

Investigaciones gravimétricas en Isla de Pascua, Chile

Manuel Araneda C.*
María Soledad Avendaño R.*

Abstract

Gravimetric data taken from the largest volcanic island in Chile were analyzed and interpreted together with geological and geochronological data with the goal of defining the structural patterns of the island.

In the interpretation two important positive anomalies were defined in connection with the eruptive centers of Poike and Rano-Kau. Said centers evidence similar 14mGal anomalies at both ends of the island, separated by a distance of 14km.

The anomalous centers coincide with ancient basaltic rock according to radiometric information that indicates high densities. From the aforementioned observations it can be postulated that, in the beginning, Easter Island was formed by the Poike and Rano-Kau volcanic centers. Its lava flows have differential densities which confirm significant fissures in the central zone where the Maunga-Terevaka volcanic centers are located. This structure coincides with a large negative anomaly which leads to the belief that the central part of the island, in the SE-NW direction, could consist of lower density rock from lava flows from the Poike and Rano-Kau volcanic centers.

Key words: *Volcanic structure, gravity, volcanic island.*

Resumen

Datos gravimétricos tomados en la isla volcánica más grande de Chile fueron analizados e interpretados junto a los antecedentes geológicos y geocronológicos con el objeto de definir los patrones estructurales de la isla.

En la interpretación se definieron dos importantes anomalías positivas asociadas a los centros eruptivos del Poike y Rano-Kau. Estos centros muestran anomalías similares de 14mGal en los extremos de la isla, los cuales están separados por 14km.

Los centros anómalos coinciden con antiguas rocas basálticas de acuerdo con antecedentes radiométricos que muestran altas densidades. De las observaciones citadas se postula que la Isla de Pascua en sus inicios fue formada por los centros

* SEGMI, correo electrónico: segmi@netexpress.cl

volcánicos del Poike y Rano-Kau. Sus flujos de lavas poseen densidades diferentes las cuales confirman importantes fisuras en la zona central donde se ubican los centros volcánicos Maunga-Terevaka. Esta estructura coincide con una gran anomalía negativa que puede inducir a pensar que la parte central de la isla con dirección SE-NO podría estar formada por rocas de menor densidad provenientes de coladas de lavas de los centros volcánicos Poike y Rano-Kau.

Palabras claves: *estructura volcánica, gravedad, isla volcánica.*

Introducción

Isla de Pascua ($27^{\circ}07'S$, $109^{\circ}22'O$) está situada al Sur-Este del océano Pacífico a unos 3,700km de Chile continental y a unos 500km al Este del eje de la dorsal del Pacífico oriental. Está constituida por un edificio volcánico aislado con una superficie de 173km^2 y una elevación máxima de 511m, donde las profundidades oceánicas alcanzan los 3,000 metros de profundidad. La base de la isla bajo la superficie del agua tiene forma trapezoidal, Mammerickx *et al.* (1975) alcanzando dimensiones aproximadas de 210km Norte-Sur y 100km Este-Oeste aproximadamente, Figura 1.

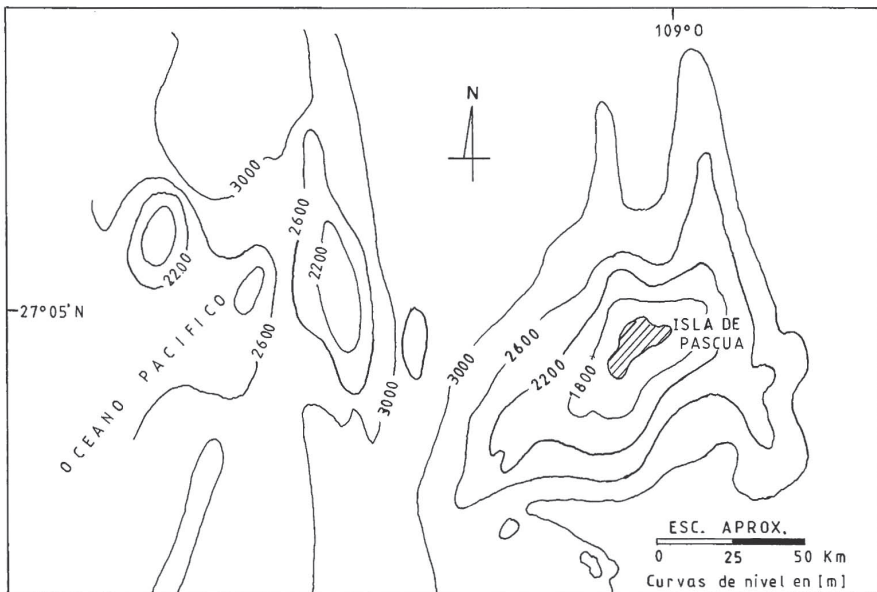


Figura 1. Carta batimétrica de la cadena volcánica de Isla de Pascua según Mammerickx *et al.* (1975).

