

4102

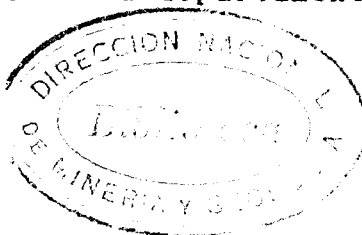
49

DIRECCIÓN NACIONAL de
MINERÍA y GEOLOGIA
MONTEVIDEO

MISIÓN GEOFISICA ALEMANA
en el URUGUAY

Informe

Levantamiento geofísico en dos canteras
de ágatas y amatistas en el departamento de ARTIGAS, Uruguay



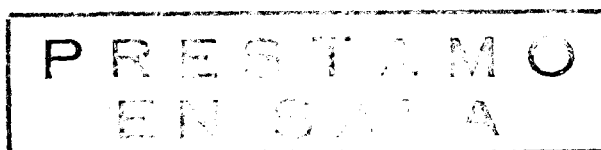
Autores:

G.Reitmayr
C.Gonzalez
M.Tortero

Paginas: 17

Figuras: 17

Montevideo, Febrero 1989



BUNDESANSTALT für GEOWISSENSCHAFTEN
und ROHSTOFFE
HANNOVER

Indice

Resumen	2
1. Antecedentes	3
2. Ubicación geográfica	4
3. Métodos	4
4. Las Mediciones	5
5. Resultados	6
5.1. La Soberana	6
5.2. Cantera Norte	9
Apéndice	
Descripción de los métodos geofísicos	10
La Magnetometria	11
El método electromagnético VLF	13
El método electromagnético GENIE	15
Polarización Inducida	16
Figuras	17

Resumen

En un levantamiento experimental se estudió la posibilidad de la aplicación exitosa de métodos geofísicos en la exploración de ágatas y amatistas en las canteras del departamento de Artigas.

Como método más adecuado se probó el electromagnético VLF. Se identificaron zonas conductoras más o menos paralelas y approx. con rumbos concordantes con alineaciones regionales. Con esto aparentemente se revelan zonas de fracturación que permiten identificar mantos de alteración. Una ayuda valiosa en la planificación de los trabajos en las canteras, se consideran los mapas de la profundidad de la capa superficial alterada, que resultan de mediciones VLF-R.

Se recomienda verificar estas interpretaciones excavando trincheras sobre los conductores y estudiar la interrelación entre las estructuras geofísicas y los bolsones de piedras semipreciosas.

1. Antecedentes

En agosto de 1988, fue realizado por la División Geofísica de la Di.Na.Mi.Ge., en el marco de la Misión Geofísica Alemana, un estudio experimental sobre dos canteras de ágatas y amatistas: "La Soberana" y "Cantera Norte" (departamento Artigas).

Hasta el presente, estos minerales se encuentran distribuidos al azar, sin que existan estudios geológicos, geofísicos, o de otra índole, que permitan establecer una metodología sistemática para su localización.

El objetivo de este estudio, es contribuir a la exploración de las piedras semipreciosas con métodos geofísicos y con eso en la planificación de la explotación de éstas.

La problemática de la exploración geofísica de estos minerales es muy clara: los bolsones, que contienen a éstos, tienen un tamaño bastante pequeño de tal vez un metro o menos. Nuestros métodos geofísicos convencionales no son adecuados para estudiar estructuras tan pequeñas. Además no es probable que las geodas se distingan suficientemente en sus parámetros físicos (como resistividad eléctrica, cargabilidad, magnetización) de la roca caja. Así, seguramente no podemos esperar ver una respuesta de las geodas mismas, y por lo tanto no vamos a poder distinguir calidades distintas de estos minerales. Sin embargo, los afloramientos en las canteras trabajadas muestran una alteración variable en el basalto. Se ven muy bien zonas de rocas más frescas de formas redondas como columnas o bolas grandes separadas. Las dimensiones de estas estructuras son del orden de unos a 10 m o más. Aparentemente estas son las zonas de donde se extraen las piedras semipreciosas.

La idea del levantamiento actual es, producir, mediante métodos aptos para el estudio de estructuras superficiales, mapas de alineaciones estructurales que muestren potencialmente la distribución de estas zonas buscadas.

Una información valiosa adicional será el conocimiento de la profundidad de la capa superficial; la misma puede estudiarse bien con métodos eléctricos o electromagnéticos.

2. Ubicación geográfica

A los efectos de desarrollar el presente trabajo experimental, se seleccionaron dos canteras de ágatas y amatistas.

Ambas se ubican sobre la Ruta 30, en el Departamento de Artigas (figura 1), "La Soberana" del Sr. Ariel Riani, cerca del km 55 de la ruta 40, y "Cantera Norte" del Sr. Gustavo Riani, cerca del km 40.5 de la misma ruta. La primera produciendo desde hace más de 15 años, permite, por el volumen de tierra trabajado, observar "in situ", los diferentes perfiles geológicos que se suceden en el mismo lugar de donde se extraen las bochas de ágatas y amatistas.

"Cantera Norte" tiene casi dos años; el espesor de la capa superficial hasta el basalto más fresco es de pocos metros, generalmente menor que en "La Soberana".

3. Métodos

Como métodos más adecuados y disponibles fueron seleccionados: VLF y VLF-R (Very low frequency - Electromagnetismo de baja frecuencia) con la capacidad de alta resolución en la superficie y Magnetometría como método estándar. Unos perfiles fueron medidos con el método GENIE y en Cantera Norte se aplicó también PI (Polarización inducida). Para las medidas VLF usamos el instrumento Geonics EM16/R con transmisor propio TX27 (frecuencia 16.55 kHz), accionado por un generador, que se dispuso a approx. 1.5 km de distancia de la zona de las mediciones. El magnetómetro es Geometrix G816, que mide el campo total; con el instrumento Genie Scintrex SE88, se usaron tres pares de frecuencias 3037/337, 1012/337 y 337/112 Hz. PI fue medida con Scintrex IPR8 y transmisor TSQ3. (Descripción de los métodos ver apéndice)

4. Las Mediciones

El levantamiento geofísico fue realizado del 18.8. al 25.8.88 por los tres informantes *Dr.G. Reitmayr* (BGR - Hannover), *Ing.Agrim. Carlos H.Gonzales* y *Lic. Mario Torterolo* (División Geofísica, Di.Na.Mi.Ge.), y los ayudantes de campo *Carlos Acosta* y *Julio Rocha*.

En "La Soberana" se identificaron dos áreas, luego de un recorrido por el lugar, en las cuales se observó la geología y la zona de laboreo. Se mantuvieron conversaciones con las personas encargadas de los trabajos diarios a los efectos de considerar también sus opiniones en lo referente a las zonas aledañas con iguales perspectivas de frecuencia de mineralizaciones. Una de ellas se encuentra al NE de las instalaciones limitrofe con la zona de laboreo, y la otra al Sur de las mismas, a unos 500 metros de las actuales zonas de laboreo (ver Fig.2).

Se optó por desarrollar el trabajo de campo en la zona indicada en primer lugar, por poder correlacionar los perfiles geológicos que se muestran por causa del laboreo, y se reservó la segunda area de trabajo para una posible futura campaña geofísica. En el area seleccionada, se dispuso de una malla regular de 600 por 600 metros, espaciada cada 50 metros. Las mediciones se realizaron en el largo de los 13 perfiles (00, 50W, ..., 600W). A ambos lados de la linea base con el azimut de N45W (dirección del los perfiles N45E), se tomaron 300 metros hacia el Norte y Sur respectivamente, según Fig.3. El perfil 00 se tomó 250 metros hacia SE y paralelo al alambrado que figura en la foto aerea, y también en la figura referida.

Las medidas magnéticas se realizaron sobre todos los puntos de la malla, y cuando el gradiente local lo hacia necesario, se realizaron medidas intermedias, para poder captar las variaciones adecuadamente.

Las medidas VLF se realizaron utilizandose el emisor propio TX27 con sus dos electrodos dispuestos a 500 y 400 metros de distancia del emisor, definiendo una linea paralela a la linea de base antes mencionada. Se realizaron igualmente medidas cada 25 metros, o menos (en los perfiles), según el gradiente local, afectando a la totalidad de la malla con esta metodologia. Igual sistema se aplicó con VLF-R, midiendose cada 25 metros en los perfiles del 00 al 400W.

El método Genie fue aplicado sobre los perfiles 00, 50W y 100W, con un espaciamiento de 50 metros entre emisor y receptor, y un incremento entre puntos de 12.5 metros.

En "Cantera Norte", se dispuso de una malla rectangular regular, de 500 metros por 200 metros, con una dirección N30°E de azimut de los perfiles. Los perfiles medidos en cada oportunidad, así como el ancho de la malla, varían según el método aplicado. Un "punto cero" fue establecido cerca de las instalaciones del personal de cantería, al norte del alambrado que separa las mismas de la zona de laboreo. Las mediciones se realizaron a lo largo de los perfiles 00, 50W, 100W, 150W, 200W. También, se realizaron algunos perfiles al Este.

Los métodos de exploración que se aplicaron en esta cantera fueron: magnetometría, PI - gradiente, Genie, VLF y VLF-R. Asimismo las medidas VLF y VLF-R se realizaron con el emisor propio TX27. El método Genie se aplicó en las frecuencias de 3037/112, 1012/112 y 337/112 Hz. En el método de PI - gradiente se colocaron los dos electrodos a una distancia de 830m y se ubicaron en una línea paralela a la rumbo de los perfiles.

5. Resultados

5.1. La Soberana

Los resultados más importantes de las mediciones están graficados en las figuras 4 a 11. Dos perfiles característicos VLF se dibujaron en la fig.5. Las flechas marcan anomalías principales. Los conductores en VLF se muestran por un cambio en la polaridad encima de sus centros: en in-phase, bajo las convenciones usadas, de positivo a negativo (de izquierda a derecha), en out-of-phase los dos tipos de cambios son posibles. Así, hay anomalías, en las cuales las dos curvas cambian su polaridad en el sentido paralelo y otras antiparalelo. (ver apéndice).

