

PRIMEROS SONDEOS MAGNETOTELURICOS DE LA PROVINCIA DE
MENDOZA (ARGENTINA) Y SU RELACION CON LA TECTONICA GLOBAL

Manuel Mamaní, H. Fournier, C.E. Moyano,

E. Borzotta, A. Maidana

Centro Regional de Investigaciones Científicas y
Tecnológicas Mendoza (Argentina)

J.M. Febrer, J.C. Gasco

Centro Espacial San Miguel, CNE

San Miguel Pcia. de Buenos Aires

RESUMEN

Se informa acerca de los primeros resultados obtenidos en cuatro sondeos magnetotelúricos realizados en la provincia de Mendoza (Argentina), en los siguientes sitios: San Martín, El Sosneado, Agua Escondida y el Payún Matrú, ubicados según un perfil aproximadamente NS en los 69° de longitud oeste y extendiéndose en latitud desde los 33°S a 37°S.

Las interpretaciones de estos sondeos sugieren la presencia de un sistema de 2 capas conductoras bajo la Corteza Terrestre, con conductividades integradas decrecientes hacia el sur. La capa conductora ubicada a menor profundidad tiene un techo el cual se ubica aproximadamente a 50 km en los tres primeros sondeos e incrementa ligeramente su espesor hacia el sur. Por otro lado la segunda capa conductora ubicada a mayor profundidad tiene un techo que varía desde 110 km de profundidad en San Martín a 180 km en Payún Matrú y probablemente disminuye su espesor hacia el sur.

La interpretación de Payún Matrú no está en armonía con los restantes sondeos pues no se presenta en él la primera capa conductora (probablemente debido a alteraciones litológicas relacionadas al volcán Payún Matrú, en cuyas adyacencias se realizó el sondeo).

En el marco de la Tectónica Global, estos resultados sugieren que estas capas conductoras podrían deberse a un desdoblamiento de la astenosfera causado por la subducción de la placa de Nazca, la cual presenta un cambio de pendiente en esta región. (Barazangi e Isacks 1976).

ABSTRACT

The paper informs on first results obtained in four magnetotelluric soundings carried out in the province of Mendoza (Argentina) in the following sites: San Martín, El Sosneado, Agua Escondida, Payún Matrú. The MT soundings are located on an approximately NS profile at 69° West and extended in latitude from 33°S to 37°S.

Briefly, the interpretations of these MT soundings suggest the presence of a two conductive layer system under the Earth Crust, with decreasing integrated conductivities from North to South. The upper conductive layer has the top at approximately 50 km depth in the three first soundings and it increases slightly its thickness from North to South. On the other hand, the second conductive layer, deeper than the first one, has the top between 110 km in San Martín and 180 km in Payún Matrú and its thickness probably decreases from North to South.

The interpretation of Payún Matrú MT sounding is not in agreement with the previous ones, because it does not show the first conducting layer (probably because of lithologic alterations related with Payún Matrú volcano in whose neighborhood this MT sounding was made).

In relation with the Global Tectonic, these results suggest that both conductive layers could have their origin in a division of the Asthenosphere into two layers due to the subduction of the Nazca plate, which presents a change of its dip in this region. (Barazangi & Isacks 1976).

INTRODUCCION

Presentamos los resultados de cuatro sondeos magnetotelúricos (MT) realizados en la provincia de Mendoza. La selección de los lugares de sondeo se hizo teniendo en cuenta dos criterios, el primero comprobar si zonas potencialmente aptas para una explotación geotérmica presentaban indicios favorables en un perfil de conductividades, y el segundo, trazar un corte aproximadamente longitudinal de las estructuras profundas del subsuelo.

De acuerdo al primer criterio (ver informe de Geomines 1983 e informe de ISESSA 1982) se seleccionaron los sitios de El Sosneado (35°05' latitud sur 69°34' longitud oeste) y Payún Matrú (36°37' latitud sur y 69°19' longitud oeste), este último en las cercanías del volcán del mismo nombre. Se añadieron a este estudio los sitios de San Martín (33°04' latitud sur y 68°28' longitud oeste) y Agua Escondida (36°05' latitud sur y 68°21' longitud oeste), lo que ha permitido considerar una cadena aproximadamente longitudinal de estaciones (fig. 1).