Antecedentes históricos

Las primeras expediciones científicas desde su descubrimiento fueron las realizadas por Mammerickx *et al.* (1975), las cuales tuvieron, principalmente carácter arqueológico, antropológico, lingüísticos, etc., estas inquietudes se deben básicamente al interés que muestra la cultura de los antiguos habitantes de la isla, que se manifiesta por la gran cantidad de “ahu” o altares donde se alinean los “moais” estructuras de piedras de grandes dimensiones con la figura del torso y la cara humana y por petroglifos en casi toda la isla.

A partir de 1922 se pueden encontrar algunos antecedentes de estudios asociados a las ciencias de la tierra, aunque aislados dieron a conocer algunos antecedentes petrográficos.

Posteriormente contribuciones a la geología de Isla de Pascua pueden encontrarse en Chubb (1933), Bandy (1937) y Lacroix (1936). Finalmente estudios más completos que describen la evolución geológica-volcánica se pueden encontrar en Baker (1967a), González-Ferrán y Baker (1974), Baker *et al.* (1974), Clarx y Dymond (1974), Bonatti *et al.* (1977), Paskoff (1978) y González-Ferrán (1987).

Antecedentes geológicos estructurales

Isla de Pascua corresponde a una isla volcánica del tipo oceánico cuyas edades absolutas potasio-argón oscilan entre 3 millones de años y menos de 300, estructurada por un ciclo efusivo diferencial y procesos de erosión marina. Los rasgos geomorfológicos actuales la presentan en forma triangular, con tres volcanes principales responsables de su formación ubicados en los vértices del triángulo, Baker *et al.* (1974), estos y otros rasgos se muestran en la Figura 2, adicionalmente a estos tres principales centros eruptivos se pueden distinguir al menos 70 centros subsidiarios.

Cada uno de los tres principales volcanes tienen estructuras diferentes: a) Poike ubicado en el vértice este es un estrato volcánico simple con un pequeño cráter conocido como Pu-akatiki que alcanza una altura de 370m sobre el nivel del mar. Está compuesto principalmente por lujos de lavas basálticas, estas formaciones se encuentran expuestas en sus acantilados por lo que han sido severamente reducidos por la fuerte erosión marina, b) el volcán Rano-Kau está formado por un ancho promontorio en el vértice oeste de isla de Pascua, su estructura también ha sido reducida por efectos de la erosión marina alcanzando una altura de 324 metros sobre el nivel del mar. Está formado por una sucesión de flujos de lavas basálticas de altas densidades y por un cráter de 1,600 metros de diámetro con una profundidad interior de 200 metros y c) el volcán Maunga-Terevaka representa un complejo fisural controlado por un sistema de fracturas de dirección N-S, González-Ferrán (1987) cuya altura máxima es de 511 metros.