La mayoría de las anomalías en "La Soberana" son antiparalelas (en fig.5 flechas de arriba a abajo), sin embargo, existen unas paralelas (flecha hacia arriba). Para obtener resultados mejor graficables y, por lo tanto, para obtener los extremos de valores

encima de los conductores, se les aplican frecuentemente manipulaciones adecuadas a los datos. Nosotros preferimos la deriva horizontal. En fig. 4 se dibujan las isoclinas positivas (conductores verdaderos) de la in-phase derivada. Con colores se marcan las anomalías que tienen una coincidencia con anomalías en out-of-phase: amarillo - anomalías "paralelas" (misma polaridad en la deriva), rojo - anomalías "antiparalelas"

En este mapa se revela un sistema de conductores más o menos paralelos. Con anchos en las anomalías (distancia horizontal entre mínima y máxima o entre líneas cero correspondientes de la derivada) de aprox. 50m o poco más, resulta una profundidad de 25m para un conductor fino. Seguramente las profundidades verdaderas son menores, esto significa conductores más anchos, como también está indicado en la forma de las anomalías. Los rumbos se desvían 10 a 30° en el sentido de la aguja del reloj de la dirección WE (N100-120°E). La causa más probable de estos conductores son fracturas en el basalto que llevan un tenor de agua y material arcilloso mayor de lo normal. Serían entonces zonas de alteración más alta. Es interesante ver como las cintas conductoras aparecen interrumpidas por lineaciones en direcciones NS, dibujadas en la fig.4.

Los parámetros medidos en VLF-R son la resistividad aparente ρ_a (fig.6) y una fase ϕ entre el campo eléctrico y magnético. Una gran parte de los puntos medidos llevan una fase menor que 45°. Para el modelo simple manejable en VLF-R eso significa: capa superficial mejor conductora que el semiespacio inferior. Considerando la resistividad de la capa superficial ρ_1 como conocida, se puede calcular desde los valores medidos ρ_a y ϕ , los otros dos parámetros del modelo: resistividad del semiespacio abajo ρ_2 y el espesor h de la capa superficial. Con la resistividad fija $\rho_1 = 30 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$ se dibujó este espesor h en la fig.7 (valores en metros), que debería mostrar la alteración superficial. El valor asumido para ρ_1 tiene una influencia sobre el espesor, y por esa razón se tienen que considerar las profundidades en fig.7 como valores relativos. Sin embargo, la distribución de zonas de poca profundidad y de profundidades más grandes tendría que dar una buena imagen de la alteración en la región. Los puntos de medición están marcados en la fig.7 con asteriscos. Donde ellos faltan, no es posible una interpretación a dos capas y el poder asumir que $\rho_1 = 30$. Antes de la

isolineación, fue aplicado un débil filtro.

Un perfil representativo del método GRNIE esta dibujado en la fig.9. Genie, que fue diseñado para descubrir conductores muy buenos, claramente no es el método más adecuado para las metas de este levantamiento. Nuestra intención fue, adquirir experiencia con este método y también chequear el instrumento, que no se había usado durante largo tiempo. No obstante, por lo tanto con la frecuencia más alta disponible (fig.8) se expresan bien, por minimos característicos en los valores, los conductores ya identificados en VLF. En areas de poca variación lateral (ejemplo alrededor de -200 o de cero en fig.9) nuestras medidas con tres pares de frecuencias permiten deducir la resistividad de un semiespacio homogéneo equivalente según el diagrama interpretativo en el Manual Genie (Scintrex). Los valores leídos indican una resistividad de 60 a 70 Ohm*m.

Los datos magnéticos se destacan por una heterogenidad alta. Cambios de unos cientos de Nanotesla (nT) en poca distancia ocurren frecuentemente - como es de esperar en basaltos. Graficando los datos originales en un mapa de isoanomalías resulta una imagen bastante errática. Una interpretación estructural apenas parece factible. El proceso para obtener una mejor orientación es la continuación del campo magnético por arriba. En fig.10 se grafica el campo continuado por 50 m y en fig.11 después de la reducción al polo (ver apéndice). En el último mapa se ven aparentemente las lineaciones en dirección NS, ya mencionadas en VLF. Los minimos que aún persisten en el mapa reducido son grandes. Así indican probablemente la existencia de magnetizaciones remanentes, y por esa razón se dificultan las interpretaciones cuantitativas. La información contenida en estos mapas magnéticos aparentemente no nos da muchos elementos de ayuda en la exploración de las piedras semipreciosas.

5.2. Cantera Norte

Los resultados VLF (fig.12) muestran igualmente como en "La Soberana" las franjas de conductores. Llama la atención, sin embargo, que la mayoría de las anomalías en esta zona son de tipo "paralelo" (ver cap.5.1). Tal vez esto tenga que ver con la menor profundidad del basalto fresco. Los rumbos también parecen distintos. Ocurre un giro (comparado con fig.4) de approx. 30° en el sentido horario (N140-150°E). Con eso ellos coinciden con las lineaciones de carácter regional, por ejemplo dibujadas en el mapa geológico del país. También en esta zona se tendría que verificar la causa geológica de los conductores, lo que es más fácil por la profundidad menor hasta la roca fresca. Lo dicho últimamente está bien confirmado en la fig.14, que muestra las profundidades de la primera capa, mejor conductora, derivadas de los datos VLF-R (resistividad aparente en fig.13). Para poder aplicar el modelo simple, y para VLF-R adecuado, de dos capas se tenía que asumir una resistividad superficial ρ_{01} de 20 Ohm*m, un valor un poco menor que en "La Soberana". En la parte norte las rocas frescas casi afloran (profundidades de uno a dos metros), lo que coincide bien con las observaciones en el campo. La cuenca cerca de 0/225N marca la meteorización más profunda en la zona donde un arroyo pasa.

Para los resultados magnéticos (fig.17), datos originales menos 23200 nT) vale algo similar, como lo dicho para "La Soberana": no se reconoce mucha información que ayudaría en el trabajo de los canteristas. Magnetizaciones remanentes también parecen desempeñar un rol en esta zona.

Las resistividades calculadas de las medidas de polarización inducida (fig.15) muestran una buena coincidencia con los conductores identificados con VLF (comparar fig.12). Las cargabilidades, en cambio, parecen expresar otra realidad. Los rumbos son distintos en parte. La cargabilidad frecuentemente está vinculada con el tenor de sulfuros en la roca. Cabe preguntar a los geólogos, si la causa de las cargabilidades bastante altas medidas podrían ser sulfuros finamente diseminados. Concentraciones más fuertes como cuerpos sulfúricos discretos seguramente no fueron encontrados.

Apèndice:

Descripción de los métodos geofísicos

Literatura general sobre geofísica aplicada:

- Astier, J.L.:** Geofísica aplicada a la hidrogeología. Paraninfo Madrid; 1981
- Bender, F. (Publ.):** Angewandte Geowissenschaften - Band 2. F.Enke Verlag, Stuttgart; 1985
- Grant, F.S, G.F.West:** Interpretation Theory in Applied Geophysics; McGraw-Hill New York; 1965
- Hood, J. (Publ.):** Geophysics and Geochemistry in the Search for Metallic Ores. Geol.Surv.Canada Ottawa; 1979
- Keary, P., M.Brooks:** An Introduction to Geophysical Exploration. Blackwell Sci. Pub. Oxford; 1984
- Soc. Expl.Geophysicists:** Mining Geophysics I & II; SEG Tulsa USA; 1969
- Telford, Geldart, Sheriff, Keys:** Applied Geophysics; Cambridge Univ. Press, Cambridge; 1976

La Magnetometria

La **magnetización** de la materia es un fenómeno físico fundamental. La causa básica esta relacionada con movimientos de cargas eléctricas en el régimen atómico.

En la geofísica estudiamos el campo magnético de la tierra. Lo que llamamos la magnetometria se ocupa con el campo (casi) estático, por eso la denominación exacta seria **magnetostática**.

Hay disciplinas geofísicas que tratan las variaciones temporales del campo magnético. Eso es el ámbito amplio de la electro-magnética.

El origen del campo magnético se encuentra en su mayor parte en el interior profundo de la tierra. En la geofísica aplicada, nos interesamos por desviaciones del campo global o también regional de la tierra, lo que llamamos **anomalías magnéticas**. Las causas de estas anomalías son heterogeneidades en la susceptibilidad magnética de las rocas. La susceptibilidad esta definida como el factor de proporcionalidad entre campo magnético y magnetización. Los portadores de la magnetización más importantes en la naturaleza son los minerales magnetita y pirrotita. Rocas diferentes como efusivas, intrusivas o sedimentarias se distinguen por tenores diferentes de magnetita y así pueden ser diferenciadas por la magnetometria.

El campo magnético es un **campo vectorial**, lo que significa que no solamente puede variar su fuerza de un punto al otro, sino también sus direcciones **inclinación y declinación**. En la aplicación se limita casi siempre a medir solamente componentes del campo, por ejemplo la componente vertical o el campo total (el módulo de la fuerza solamente), por razones de facilitar la técnica de la medición.

Existen dos tipos de **magnetizaciones**, una inducida y una remanente. La primera existe solamente en presencia de campos externos, es proporcional a aquellos y asume la misma dirección. Las remanencias son magnetizaciones casi congeladas. Ellas se generan cuando la roca se enfria por debajo de una temperatura específica (temperatura Curie) y asume una dirección del campo externo de ese momento. Las remanencias dificultan las interpretaciones.

Otra propiedad importante del campo magnético es que es un **campo potencial**. Eso significa que tiene propiedades matemáticas

específicas, que permiten ciertas manipulaciones con los datos. Una de las propiedades es el poder calcular el campo en cualquier punto del espacio, si se conoce el campo en una superficie cerrada. Así se puede realizar la llamada "continuación". Por ejemplo podemos calcular el campo que se mediría desde un avión, continuando el campo medido hacia arriba. Este proceso es un filtro específico. Otra posibilidad es la "reducción al polo". En el polo las anomalías magnéticas se comportan mucho más sencillo: las máximas se encuentran encima de los cuerpos (como en la gravimetría por ejemplo); las influencias distorsionantes de la inclinación del campo desaparecen. Específicamente valioso en localizar los cuerpos distorsionantes es la segunda derivada del campo después de la reducción. La línea cero inclina a delinear los bordes de los portadores de la magnetización.

Literatura especial:

Breiner, S.: Applications Manual for Portable Magnetometers.
Geometrics California; 1973

Hahn, A.: Geomagnetik ; in: Angewandte Geowissenschaften II; F.Enke
Verlag Stuttgart; 1985

Roux, A.T.: The Magnetic Method; Geophysical Field Manual for
Technicians No.1. South African Geophys. Ass.; >1976

El método electromagnético VLF

En VLF se utilizan los campos electromagnéticos irradiados por **transmisores comerciales** o militares en la banda muy larga, normalmente situados a gran distancia. Estos campos primarios inducen en conductores en el subsuelo corrientes, que a su vez generan campos electromagnéticos secundarios, que son los que medimos.

