surrounded by negative anomalies of about  $-600 \text{ nT}$ . The form of the magnetic anomaly is that expected for a cylinder of relatively magnetic material surrounded by less magnetic material, and in view of the similarity in form of the gravity and magnetic anomalies, we suggest that during quiescent periods Poás is underlain by a narrow cylindrical feeder pipe (radius =  $\text{ca. } 1 \text{ km}$ ) of solidified magma of basaltic andesite/andesite composition. There is not evidence of a large high level magma chamber within the top  $\text{ca. } 7 \text{ km}$  of the crust below the volcano, although the regional negative gravity anomaly (Figures 2 and 3) could imply the presence of a deep-seated intrusion characterised by a negative density contrast in comparison with the surrounding rocks. In view of the relative abundance of pyroclastic rocks such a model might have characterised the recent history of Poás volcano.

#### Acknowledgements

Field work on Poás was carried out during visits in 1978 and 1979 sponsored by earthwatch (Educational Expeditions International) and the Centre for Field Research (Belmont, Massachusetts). We record our gratitude to the many participants of these expeditions who assisted with the observations included in this contribution. We are also grateful to S. Raccichini, J. D. Andrade, R. Chavez and friends at the Universidad Nacional de Heredia for assistance with fieldwork in Costa Rica.

## REFERENCES

- FRANCIS, P. W., THORPE, R. S., BROWN, G. C. and GLASSCOCK, J., 1980. **Pyroclastic sulphur eruption at Poás volcano, Costa Rica.** *Nature*, 283, 754-6.
- RACCICHINI, S, and BENNETT, F. D., 1977. **Nuevos aspectos de las erupciones del Volcán Poás.** *Rev. Geogr. Am. Centr.* 5-6, 37-53.
- THORPE, R. S., LOCKE, C. A., BROWN, C. G., FRANCIS, P. W., and RANDAL, M., 1981. **Magma chamber below Poás volcano, Costa Rica.** *J. geol. Soc. Lond.* 138, 367-373.

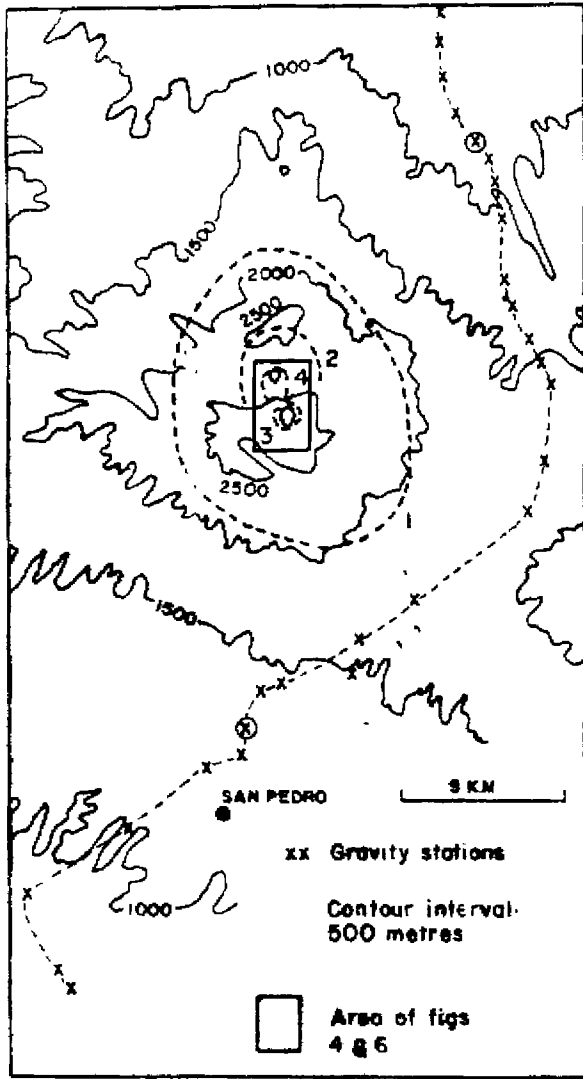


Fig. 1

Figure 1. Topographic map of Poás volcano showing the positions of the volcanic centres (dashed lines, numbered chronologically 1-4) and positions of gravity stations (crosses) used to establish the regional gravity traverse. Circled stations relate to Figure 2.