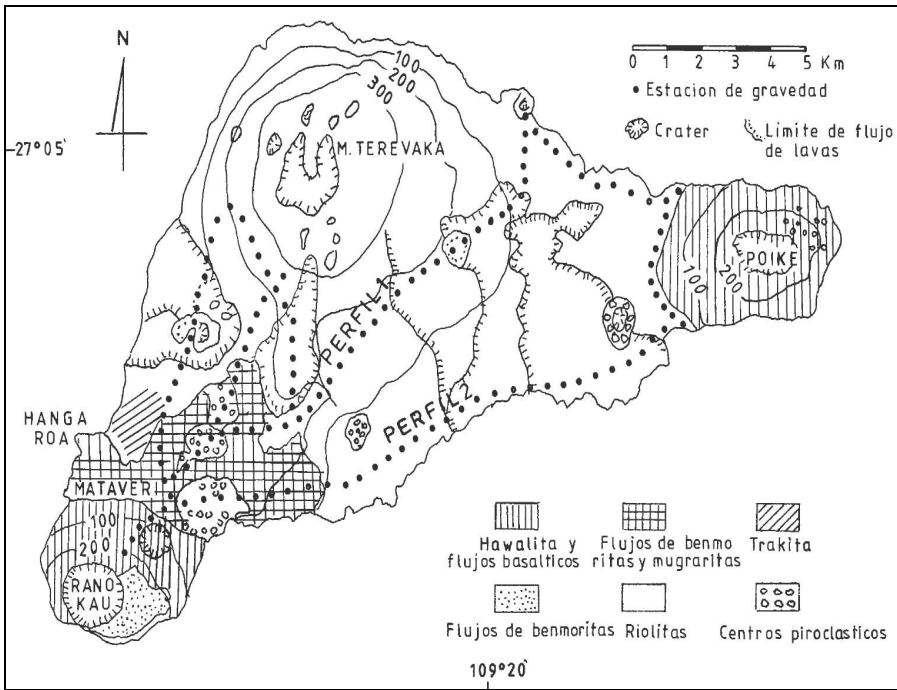


Figura 2. Mapa geológico de Isla de Pascua de Baker *et al.* (1974).

Estos sistemas fisurados controlan una serie de cráteres distribuidos a lo largo de ellos. La mayoría de los centros secundarios corresponden al volcán M. Terevaka los cuales están compuestos por escorias y conos de cenizas, algunos de los cuales han emitido flujos de lavas, una de las excepciones Baker *et al.* (1974) es el antiguo centro Hanga-Roa cerca de la costa norte el cual fue formado principalmente por pequeños flujos de lavas basálticas, que actualmente están parcialmente ocultas por flujos más recientes del M. Terevaka. Otra excepción es el cono de tobas formadas por el centro parásito del volcán Rano-Raraku que según González-Ferrán (1987) se habría formado por una erupción subacuática.

Conviene señalar finalmente dentro del marco de la tectónica global de placas Bonatti *et al.* (1977) que Isla de Pascua se encuentra asociada a una línea de alto flujo calórico que tiene dirección Este-Oeste en la latitud de 27°S aproximadamente, en el Pacífico Sur y es conocida como *Eastern Hot Line*. Forman esta línea otras islas volcánicas como Salas y Gómez, San Félix y San Ambrosio y numerosos volcanes submarinos que le dan continuidad a la estructura Mammerickx *et al.* (1975), Figura 3.