GEOLOGIA REGIONAL

El sondeo de San Martín fue ubicado en la comarca septentrional de Mendoza (E.O. Rolleri y C. Fernández Garrasino 1979), que atraviesa la provincia desde el NNO al SSE.

El relleno de la cuenca está compuesto de sedimentitas de edad triásica, constituidas por el Grupo Rincón Blanco y el Grupo Cerro Cocodrilo, seguidas por el Terciario, con las formaciones Papagayo, Divisadero Largo y Mariño, y finalmente el Cuartario con formaciones de litología variable.

El que corresponde a Agua Escondida está ubicado en la localidad del mismo nombre y está incluido en la Provincia Geológica San Rafaelino Pampeana (P. Criado Roqué y G. Ibañez 1979), que tiene una

continuidad desde el SO de la ciudad de Mendoza hasta el Río Colorado, abarcando el sector central de la Provincia y contactado hacia el occidente por el Golfo Neuquino, con la característica de que este bloque se constituyó en el borde levantado, hasta donde llegó la ingresión marina del Mesozoico.

Estructuralmente se sugiere que la Provincia Geológica San Rafaelino Pampeana y la Cordillera Frontal corresponden a una similar evolución geológica, diferenciada de la Precordillera por la presencia de vulcanitas permo-triásicas.

El sondeo realizado en la localidad de El Sosneado, geológicamente está emplazado en el borde oriental de la Cordillera Principal (M. Yrigoyen 1979), precisamente en los conglomerados cuaternarios. (Aubouin et al. 1973).

El volcán Payún Matrú se encuentra a 2000 m por encima del nivel de la llanura del sur de la provincia de Mendoza; a esta zona se la denomina Payunia y se destaca por los característicos derrames basálticos. El vulcanismo central que dio origen al complejo estructural mayor del volcán está cubierto por el intenso vulcanismo posterior a la formación de la caldera, que cubrió las laderas y que dio origen a los conos adventicios, ubicados hacia el lado oriental y occidental de la caldera con un desarrollo de pendiente suave, a diferencia de los costados sur y norte donde son más empinados.

En estas condiciones es difícil reconstruir la estructura volcánica; sin embargo, el centro efusivo primario puede ser ubicado en la actual caldera, que debido a las erupciones sufrió un colapso vertical. En base a las dos etapas diferenciadas se pueden definir dos dominios, la caldera que se encuentra a 3000 msnm y que tiene una forma aproximadamente circular con 63 km² de superficie (E. Llanbías 1946) donde se diferencian grandes unidades morfolitológicas, andesitas, traquiandesitas de la Narra, tobas del Portezuelo, basal

tos del Mollar, traquita de la Calle y hialotraquitas de la Explanada. El otro dominio está constituido por los procesos volcánicos posteriores, caracterizados por erupciones de basaltos olivínicos, como son los basaltos de los Morados Grandes, basaltos de la Media Luna, con chimeneas localizadas en el aparato volcánico central. (E. González Díaz 1972).

En cuanto a la edad, Groeber (1973) ubica los eventos entre el Terciario Medio y Cuartario Superior.

Hacia el suroeste a 9 ó 10 km del borde de la caldera, se encuentra el cerro Payún o Payén, ubicado sobre un cono clásico y separado del Payún Matrú por un portezuelo, que tiene una cota máxima de 3700 m, donde no se observan coladas asociadas.

La columna estratigráfica de la región del Payún Matrú y de Agua Escondida son bastante similares, el número de entidades geológicas diferenciadas es pequeña, mayoritariamente son rocas ígneas y en defecto son sedimentarias (E. González Díaz 1972).

TECNICAS Y METODOLOGIAS EMPLEADAS EN EL ESTUDIO

En cada uno de los sitios se dispuso del instrumental de manera usual, es decir, se midieron las variaciones de los campos eléctrico y magnético según las direcciones NS y EW; para períodos cortos de 0.1 a 100 seg, mediante el uso de barras de inducción para el campo magnético y el uso de electrodos de plomo separados entre sí aproximadamente 200 m para el campo eléctrico.