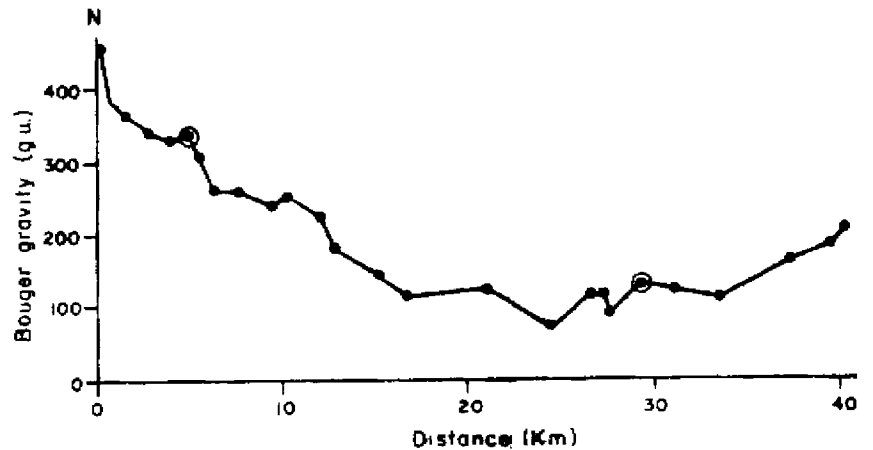


Fig. 2

Figure 2. Plot of Bouguer gravity against measured road distances at stations indicated in Figure 1. Circled points indicate the approximate limit of the broad negative anomaly associated with the volcano (cf. Figure 1).

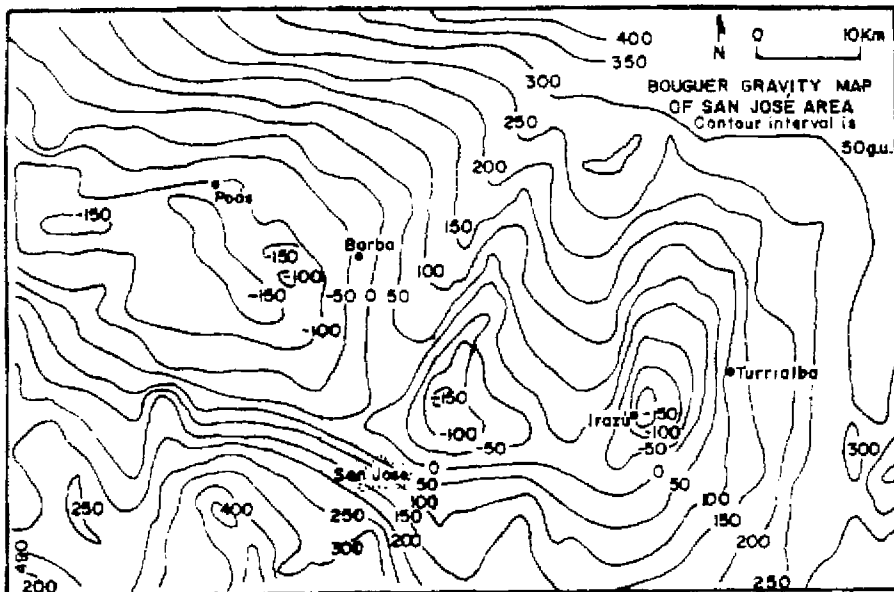


Fig. 3

Figure 3. Bouguer gravity map of the Valle Central showing relationship between gravity anomalies and locations of composite volcanoes (Based on Bouguer gravity map of Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica).