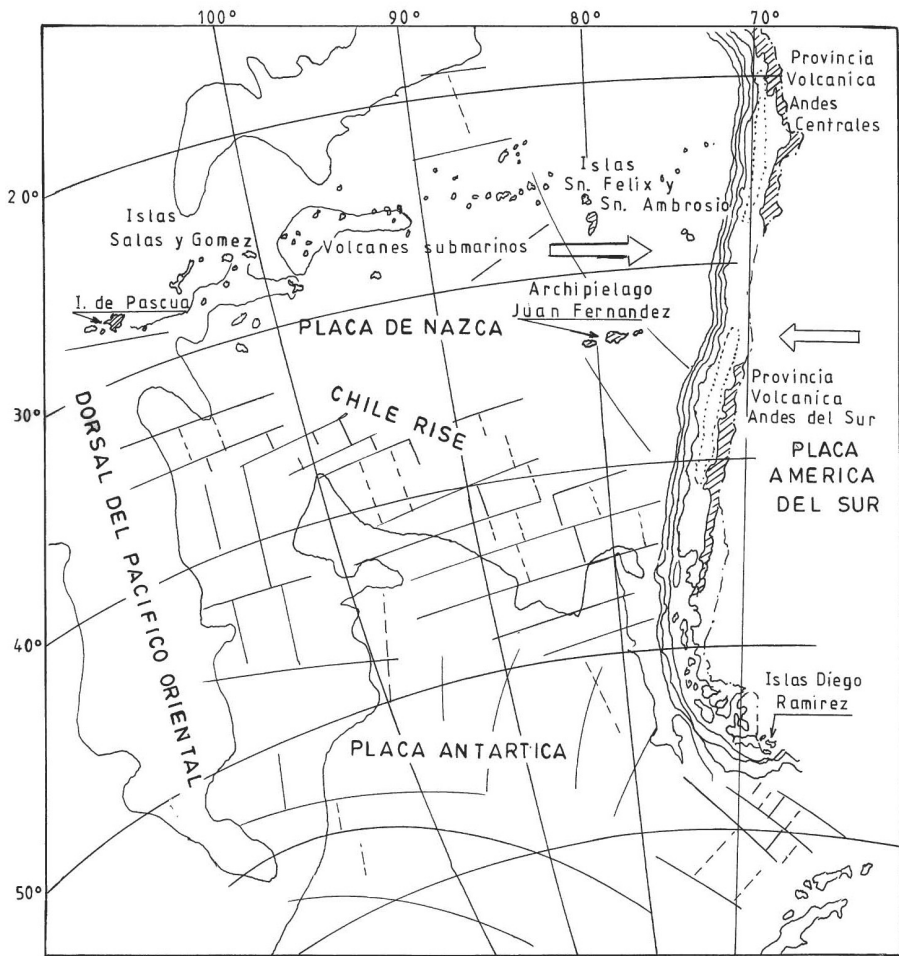


Figura 3. Ubicación general de las Islas Oceánicas y su relación con la placa oceánica de Nazca de González-Ferrán (1987).

Gravimetría

Con el objeto de conocer las variaciones de la gravedad en la isla de Pascua referida a la Red Internacional de Normalización de la gravedad 1971 (IGSN71) se utilizaron dos gravímetros LaCoste Romberg modelo G N°64 y 411. El punto de referencia en el continente fue el SCL K ubicado en el aeropuerto Pudahuel de Santiago de Chile, cuyo valor es 979,434.68mGal y la estación base determinada en el aeropuerto de Mataverí fue de 979,233.474mGal, el cual fue designado

PAAR 1. A partir de esta estación ajustada convenientemente se realizó el levantamiento gravimétrico de la isla. Los datos gravimétricos fueron tomados a través de los caminos accesibles y en algunos casos por huellas cada 500 metros, para la ubicación de las estaciones se utilizó el sistema GPS navegador de frecuencia simple apoyado por la cartografía 1:30,000 del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea. Las estaciones gravimétricas fueron replanteadas a medida que se avanzó en el estudio. Para la obtención de las cotas de las estaciones se utilizó un altímetro Wallace Tierman con rango de lectura de 5,000 metros. Con el objeto de minimizar el error en la altimetría se realizaron cierres parciales de 3 horas y compensar linealmente el pequeño error que se producía. Adicionalmente se repiten las lecturas en las estaciones ya medidas con el objeto de minimizar el error por altura el cual nunca fue más de 2 metros, suficiente para el objetivo del estudio. El punto de calibración de altura fue la estación base del mareógrafo ubicado en la caleta Hanga-Pico de la Armada.

Análisis de los datos

La anomalía de Bouguer fue calculada para una densidad de 2.4g/cm^3 y 2.67g/cm^3 como se observa en las Figuras 4a y 4b, de ellas se puede concluir que en la forma no existe gran diferencia solamente se produce una diferencia en el valor de las curvas de Bouguer en aproximadamente 1mGal. La primera densidad fue elegida por los flujos de lavas que se encuentran en gran parte de la superficie de la isla. Posteriormente de acuerdo a antecedentes de la génesis de la isla se optó por modelar con densidad 2.67g/cm^3 .

El residuo de la anomalía se ha tratado como producto de haber restado un plano de primer grado a la anomalía de Bouguer, Figura 5. El análisis preliminar de estos resultados es tratar la estructura de la isla como si no tuviera una raíz y estuviese cabalgando a través de la placa de Nazca, es decir, no tiene un regional. De esta forma aparece en el residuo dos anomalías positivas de 8mGal en el extremo Este y Oeste y una gran depresión intermedia de -6mGal. Esto equivale a tener una diferencia de 14mGal entre la parte central (9km de ancho) y los vértices de la isla aproximadamente. De acuerdo a estas observaciones se postula que debido al fuerte gradiente observado en los extremos existirían dos grandes fallas o el lineamiento de dos fisuras de gran extensión.

El análisis preliminar contempla la modelación bidimensional de la estructura, estos perfiles se pueden ver en la Figura 6a y 6b junto con sus resultados. Las densidades utilizadas para el modelaje bidimensional fue de 2.4g/cm^3 para rocas muy porosas y 2.9g/cm^3 para los basaltos. Estos datos están de acuerdo con ensayos obtenidos de muestras representativas.