En el Uruguay estamos muy lejos de las estaciones disponibles, y las señales normalmente son demasiado débiles. Por esta razón usamos un emisor propio. VLF es la abreviación de very low frequency (muy baja frecuencia, 15 - 30kHz) que es la denominación de la técnica de radio. En la geofísica estas frecuencias son las más altas usadas. Debido a las altas frecuencias, la penetración de las ondas VLF es limitada a unos diez metros (cuanto mejor conductor el subsuelo tanto menos penetración). Otro impedimento en VLF es la restricción a una frecuencia sola y a una dirección de excitación. El campo magnético es linealmente polarizado perpendicular a la dirección hacia el emisor. Con una frecuencia se obtiene poca resolución en la profundidad, con una excitación unidireccional no se obtiene una respuesta de conductores paralelo a esta dirección. No obstante, VLF tiene una gran ventaja: la medición es fácil y rápida. El método es bien apto para el mapeo litológico y para estudios estructurales.

Hay dos versiones de VLF: VLF mismo y VLF-R

En VLF se mide la elipse de la polarización del campo magnético. Un valor llamado In-phase es la inclinación del eje mayor, el otro Out-of-phase es la relación entre el eje menor y mayor. Los dos están expresados en porcentajes. Los resultados están dibujados a lo largo de perfiles. Conductores, en VLF se muestran por un cambio de la polaridad encima de sus centros: en in-phase, bajo las convenciones usadas, de positivo a negativo (de izquierda a derecha), en out-of-phase los dos tipos de cambios son posibles. Así hay anomalías en cuales las dos curvas cambian su polaridad en el sentido paralelo y otras antiparalelo. Teóricamente no hay una explicación clara para la existencia de estos dos tipos de anomalías VLF. Cálculos en modelos muestran, que los mejores conductores obviamente causan más frecuente anomalías "antiparalelas". La información más importante extraída de mediciones VLF es, salvo los lugares de los

conductores, la profundidad de ellos. Para que se obtengan valores mejor graficables en un mapa, se aplican frecuentemente manipulaciones analíticas, que generen extremos en lugares donde se encuentran los conductores. Nosotros preferimos la técnica denominada derivada horizontal.

En VLF-R se miden las componentes horizontales y mutuamente perpendiculares del campo magnético y del campo eléctrico. Los parámetros de la medición son la resistividad aparente y la fase entre las dos componentes. Con los dos valores medidos ρ_{0a} y ϕ se puede manejar solamente un modelo simple: capa superficial sobre el semiespacio inferior. La situación más simple para este modelo es la aceptación de una aisladora por debajo. De los dos valores medidos se pueden calcular el espesor y la resistividad de la capa superficial. Para un modelo más real hay que considerar la resistividad de la capa superficial ρ_{01} como conocida. Así se pueden calcular los otros dos parámetros del modelo: resistividad del semiespacio inferior ρ_{02} y el espesor h de la capa superficial. El valor asumido para ρ_{01} tiene una influencia sobre el espesor resultante y por esta razón se tienen que considerar las profundidades como valores relativos. Una fase de 45° significa un caso especial para el modelo mencionado, es decir semiespacio homogéneo, $\rho_{01} = \rho_{02}$. $\phi > 45^\circ$ - capa superficial menos conductora, $\phi < 45^\circ$ - mejor conductora. La metodología descrita (detalles matemáticos se encuentran en el Manual VLF de GEONICS) es muy benéfica para estudiar la capa de alteración.

Literatura especial:

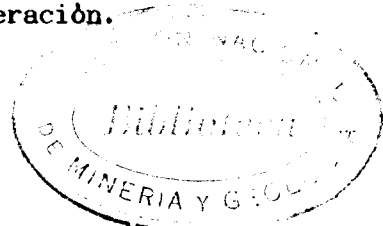
Geonics Ltd.: Operating manual for EM16 VLF-EM and EM16R.

Mississauga Ontario; 1983

Vozoff, K., T.R.Madden: Selected Plots from the VLF Model Suite.

Lexington USA; 1971

Zijl, J.S.V van, E.O.Koestlin: The Electromagnetic Method; Geophysical Field Manual for Technicians No.3. South African Geophys. Ass.; 1985



El método electromagnético GENIE

GENIE de la compañía Scintrex, Canadá, es una modificación del método geofísico clásico "Horizontal Loop" o "Slingram". En Slingram se genera mediante una corriente alternante en una bobina, orientado horizontalmente en la superficie de la tierra, un campo magnético primario de la forma de un dipolo vertical. En una distancia fija (entre 25 a 150 m approx.) se mide mediante una bobina receptora, también orientada horizontalmente, un campo magnético, que consiste en un campo primario en esta distancia y una parte secundaria de las corrientes inducidas en el subsuelo. El arreglo de las bobinas está movido a lo largo de perfiles y se tratan de medir cambios perpendicular al rumbo geológico. Parámetros de la medición son un valor in-phase y un valor out-of-phase del campo secundario. Una anomalía típica de un cuerpo discreto tiene la forma de una "U" con hombros laterales. El ancho de la anomalía para cuerpos finos es igual a la distancia entre las bobinas; para cuerpos más anchos se adiciona el ancho. La profundidad, hasta la cual se puede obtener información es en el orden de la mitad de la distancia entre las bobinas.

Para poder separar la parte secundaria del campo total medido hay que calcular teóricamente el campo primario. El último varía a la tercera potencia de la distancia entre las bobinas. Por esta razón se tiene que mantener la distancia con el máximo de exactitud (el error debe que ser <1%).

Esta dificultad práctica se evita con Genie: no se miden fuerzas del campo, pero un parámetro solo: la razón de las señales de pares de frecuencias, emitidas al mismo tiempo. Errores en la distancia influyen igualmente y así se compensan. Influencias de la topografía también pueden desprejarse; en Slingram convencional hay que aplicar correcciones. Pares de frecuencias estándar con Genie son: 3037/112, 3037/337, 1012/112, 1012/337, 337/112 Hz. Genie fue diseñado para la búsqueda de sulfuros masivos, y por esta razón tiene su óptimo rendimiento en la presencia de muy buenos conductores.

Literatura especial:

Scintrex Ltd.: Interpretation Manual Scintrex Se-88 Genie
Electromagnetic System. Concord Ontario; 1983

Polarización Inducida

La polarización inducida (PI) se define como el comportamiento eléctrico dispersivo de la materia con bajas frecuencias de approx. 0.01 a 1000Hz. En otras palabras, ella es la dependencia de la resistividad eléctrica de la frecuencia. La polarización tiene nada que ver con la inducción electromagnética, que es un fenómeno físico autónomo.

Polarizaciones nacen cuando existen tipos diferentes de mecanismos de conducción eléctrica. Normalmente la conducción en las capas superficiales de la tierra es electrolítica. Partículas metálicas o sulfúricas poseen una conductividad electrónica y con esta causan una PI. Un aspecto importante de la PI es que se trata de un efecto de las superficies de estos minerales y menos del volumen de los mismos. Por esto las amplitudes PI aparecen tanto mayores cuanto más fina es la distribución en la roca. PI es el único método que puede detectar mineralizaciones diseminadas, que tienen una gran importancia económica.

Hay dos maneras de medir la polarización inducida: en el dominio de frecuencia o en el dominio del tiempo. Nosotros realizamos lo segundo: mediante dos electrodos se envía una corriente constante al suelo durante unos segundos. De pronto esta corriente se interrumpe y se observa mediante otros dos electrodos la caída del potencial, que no desaparece inmediatamente. Cuanto más "cargable" es el material, tanto más lento es la caída. La medida de la cargabilidad M_a es el voltaje $V(t_j)$ a un tiempo t_j , definido después de la interrupción de la corriente (por ej. después 150 ms), normalizada con el voltaje V_0 , brevemente antes del corte de la corriente:

$$M_a = \frac{1}{V_0(t_2 - t_1)} * \int_{t_1}^{t_2} V(t) \cdot dt; \quad t_j = \frac{t_2 - t_1}{2}$$

Como segundo parámetro siempre se determina también la resistividad eléctrica con mediciones PI.

El arreglo práctico de los electrodos en el campo normalmente es colineal. Un dispositivo importante es el llamado Dipolo/Dipolo: los electrodos de la corriente forman un dipolo (exactamente un bipolo)

del largo "a" (ej. 50m), y en una distancia de $n \cdot a$ ($n=1,2,3,\dots$) se ubica el dipolo de los electrodos del voltaje. Los datos se grafican en pseudosecciones o en perfiles para cada n , los cuales son superpuestos en una gráfica. La profundidad, hasta la cual se puede obtener información, es del orden de uno a dos largos del dipolo.

Un otro dispositivo frecuentemente usado en PI es Gradiente: los electrodos de la corriente están instalados muy lejos a ambos fines de los perfiles y con un dipolo de los electrodos del voltaje con una distancia fija, se mide a lo largo de los perfiles. Interpretaciones en PI normalmente son semicuantitativas. La información más importante es la localización de los cuerpos mineralizados, sus dimensiones y características geométricas, sus profundidades y posiblemente sus tenores sulfúricos.

Literatura especial :

- Bertin, J., J.Loeb: Experimental and Theoretical Aspects of Induced Polarisation; Bortrger Berlin Stuttgart; 1976
- Geoscience Inc.: Resistivity and Induced Polarisation Cross Sections. USA; 1965
- Reitmayr, G: Induzierte Polarisation; in: Angewandte Geowissenschaften II; F.Enke Verlag Stuttgart; 1985
- Sumner, J.S.: Principles of Induced Polarisation for Geophysical Exploration; Elsevier Amsterdam; 1976