Para períodos largos, desde 10 seg hasta la variación diaria, se midieron las tres componentes del campo magnético con un magnetómetro del tipo de compuerta de flujo (Flux-Gate) y las dos componentes de campo eléctrico de la misma manera que para períodos cortos. Las señales fueron filtradas con filtros pasabandas para los períodos cortos, determinándose la relación E/H para cada período a tra-

vés del empleo de registradores de banda continua de papel. Este cociente está relacionado con la resistividad aparente mediante la siguiente expresión (Cagniard 1953).

$$\text{Resistividad} = 0.2 T \left(\frac{E}{H} \right)^2$$

Donde el período T se expresa en segundos, el campo eléctrico E en mv/km y el campo magnético H está expresado en gammas.

Para períodos largos mayores que 100 seg las señales fueron filtradas con filtros pasabajos y registrados en banda de papel, de allí se obtuvieron gráficamente tanto los períodos como las amplitudes de las señales respectivas.

Se realizó un análisis unidimensional de los datos, utilizándose para la obtención del perfil de conductividades un programa que usa el algoritmo de Marquardt (1963) para la obtención de la estructura unidimensional que mejor ajusta por cuadrados mínimos no lineales las resistividades aparentes medidas.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS E INTERPRETACION

Analizando los resultados obtenidos sobre ábacos tetralogarítmicos que vinculan las diferentes variables involucradas, es decir E/H, resistividad, T y profundidad, se puede observar lo siguiente.

El sondeo MT realizado en San Martín (punto-1, fig. 1), en la banda de períodos correspondiente a la información obtenida mediante barras de inducción y el magnetómetro Flux-Gate, indica en sentido creciente de profundidad una primera capa conductora que constituiría el paquete sedimentario con un espesor de 7 km, luego a los 40 km se inicia una capa conductora cuyo espesor es de 20 km y finalmente a 110 km una capa conductora con 60 km de potencia, la cual posee bajo valor de resistividad (5 ohmm) y con la conductividad integrada de 12000 Siemens. Comparando ambas curvas de resistividades aparentes (correspondientes a la línea telúrica NS y telúrica

EW), es visible que la estructura en profundidad presenta bidimensionalidad a partir de los 50 km hacia profundidades crecientes (las curvas de resistividad aparentes en el ábaco tetralogarítmico se apartan a partir de los 1000 seg), lo cual podría estar relacionado a la subducción de la placa de Nazca, en el marco de la tectónica global.

El segundo sondeo realizado, denominado de El Sosneado (punto 2, fig. 1) muestra una capa conductora cuyo techo se encontraba a 50 km de profundidad con un espesor de 30 km, la conductividad integrada es de 3000 Siemens. La interpretación de este sondeo permite visualizar una segunda capa conductora más profunda, cuyo techo se encontraría a 150 km y cuyo espesor aún no fue definido.

El tercer sondeo (punto 3, fig. 1), llamado de Agua Escondida, presenta una primera capa conductora cuyo techo se encontraría a 50 km de profundidad y su espesor es de 25 km con la conductividad integrada de 500 Siemens. Más profundo (rango de frecuencias más bajas), se percibe el inicio de una segunda capa conductora cuyo techo se encuentra a 150 km, no definiéndose la profundidad de la base.

El cuarto sondeo, correspondiente al Payún Matrú (punto 4, fig. 1), fue realizado en las cercanías del volcán del mismo nombre, el cual está ubicado al este de la faja cordillerana, en el Dpto. de Malargüe. Este sondeo presenta resultados diferentes que no concuerdan con la tendencia general observada en los sondeos anteriores. La curva de resistividades aparentes graficada en el ábaco tetralogarítmico (fig. 3) muestra dos pequeñas capas conductoras que totalizan 1,6 km de espesor, muy superficiales, a partir de las cuales se inicia una capa altamente resistiva (2000 ohmm) y gran espesor, hasta los 180 km de profundidad, donde comienza la capa conductora de 15 km y de 100 ohmm de resistividad. No se observa la primera capa conductora presente en los sondeos anteriores.