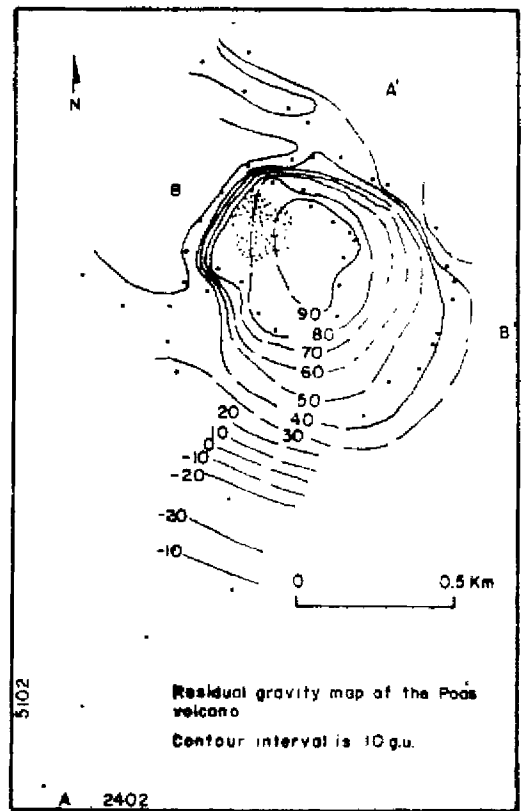


Fig 4

Figure 4. Residual gravity map of the summit of Poás - the area is shown in Figure 1. Dots represent gravity measurement stations. The stippled are shows the lake in the active crater.

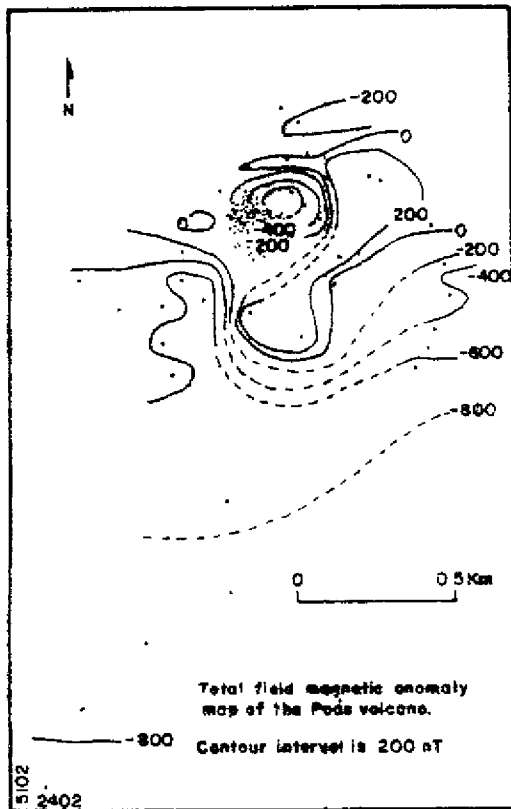


Fig. 6

Figure 6. Total field magnetic anomaly map of the summit area of Poás as shown in Figure 1. Dots represent magnetic measurement stations. The stippled area shows the lake in the active crater.

**INVESTIGACIONES GEOFISICAS  
EN EL VOLCAN POAS,  
COSTA RICA**

*Prof. Lorenzo Casertano \**  
*Dr. Andrea Borgia \**  
*Dr. Corrado Cigolini \**

**GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS  
AT POAS VOLCANO, COSTA RICA**

Las investigaciones físico-químicas fueron realizadas en colaboración con el licenciado Miguel Gómez y el bachiller José Francisco Fernández del Instituto Costarricense de Electricidad.

Las investigaciones sísmicas fueron realizadas en colaboración con los profesores Luis Diego Morales y Walter Montero del Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica.

**ABSTRACT**

The active crater of Poás is located within the internal summit caldera and is occupied by an acid hot lake affected by continuous volcano-sedimentary activity. This activity can be described by lake sedimentation controlled by convection phenomena with associated fumarolic-solfatarica and hot gases activity.

In addition to the above phenomena sudden uprisings of mud and phreatic, phreatomagmatic and lava eruption are present.

According to a structural and dynamic model this activity can be interpreted in terms of a unitarian process. The model emphasizes the existence of a direct relationship between and depth which are characteristic of each volcanic phenomenon.

The accumulation of energy, related to the interaction of the phreatic and magmatic fluid phases flowing within the system, in some particular cases will break the equilibrium producing an eruption.

\* Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Misión de Cooperación Técnica Italo Costarricense.



## RESUMEN

El cráter activo del volcán Poás se encuentra en la actualidad en el sector norte al fondo de la caldera que ocupa la zona sumital entre las más viejas estructuras del cerro Von Franzius y de la laguna Botos.