PLANO DE UBICACION DE LAS CANTERAS

Carta Catalan y Masoller

Escala 1:100 000

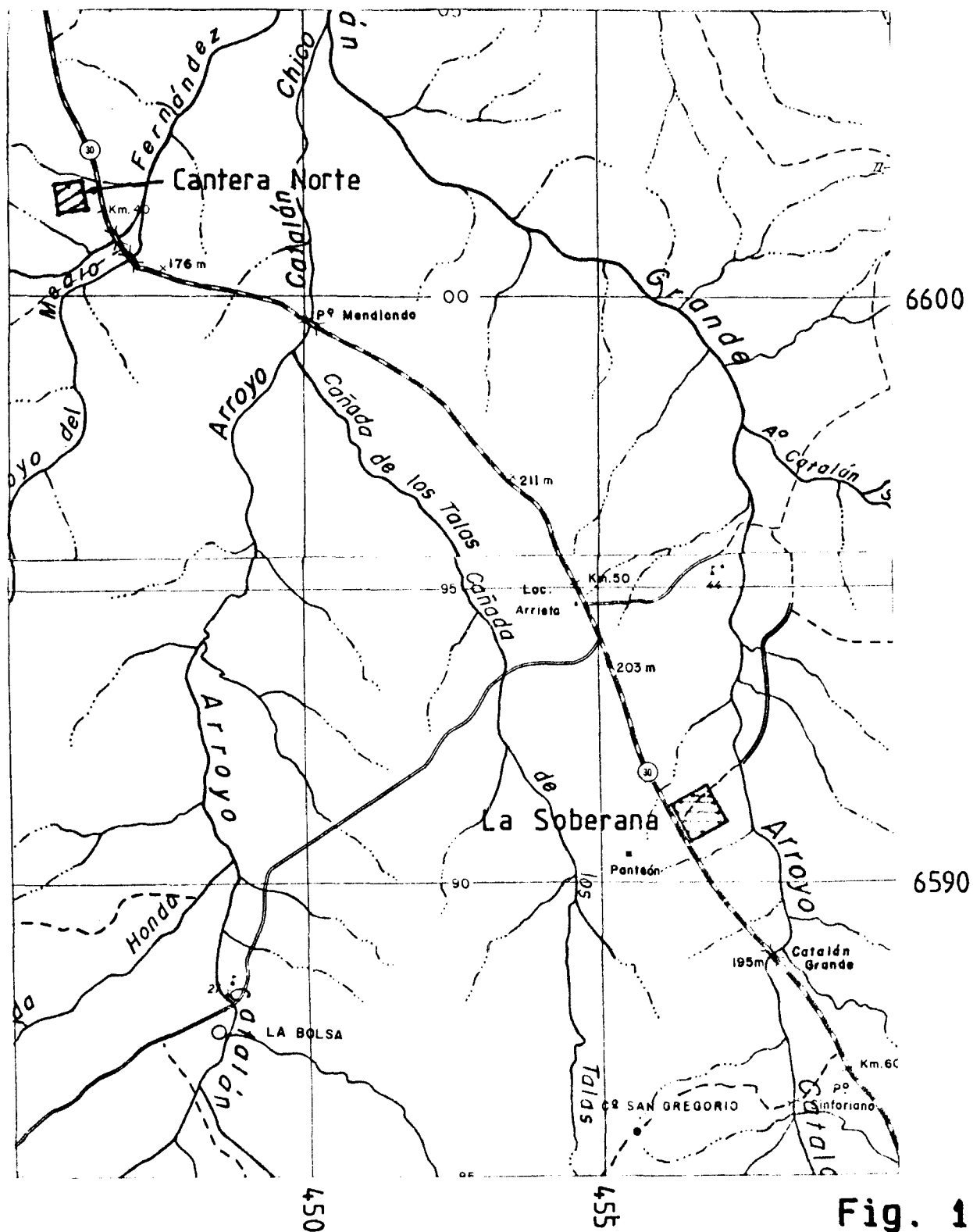


Fig. 1

Croquiz de la cantera La Soberana

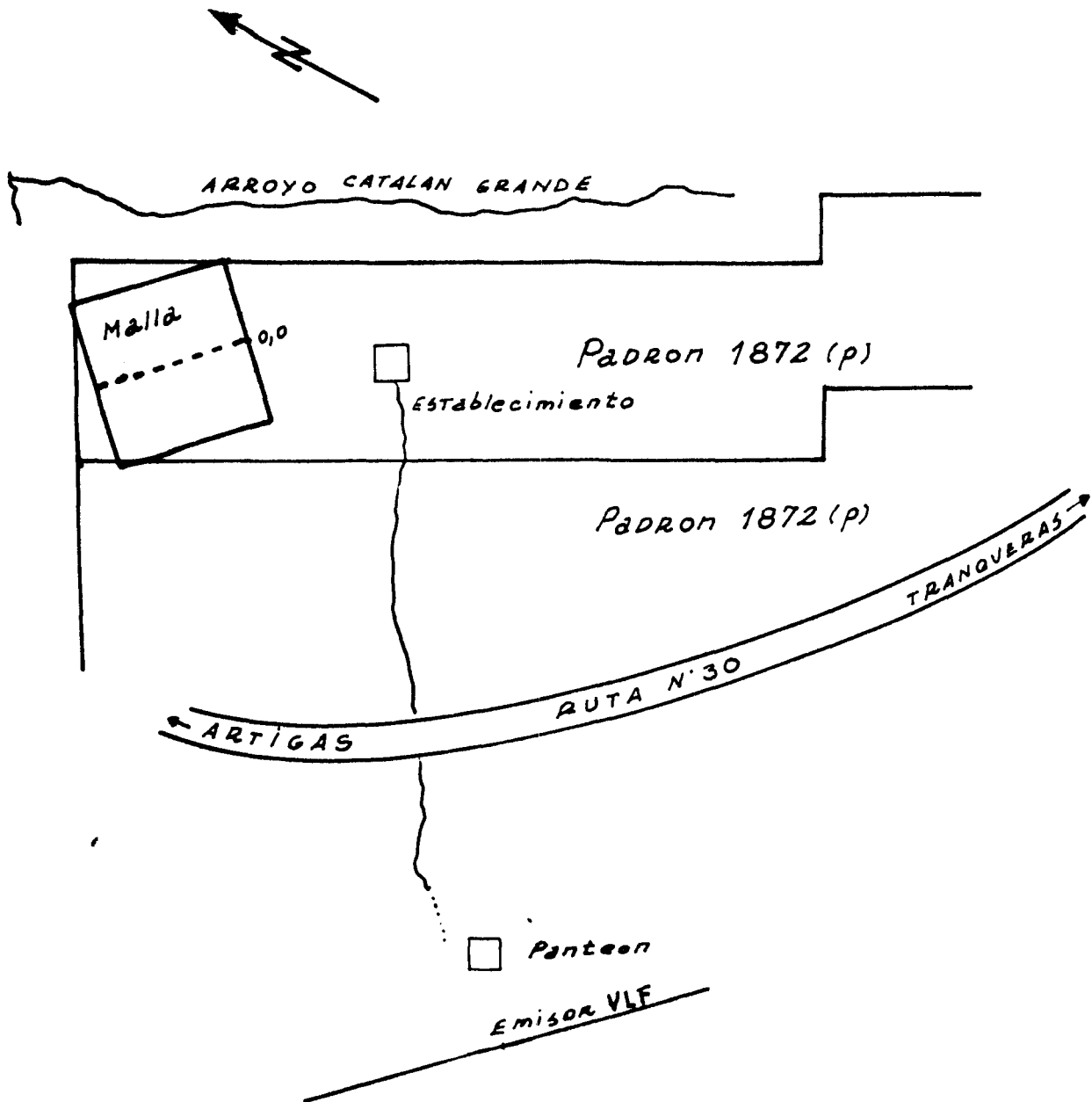


Fig. 2

Croquiz de Cantera Norte

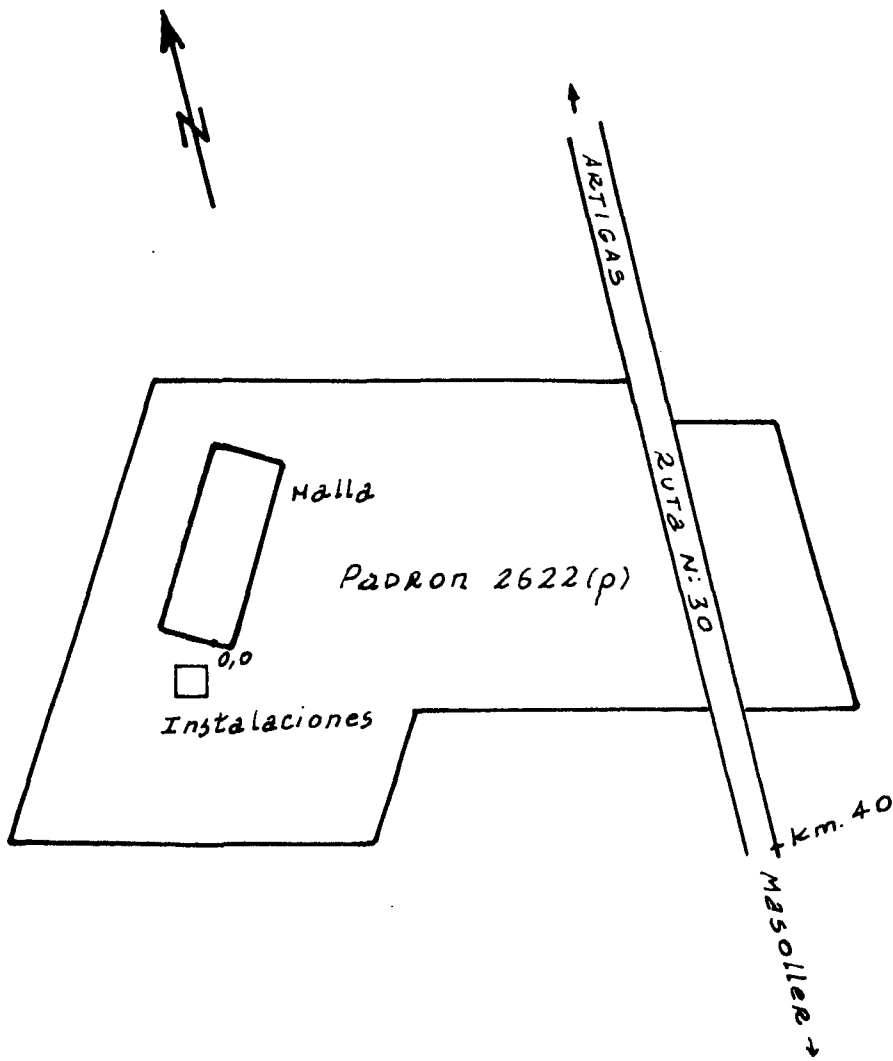


Fig. 3

La Soberana VLF In-phase derivada