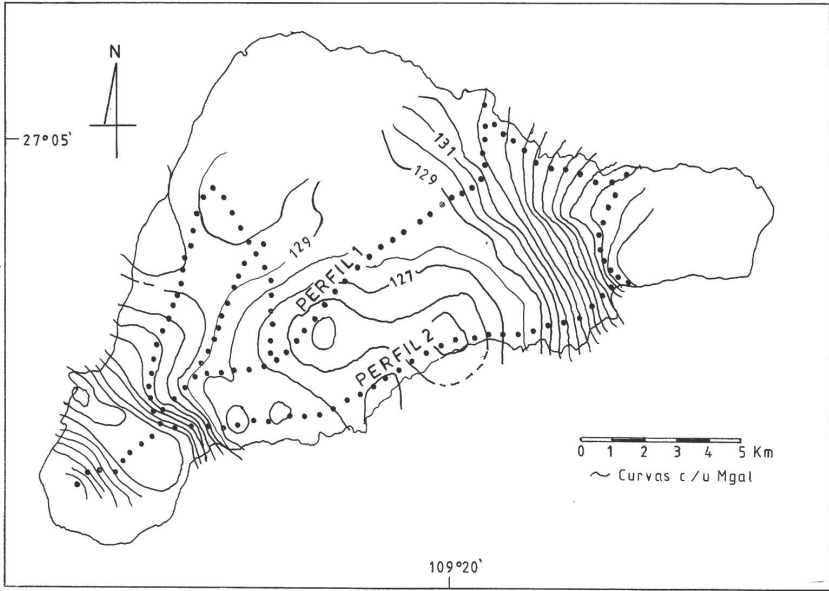


Figura 4a. Anomalia de Bouguer Isla de Pascua (2.4 g/cm^3).

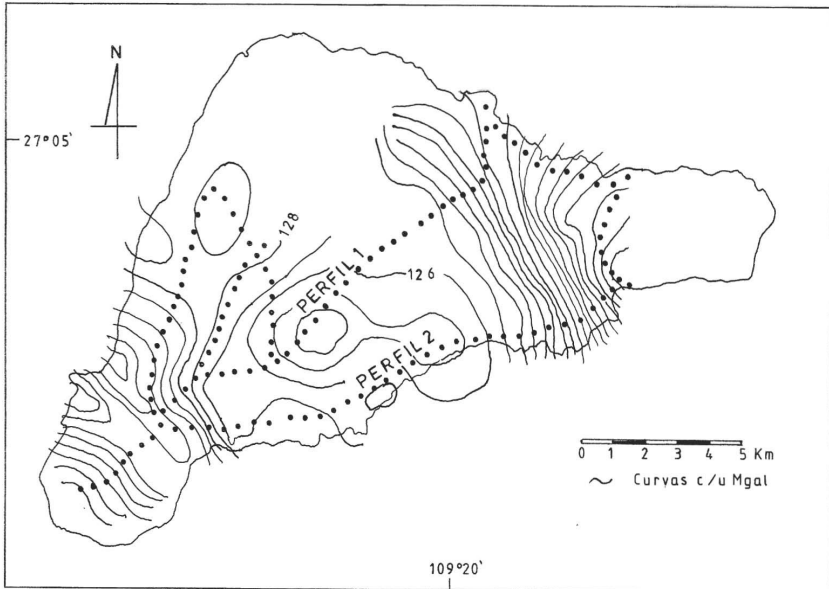


Figura 4b. Anomalia de Bouguer Isla de Pascua (2.67 g/cm^3).