CONCLUSIONES

Presentando en un gráfico profundidades en función de distancias a lo largo de un perfil aproximado NS (fig. 2), y haciendo uso de los resultados obtenidos, se observa que los tres primeros sondeos sugieren un desdoblamiento de la astenosfera, lo cual podría deberse a la subducción de la placa de Nazca bajo el margen continental activo sudamericano. De esta forma el gráfico indicaría una profundización de la placa hacia el sur para estas latitudes, lo que sería coherente con un cambio del ángulo de subducción de la placa oceánica descendente, el cual, según los estudios de focos sísmicos (Barazangi e Isacks 1976), se ubica en los 33°S presentando un buzamiento de 10° al norte de dicha latitud y de 25 a 30° al sur.

Los resultados preliminares del sondeo del Payún Matrú no siguen la tendencia general. La curva de resistividades no muestra la primera capa conductora, probablemente debido a alteraciones de carácter local del material cortical y el manto superior, a causa de la actividad del volcán. Un elemento a tener en cuenta y que puede actuar como parámetro de control es la finalización de la fosa de Chile y la dorsal de Juan Fernández, la que subduce a una latitud coincidente con la ubicación latitudinal del volcán Payún Matrú.

Por otro lado, los resultados de este sondeo presentan además una capa conductora ubicada muy profundamente en el manto superior, con techo a los 180 km, 30 km más que la correspondiente a la segunda capa conductora de Agua Escondida, siendo el espesor de 15 km.

Desde el punto de vista geotérmico, la posibilidad de encontrar una cámara magmática a poca profundidad, con la temperatura que tendría que tener, debería manifestarse a través de un estrato de baja resistividad; sin embargo, esto no es observado en el perfil de conductividades del sondeo del Payún Matrú.

Agradecimientos. Se agradece al Departamento de Electrónica y demás personal del IIACE por la colaboración prestada, que contribuyó a la realización de la campaña. Al Grupo de Geofísica del Centro Espacial San Miguel, por la participación en la campaña. Al Dr. Wolfgang Volkheimer por la lectura del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Auboin, J., Borrello, A.V., Genioni, G., Charrier, R., Chotin, P., Frutos, J., Thiele, R., Vicente, J.C., 1973: Esquisse paleogeographique et structurale des Andes Meridionales; Revue de Geographie Physique et de Geologie Dynamique, vol. XV, fasc. 1-2, 11-72.
- Barazangi, M. and Isacks, B.L., 1976: Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America; Geology, 4, 686-692.
- Criado Roque, P. e Ibañez, G., 1979: Provincia Geológica San Rafaelina-Pampeana; Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 1, 837-869.
- Cagniard, L., 1953: Basic theory of magnetotelluric method of geophysical prospecting; Geophysics, 18, 605-635.
- Febrer, J., Demicheli, J., García, E., Fournier, H., 1977: Magnetotelluric sounding in Pilar, Córdoba, Argentina; Acta Geod. Geophysics Mon. Hungría, 12, 29-31.
- Fournier, H., Febrer, J., Mamani, M., Baldis, B., Pomposiello, M.C., Gasco, J.C., Demicheli, J., García, E., 1983: Magnetotelluric results along a 1200 km long deep profile with an important geothermal area at its north-west end in the provinces of Tucumán and Santiago del Estero in Argentina; Acta Geodaet., Geophys. et Montanist, Hungría, 18(4), 489-499.
- Geomines, 1983: Trabajos de reconocimientos geotérmicos en la zona

del Payún Matrú; Gobierno de Mendoza, Ministerio de Obras y Servicios Públicos.

González Díaz, E., 1972: Descripción geológica de la Hoja 30d, Payún Matrú; Ministerio de Industria y Minería, Dirección Nacional de Geología y Minería, Buenos Aires, Argentina.

González Díaz, E., 1972: Descripción geológica de la Hoja 30c, Agua Escondida; Ministerio de Industria y Minería, Servicio Nacional Minero Geológico, Buenos Aires, Argentina.