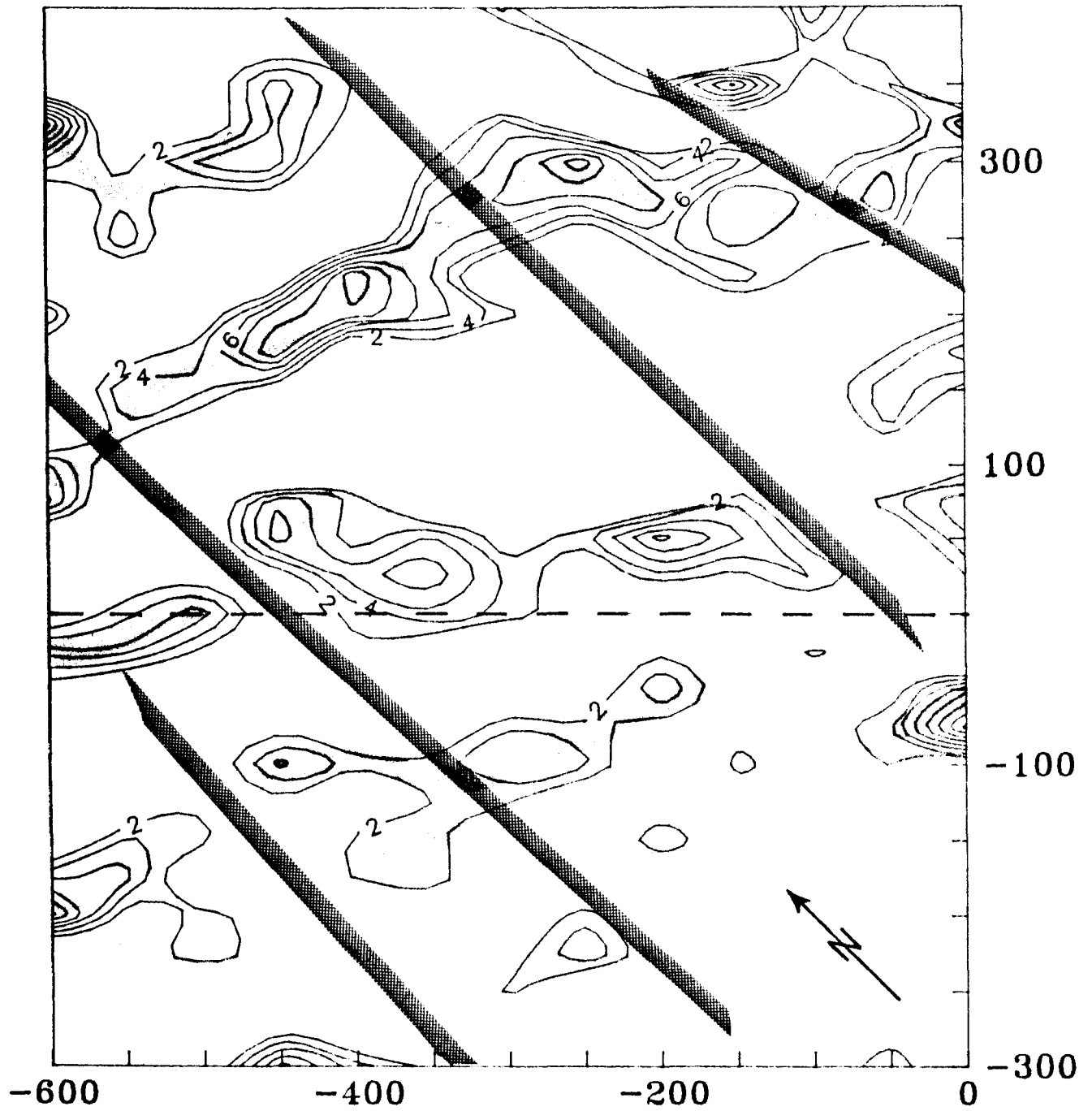
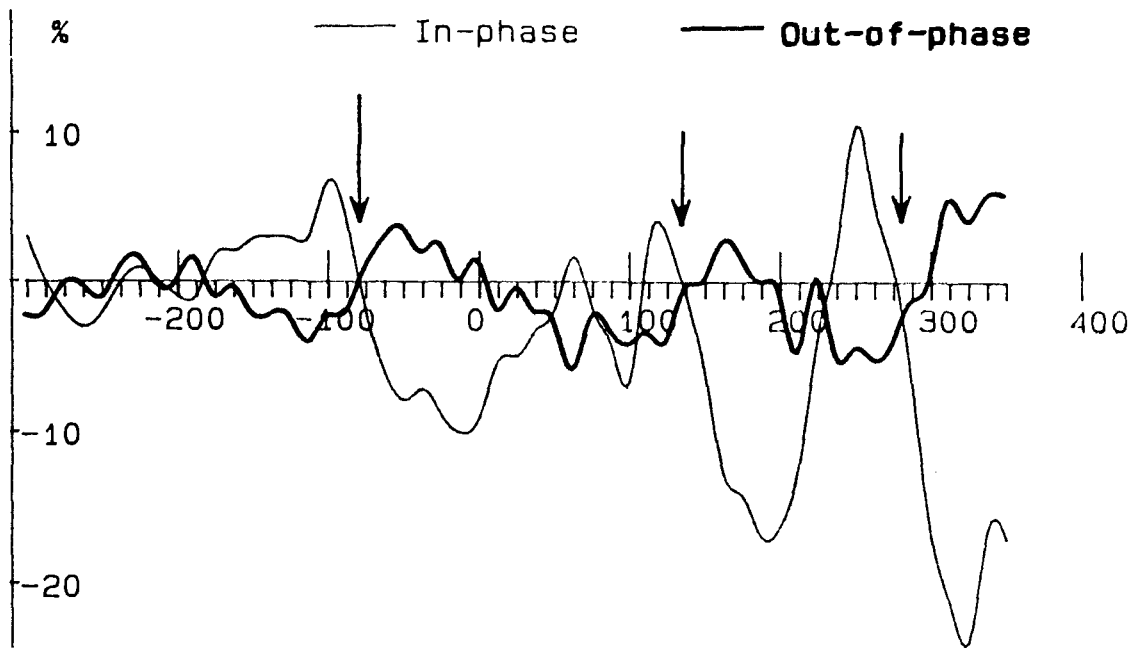


Fig. 4

La Soberana 50W VLF 16.55 KHz 8.88



La Soberana 150W VLF 16.55KHz 8.88

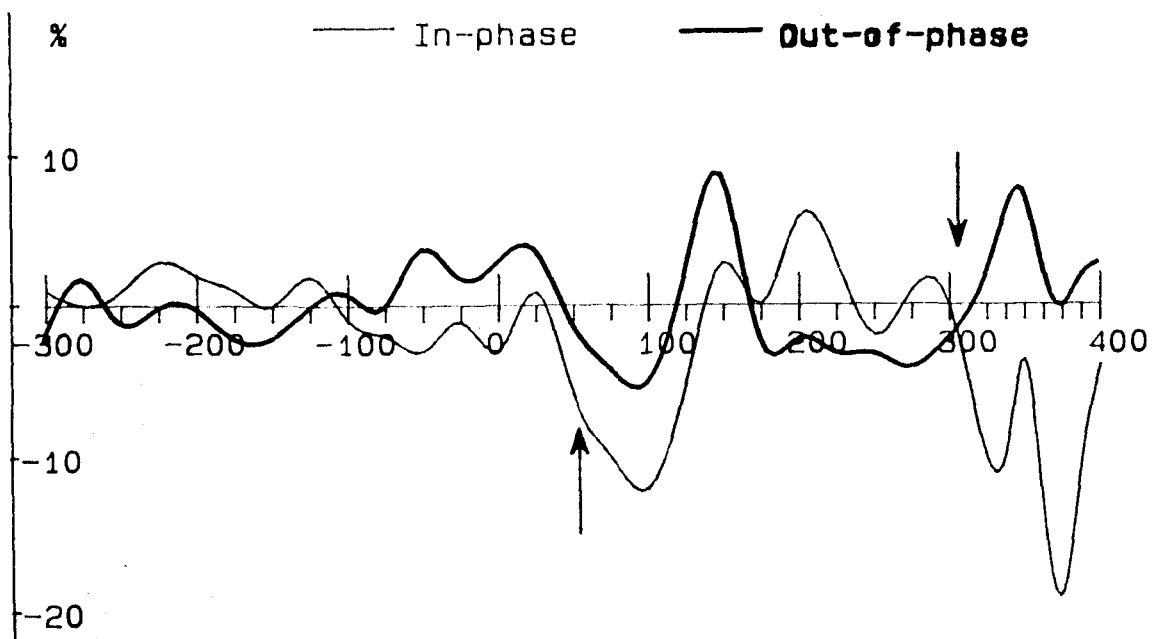


Fig. 5

La Soberana VLR Resistividad

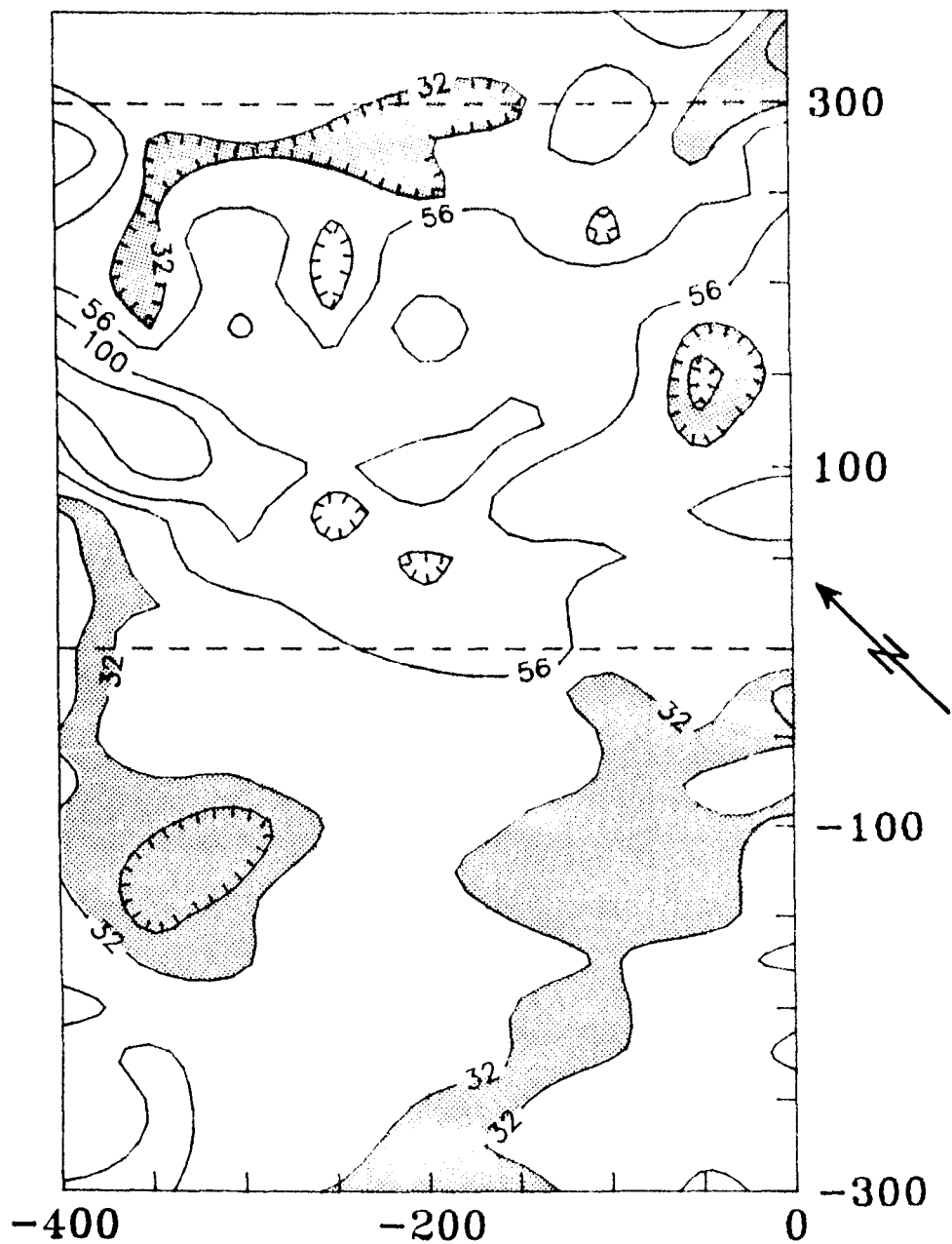


Fig. 6

La Soberana VLR Profundidades 1. capa (Rho1=30)