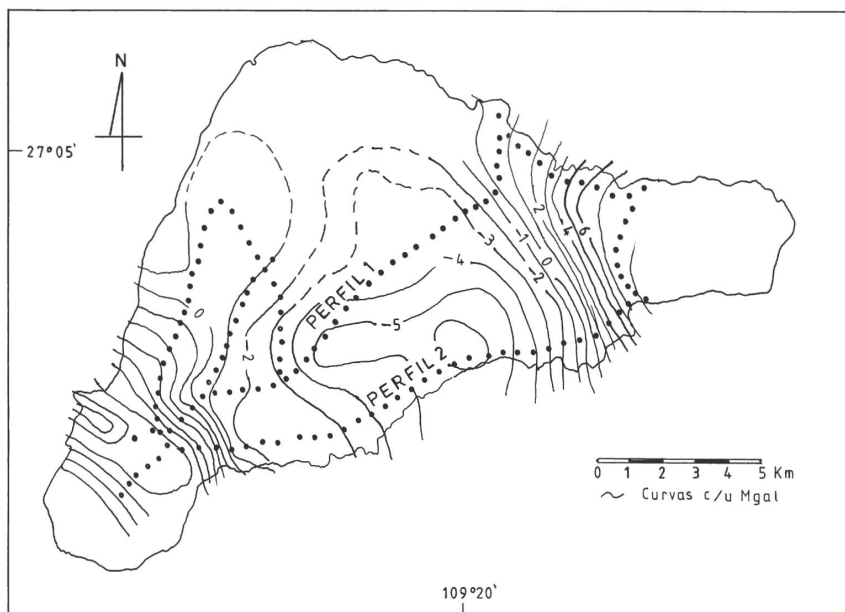


Figura 5. Residual Primer Grado Isla de Pascua.

Relación entre resultados geológicos estructurales y geofísicos

Se puede decir que existe una buena correlación entre los antecedentes geológicos estructurales y la anomalía de Bouguer que presenta el edificio volcánico de isla de Pascua.

En primer lugar los antecedentes del tiempo geológico y los tipos de flujos de lavas han sido los datos más importantes que se correlacionan con la información gravimétrica. Las edades radiométricas de las estructuras principales según González-Ferrán (1987) son las siguientes: Poike 3 millones de años principalmente lavas basálticas Rano-Kau 2.56 millones de años principalmente lavas basálticas y el Maunga-Terevaka con 360,000 años compuesto principalmente por flujos laminares de piroclastos, sedimentos, lavas basálticas muy fluidas, en conjunto darían una estructura de baja densidad. Las dos primeras estructuras nombradas coinciden aunque no exactamente en la posición geográfica con las anomalías gravimétricas positivas concordantes con las altas densidades que presentan los basaltos que las forman. Por otra parte el centro volcánico del Terevaka en conjunto con sus fisuras en las que se alinean a través de centros eruptivos en forma de cráteres y domos, González-Ferrán (1987) cubren una franja de 1km de ancho por 12km de longitud. Esta fractura de acuerdo a los antecedentes gravimétricos debiera tener un ancho

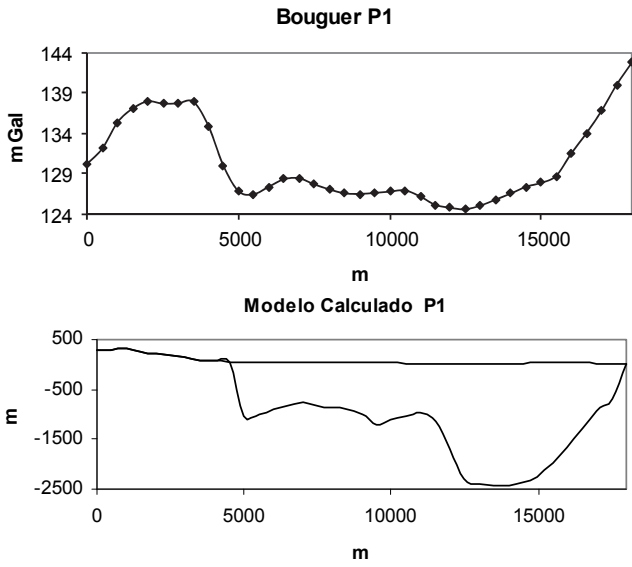


Figura 6a. Perfil 1.

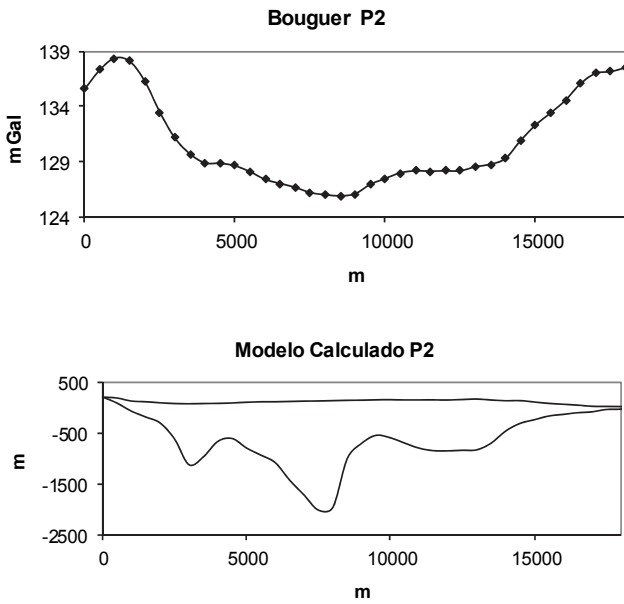


Figura 6b. Perfil 2.

mucho mayor como se puede observar en los perfiles analizados, además la gran fractura se extendería mucho más allá de los límites de la isla, la cual se manifiesta en superficie por un lineamiento de pequeños centros volcánicos y algunos rasgos morfológicos.