Groeber, P., 1937: Descripción geológica de la Hoja 30c, Puntilla del Huincan, Provincia de Mendoza; Dirección Nacional de Minería.

ISESSA, 1982: Investigación geotérmica de la zona El Sosneado; (Provincia de Mendoza-Secretaría de Energía de la Nación), Gobierno de Mendoza, Ministerio de Obras y Servicios Públicos.

Llambías, E.J., 1966: Geología y petrografía del volcán Payún Matrú; Acta Geológica Lilloana, tomo VIII, 265-310.

Marquardt, D.W., 1963: Soc. Indust. Appl. Math., vol 2.

Rolleri, E.O. y Fernández Garrasino, C.A., 1979: Comarca septentrional de Mendoza; Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 1, 771-809.

Yrigoyen, M.R., 1979: Cordillera Principal; Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 1, 651-694.

TABLA I
PRIMEROS SONDEOS MAGNETOTELURICOS EN LA PROVINCIA DE MENDOZA
SINTESIS CUANTITATIVA

PARAMETRO	SAN MARTIN	EL SOSNEADO	AGUA ESCONDIDA	PAYUN MATRU
Latitud	33°04'S	35°05'S	36°05'S	36°37'S
Longitud	68°28'W	69°34'W	68°21'W	69°19'W
Primera capa conductora:				
Profundidad techo (km)	40	50	50	
Espesor (km)	20	30	25	
Resistividad (ohm m)		10	50	
Conductividad integrada (Siemens)		3000	500	
Segunda capa conductora:				
Profundidad techo (km)	110	150	150	180
Espesor (km)	60	No definido	No definido	15
Resistividad (ohm m)	5			100
Conductividad integrada (Siemens)	12000			

Resumen de resultados.