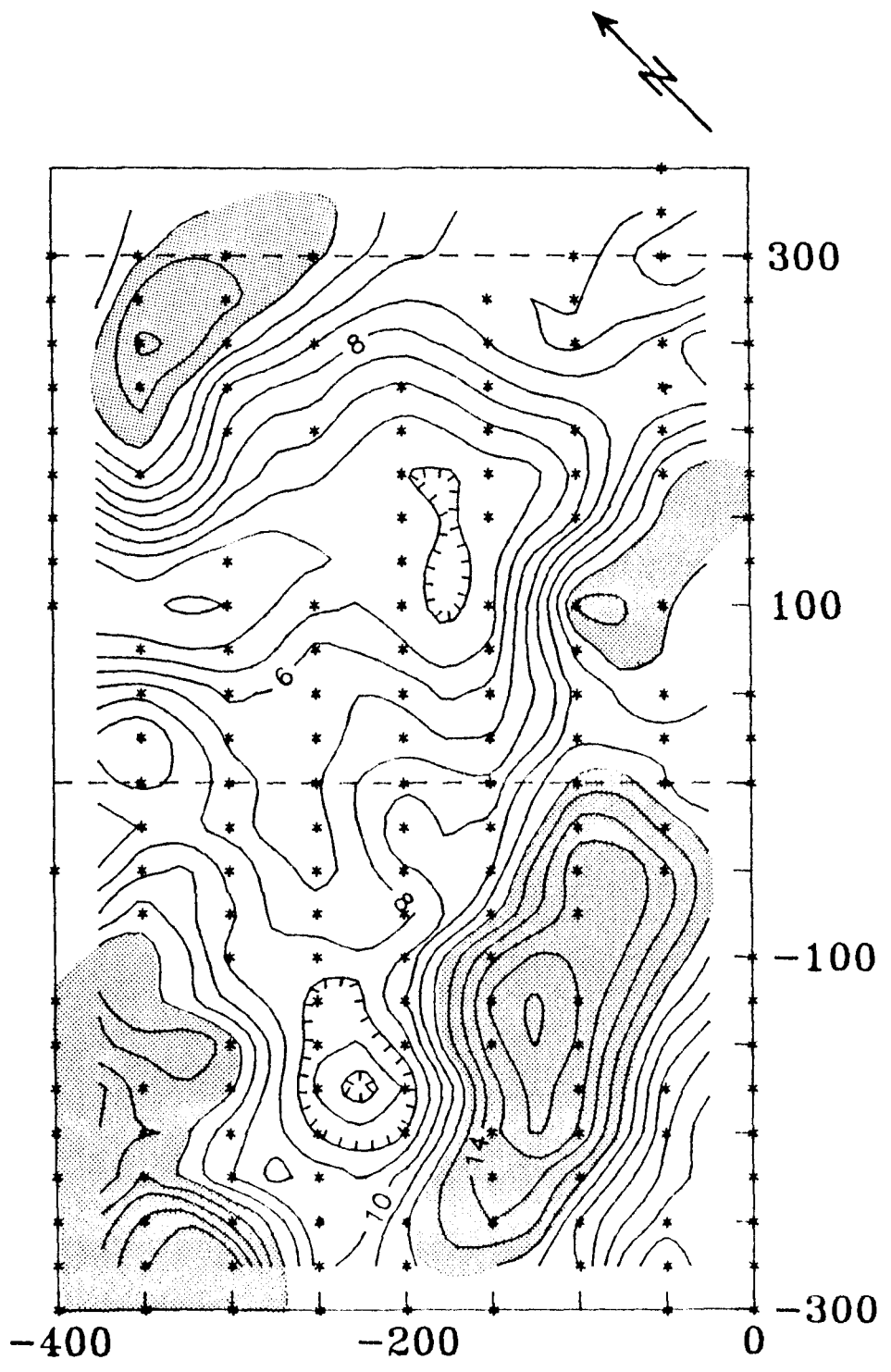


Fig. 7

La Soberana GENIE 3037/337 Hz

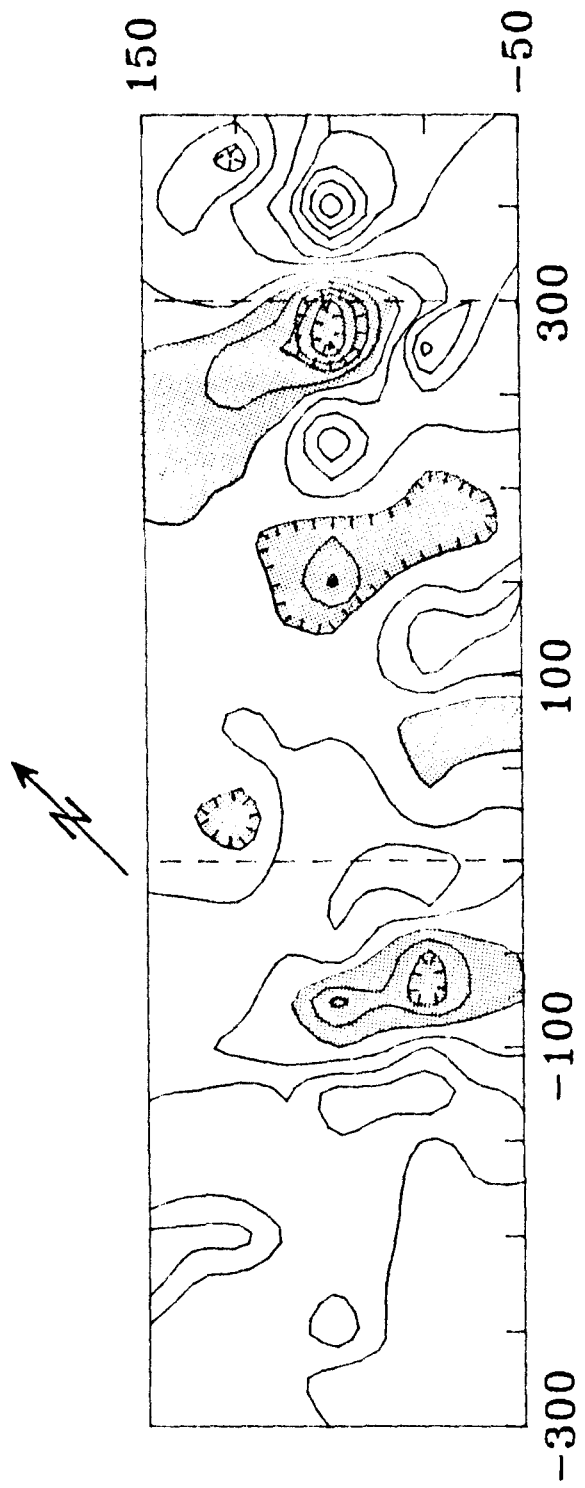


Fig. 8

La Soberana 50W GENIE 3037/337 1012/337 337/112 Hz a=50m

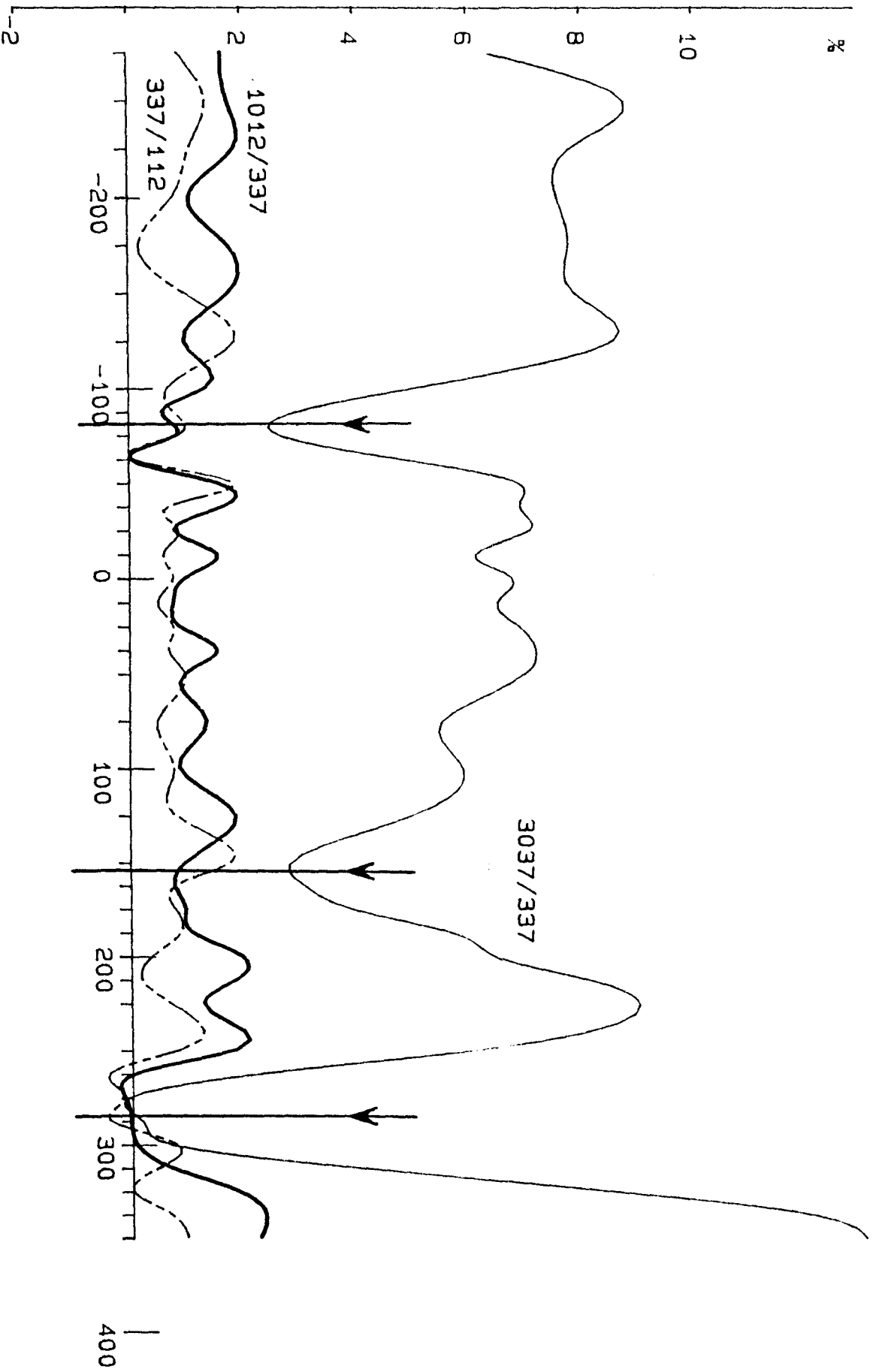