Conclusiones

Las anomalías positivas asociadas a las altas densidades que componen las estructuras del Poike y Rano-Kau coinciden con las edades más antiguas de las formaciones de la isla; es decir, 3 y 2.56 millones de años. Este antecedente induce a pensar que isla de Pascua se habría formado en sus inicios por dichos centros volcánicos los que posteriormente emergieron a la superficie. Posteriormente entre ambos se habría formado un estado fisural de grandes dimensiones donde habría emergido el centro eruptivo M. Terevaka (360,000 años) junto a este, de acuerdo a su formación aparecieron una serie de cráteres con una alineación principalmente aproximada N-S, que se presenta por una anomalía negativa de 8km de ancho y que se prolonga más allá de tierra firme. De acuerdo al análisis bidimensional realizado las profundidades de los materiales de densidad 2.4g/cm^3 la cual se asumió de una profundidad máxima de aproximadamente 2,500 metros de espesor como se muestra en las Figuras 6a y 6b.

Agradecimientos

Este trabajo contó con el patrocinio del Instituto de Estudios de Isla de Pascua y el Departamento de Geofísica, ambos de la Universidad de Chile. Además agradecemos la gentil cooperación en terreno del señor Roberto Izaurieta.

Referencias

- Araneda, M., y Avendaño, M. S., 1993. Evaluación del sitio de fundación en el proyecto del Ahu-Togariki, Isla de Pascua, *Memorias 3^{er} Congreso Chileno de Ingeniería Geotécnica*, La Serena, pp. 75-82.
- Baker, P. E., 1967a. "Preliminary account of recent geological investigation on Eastern Island", *Geol. Mag.*, vol. 104, pp. 116-122.
- Baker, P. E., Buckley, F. and Holland, J. G., 1974. "Petrology and Geochemistry of Eastern Island", *Cont. Mineral and Petrolo.*, vol. 44, pp. 85-100.
- Bonatti, E., Harrison, A., Fisher, E., Honnorez, J., Schilling, J. G., Stipp, J. and Zentil, M., 1977. "Easter Volcanic Chain (Southeast Pacific): A mantle hot line", *J. Geophys. Res.*, 82, pp. 2457-2478.

- Bandy, M. C., 1937. "Geology and Petrology of Eastern Island", *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 48, pp. 1589-1610.
- Chubb, L. J., 1933. "Geology of Galápagos, Cocos and Eastern Islands, with Petrology of Galápagos Islands", by C. Richardson, Honolulu, Bernice P. Bishop. *Museum Bull.*, 110, pp. 1-44.
- Clark, J. and Dymon, J., 1974. "Age chemistry and tectonic significance of Eastern Island", *Am. Geophys. Union Trans.*, pp. 55-300.
- González-Ferrán, O. y Baker, P., 1974. "Isla de Pascua. Eastern Island Guide Book-Excursion", *D-2 International Symposium on Volcanology*, Santiago, Chile, pp. 1-32.
- González-Ferrán, O., 1987. *Evolución geológica de las islas chilenas en el océano Pacífico en Islas Oceánicas Chilenas: conocimiento científico y necesidades de investigaciones*, J. C. Castilla (ed.) 1987, Ediciones Universidad Católica de Chile, pp. 37-54.
- Lacroix, A., 1936. "Composition chimique des laves de l' Ile de Pascua", *Comp. Rend. Acad. Scien.*, 202, pp. 601-605.
- Mammerickx, J., Anderson, R. N., Menard, H. W. and Smith, S. M., 1975. "Morphology and tectonic Evolution of the East Central Pacific", *Geological Soc. of Amer. Bull.*, vol. 26, pp. 111-118.
- Paskoff, R., 1978. "Aspect geomorphologiques de l'II de Pâques", *Bull. Assoc. Geogr. Franc.*, Paris, 452, 147-157.