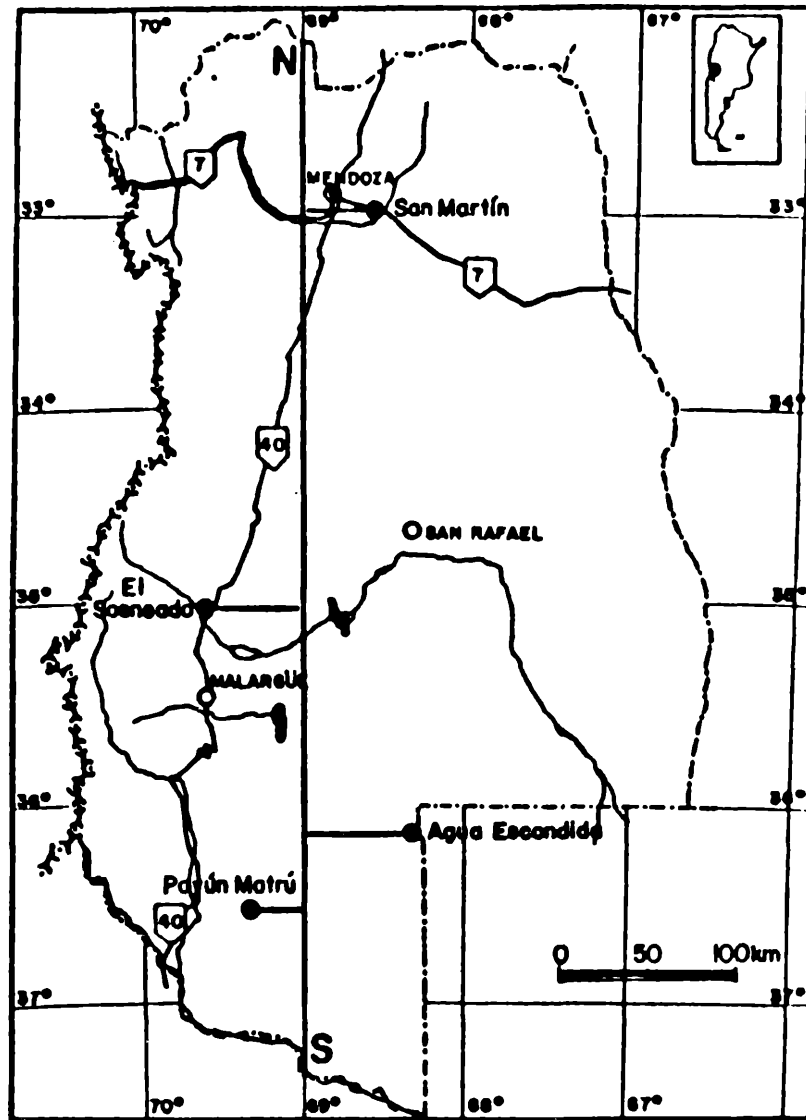
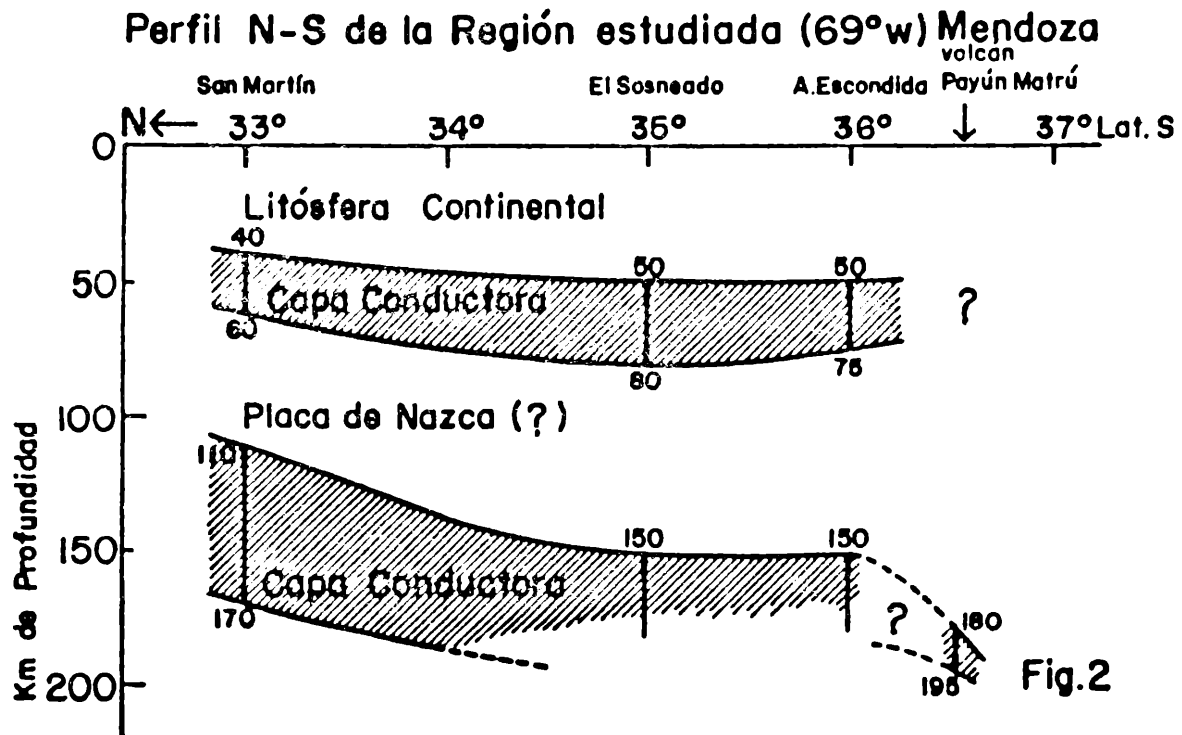


Fig.1

Ubicación de los sondeos magnetotelúricos en la provincia de Mendoza. 1. San Martín. 2. El Sosneado. 3. Agua Escondida. 4. Payún Matrú.



Perfil NS de los sondeos MT, campaña 1984. Abscisa, latitud; ordenada, profundidad. 1. San Martín. 2. El Sosneado. 3. Agua Escondida. 4. Payún Matrú.