Fig. 9

La Soberana Campo Magnético cont. 50m

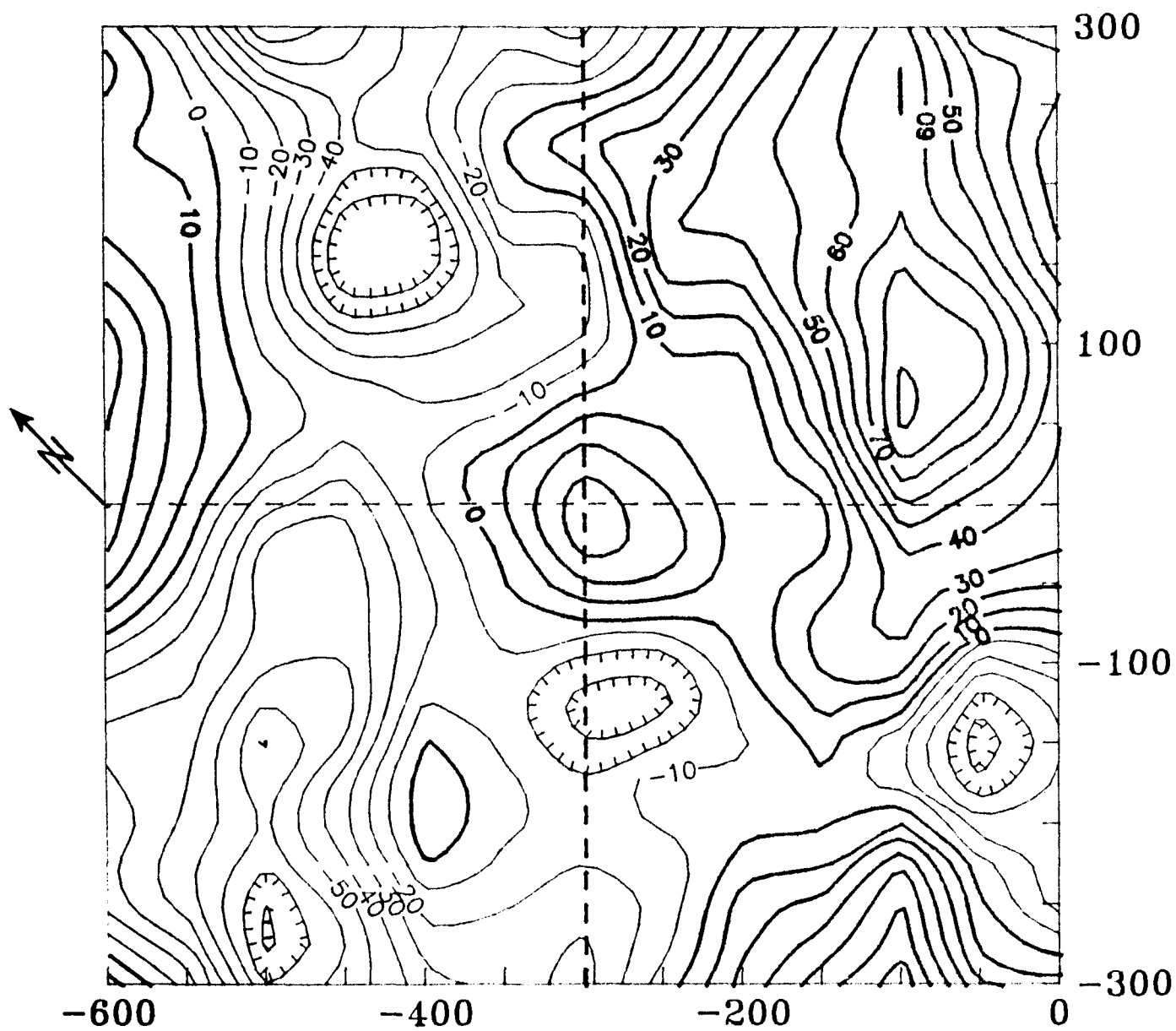


Fig. 10

La Soberana Campo Magnético redapolo

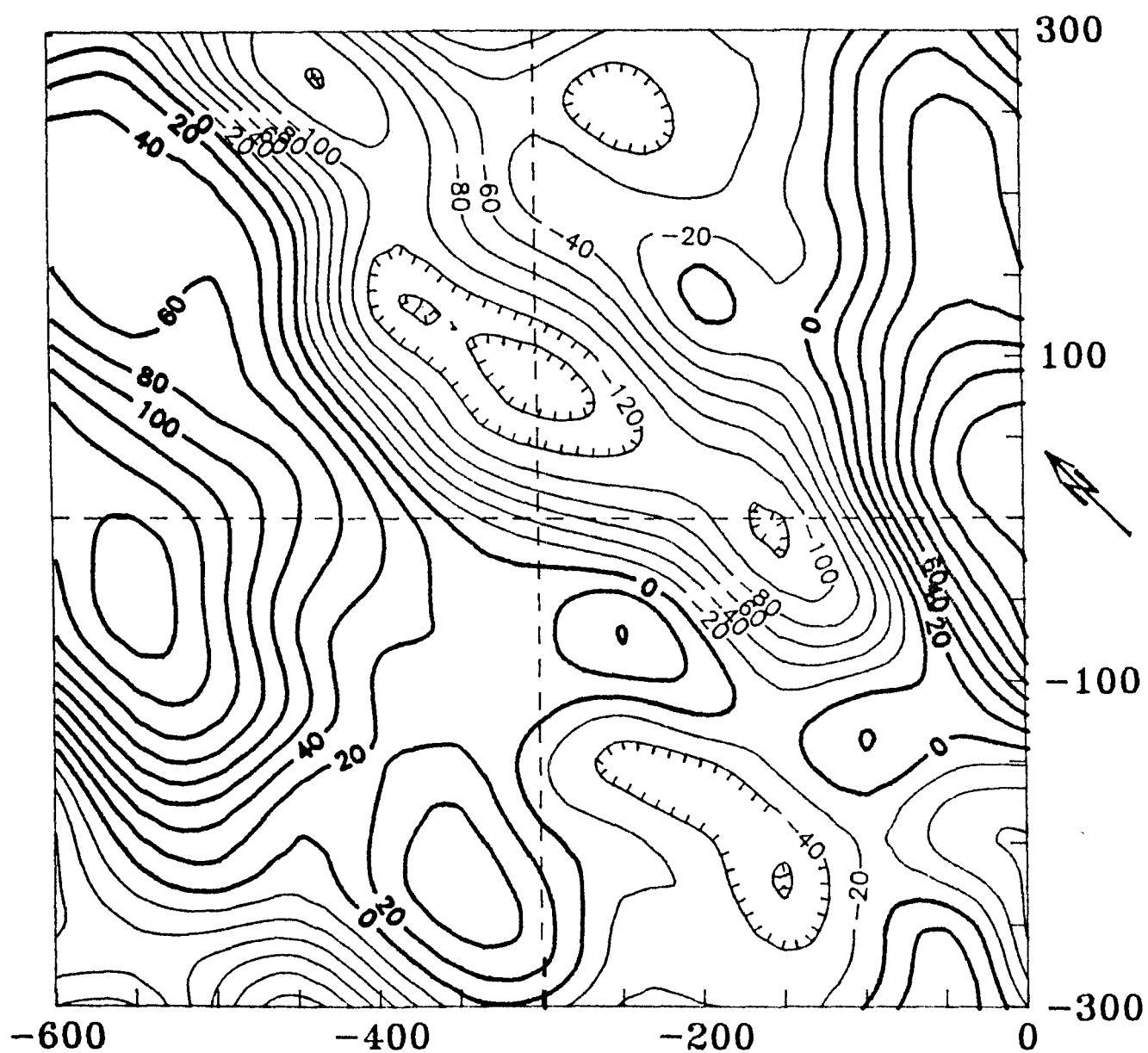


Fig. 11

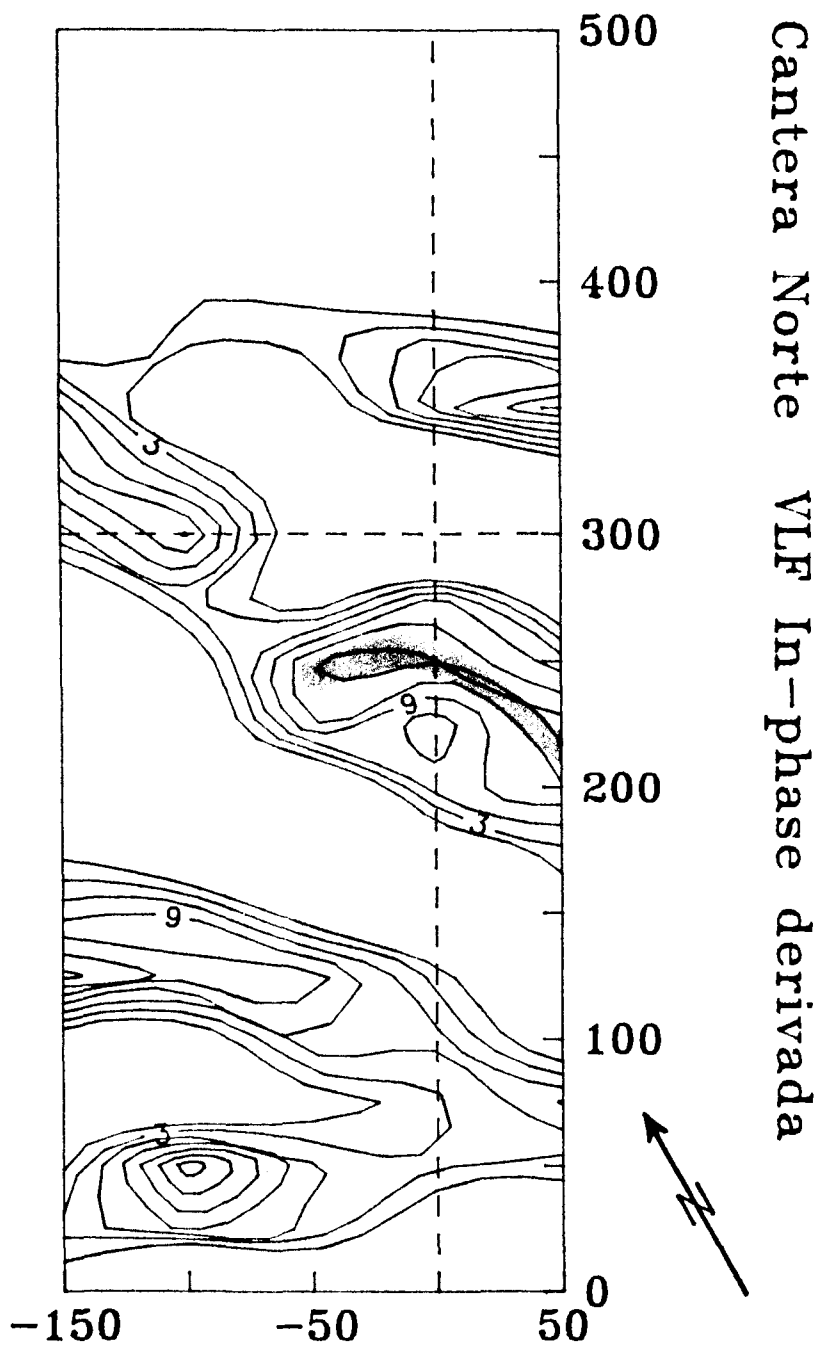