La cavidad cratérica está ocupada por una laguna de aguas calientes y ácidas, caracterizada desde el comienzo del siglo pasado por una actividad volcánico-sedimentaria:

- a) Sedimentación lagunar y detrítica;
- b) fenómenos convectivos en la laguna;
- c) actividad fumarólico-solfatárica;
- d) actividad de gases caliente (temperaturas superiores a los 600° C);
- e) plumas de barro (se levantan solo hasta el nivel de la laguna);
- f) erupciones freáticas (Geysieriformes);
- g) erupciones freato-magmáticas (1834, 1880, 1910, 1915);
- h) erupciones con fases efusivas (1935).

Durante los años 1979-81 la laguna fue caracterizada por una pequeña y constante variación areal, ya sea en la temperatura que en la composición química. Los valores máximos fueron registrados en la zona sur en correspondencia con el área fumarólica.

Las variaciones temporales de mayor amplitud fueron las relacionadas con las lluvias, estas anomalías pueden llegar a cubrir cualquier otra que sea relacionada con causas endógenas.

No igualmente unívoca es la relación entre lluviosidad y nivel de la laguna, en cuanto otros parámetros, como las relaciones existentes entre la laguna, el acuífero, los fluidos magmáticos y el flujo de calor subsuperficial, juegan un papel importante.

En el mapa magnético de la zona caldérica se evidencia la presencia de un máximo de aproximadamente 1200 gamas, en correspondencia del domo lávico que ocupa la parte central de la caldera.

Las direcciones de elongación de esta anomalía testimonian que el domo fue extruido a lo largo de fisuras correspondientes al sistema de fracturación regional WNW - ESE y NNE - SSW. En 34 estaciones fue además estudiada la variación temporal del CML. Los resultados muestran cómo en la mayoría de las estaciones no hubo variaciones apreciables. Solamente en la que se encuentra cerca del área, que fue caracterizada durante 1980-81 da un incremento muy pronunciado en la temperatura ( $DI > 800^{\circ} C$ ), fue registrada una anomalía de aproximadamente 200 gamas, indicando la desmagnetización de un pequeño y superficial volumen de lava.

La actividad sísmica durante 1980 fue caracterizada por tres tipos de sismos diferentes:

- a) microsismos con carácter de fracturación;
- b) microsismos con carácter impulsivo-explosivo;
- c) microsismos con carácter armónico.

Los sismos del primer tipo se localizan en una capa superficial con profundidades máximas de aproximadamente 10 km. y están ligados con la liberación de energía en zonas de debilidad de la estructura del volcán.

El segundo tipo son muy superficiales y similares a los "rockburst". Probablemente están relacionados con desequilibrios hidrodinámicos en los acuíferos superficiales de la zona caldérica.

El tercer tipo es directamente inducido por el flujo de los gases de la fumarola en la parte superficial del conducto volcánico.

Los sismos registrados durante la crisis sísmica del 27 de julio de 1980 fueron todos muy superficiales y con carácter de fracturación. Sismos regionales fueron la causa que dio origen a la crisis.

Las registraciones sísmicas confirman, además, que el 11 de setiembre de 1980 la columna de gases y agua que se produce en el sector sur-este de la laguna había sido generada por un derrumbe de material caliente del domo.

La actividad del volcán Poás puede ser interpretada en forma unitaria según un modelo dinámico, basado también en las observaciones geológicas, esquematizado en la figura

Según este modelo, los diferentes tipos de actividad tienen un ordenamiento lógico, no necesariamente temporal, que asume una proporcionalidad directa entre la energía y la profundidad características de cada fenómeno.

La relación entre fluidos freáticos y magmáticos y el flujo de éstos a través del sistema, permiten

la acumulación de la energía, el superamiento de los límites de equilibrio y la producción de las erupciones.

La validez del modelo ha sido comprobada en laboratorio por las actividades con energía más pequeña

### AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente al Servicio de Parques Nacionales y a todo el personal del Parque Nacional Volcán Poás por la gentil e indispensable colaboración prestada.

### EMPIRIC MODEL OF THE POAS ACTIVITY