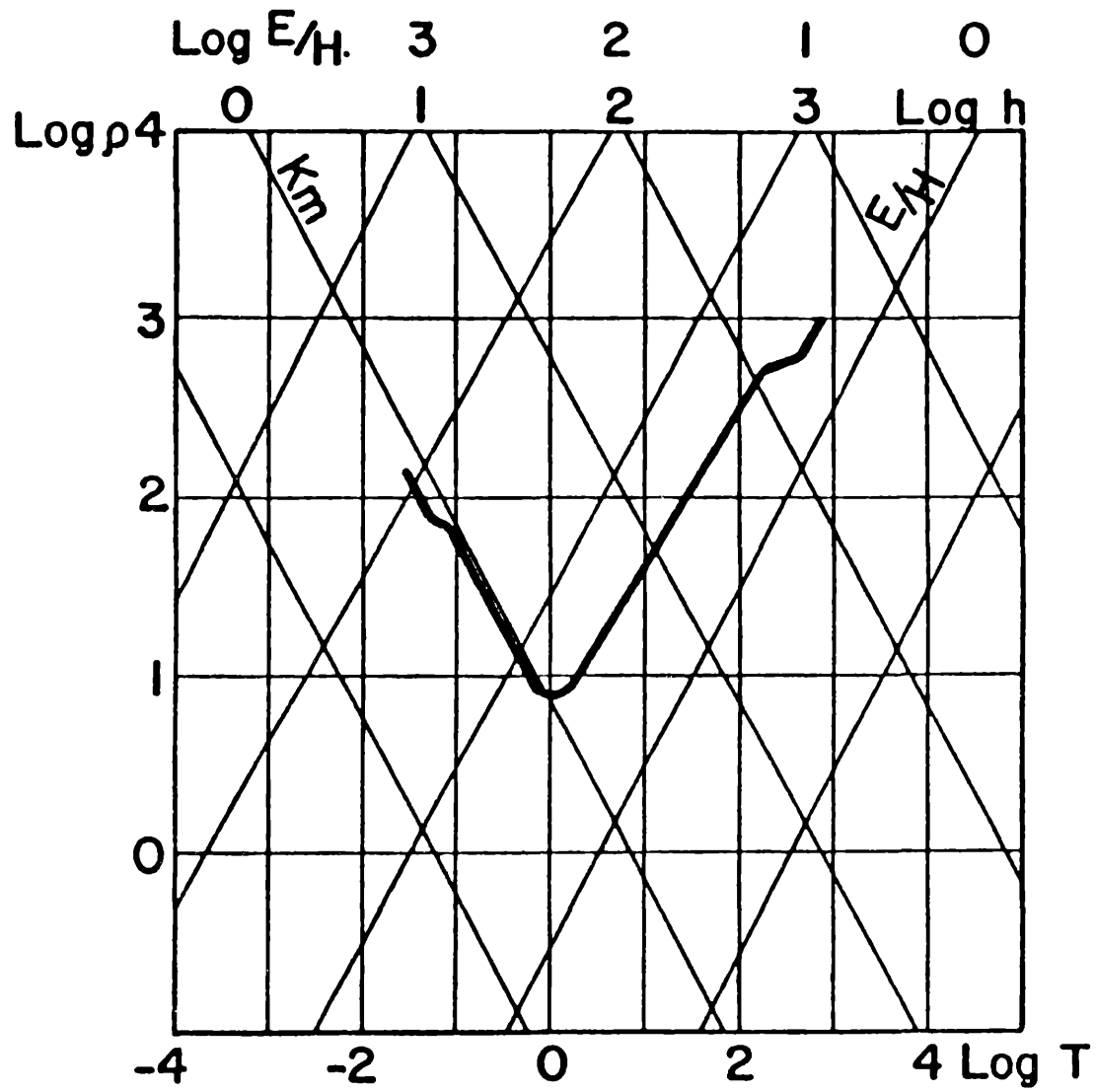


Fig. 3

Representación de un diagrama tetralogarítmico del sondeo realizado en el Payún Matrú.

Log. h: profundidad de los estratos (en km).

Log. E/H: relación entre campo eléctrico y campo magnético.

Log. ρ : resistividad (ohmm).

Log. T: período (en segundos).