Fig. 12

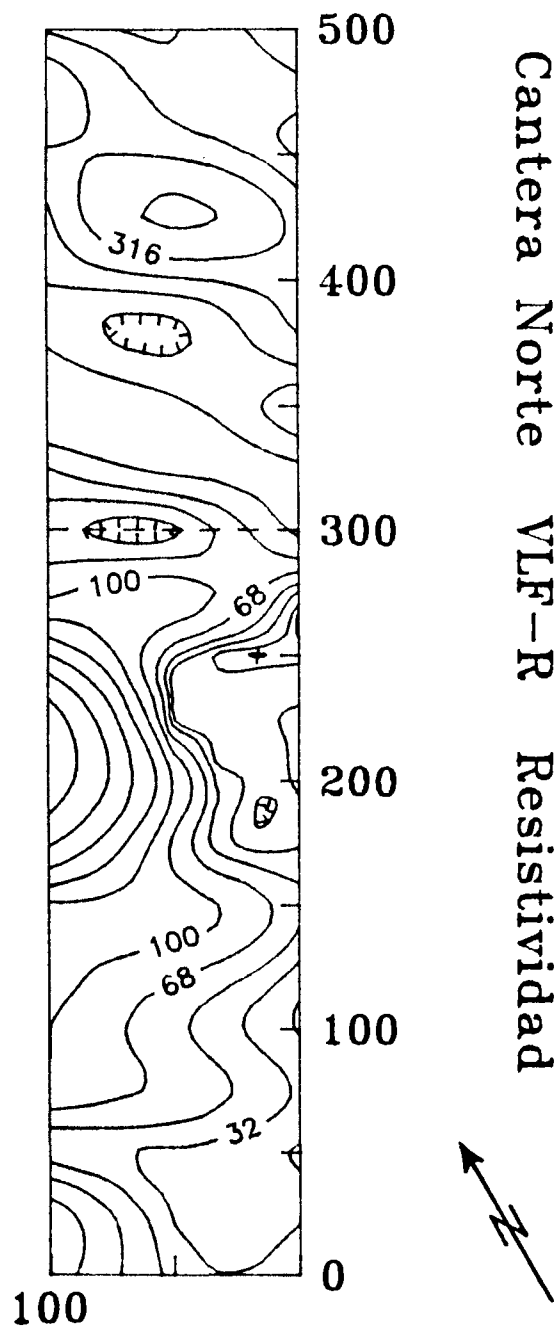


Fig. 13

Cantera Norte VLF-R profundidad 1. capa rho1=20

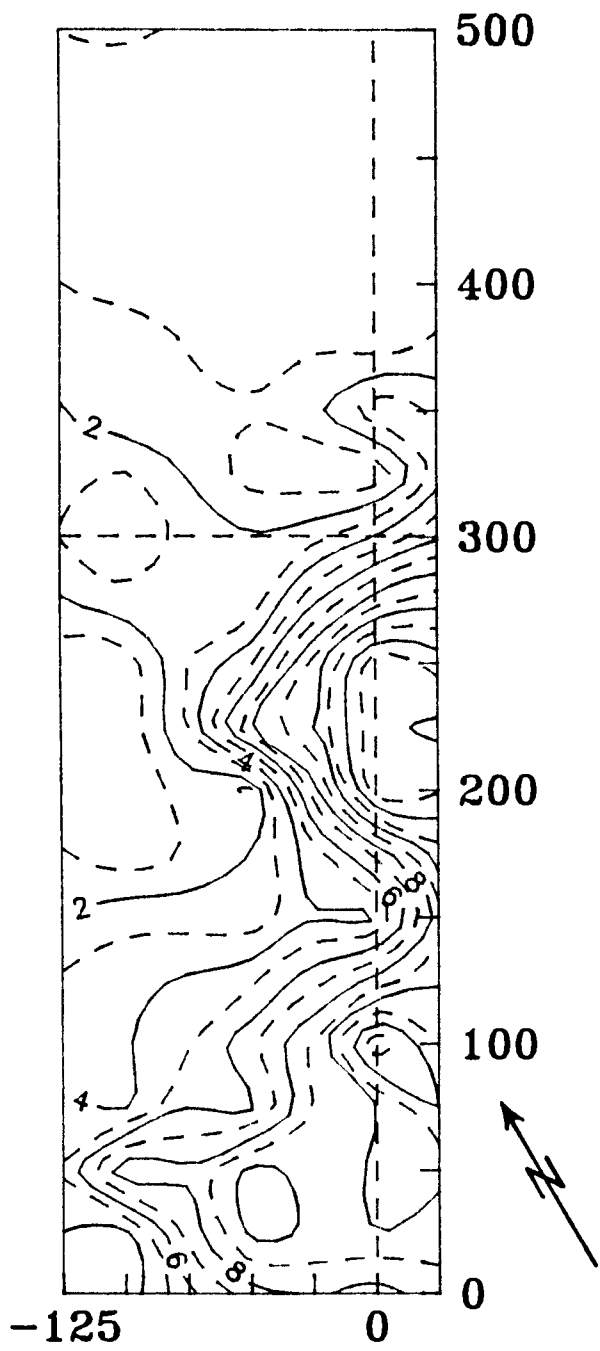


Fig. 14

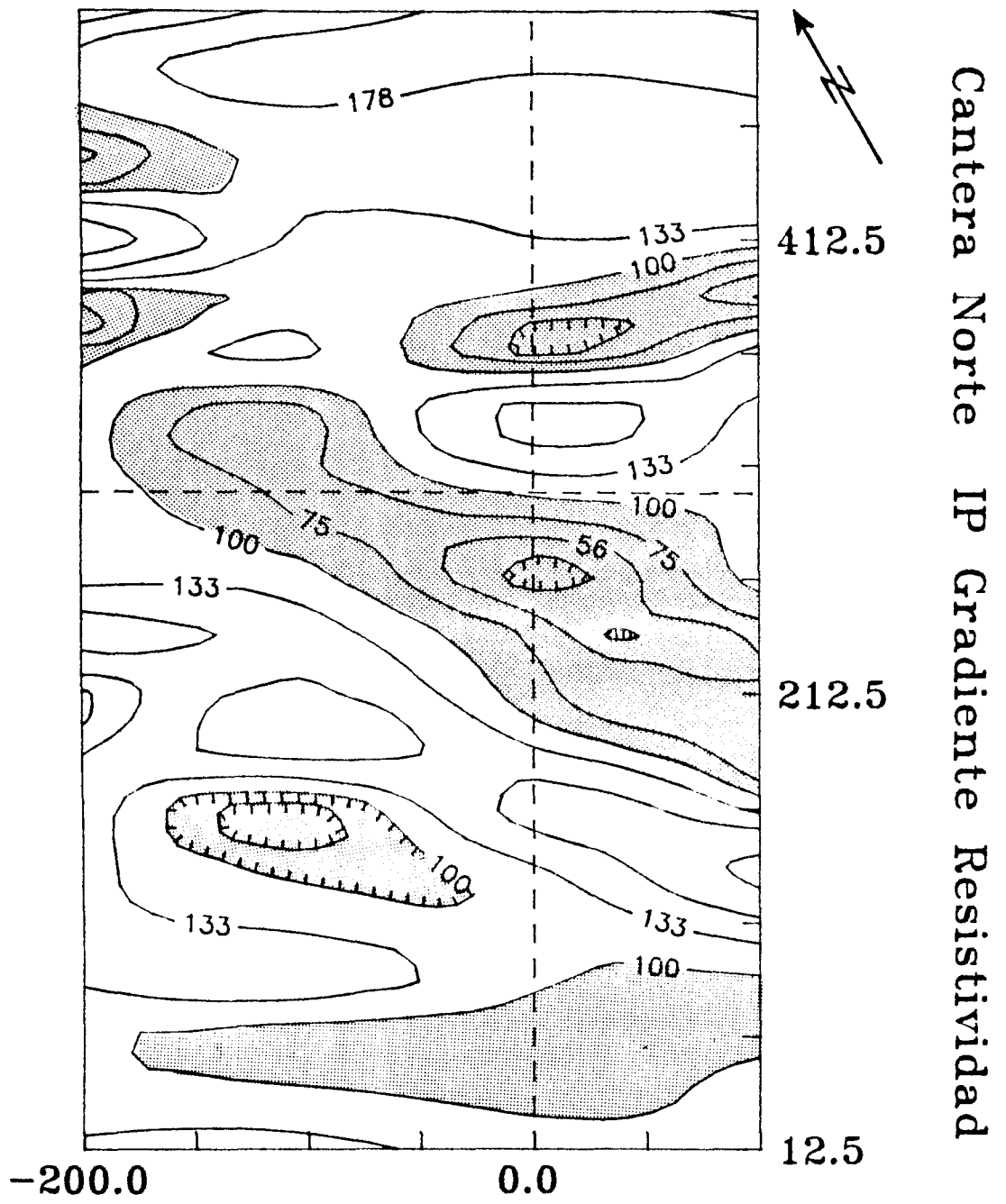


Fig. 15

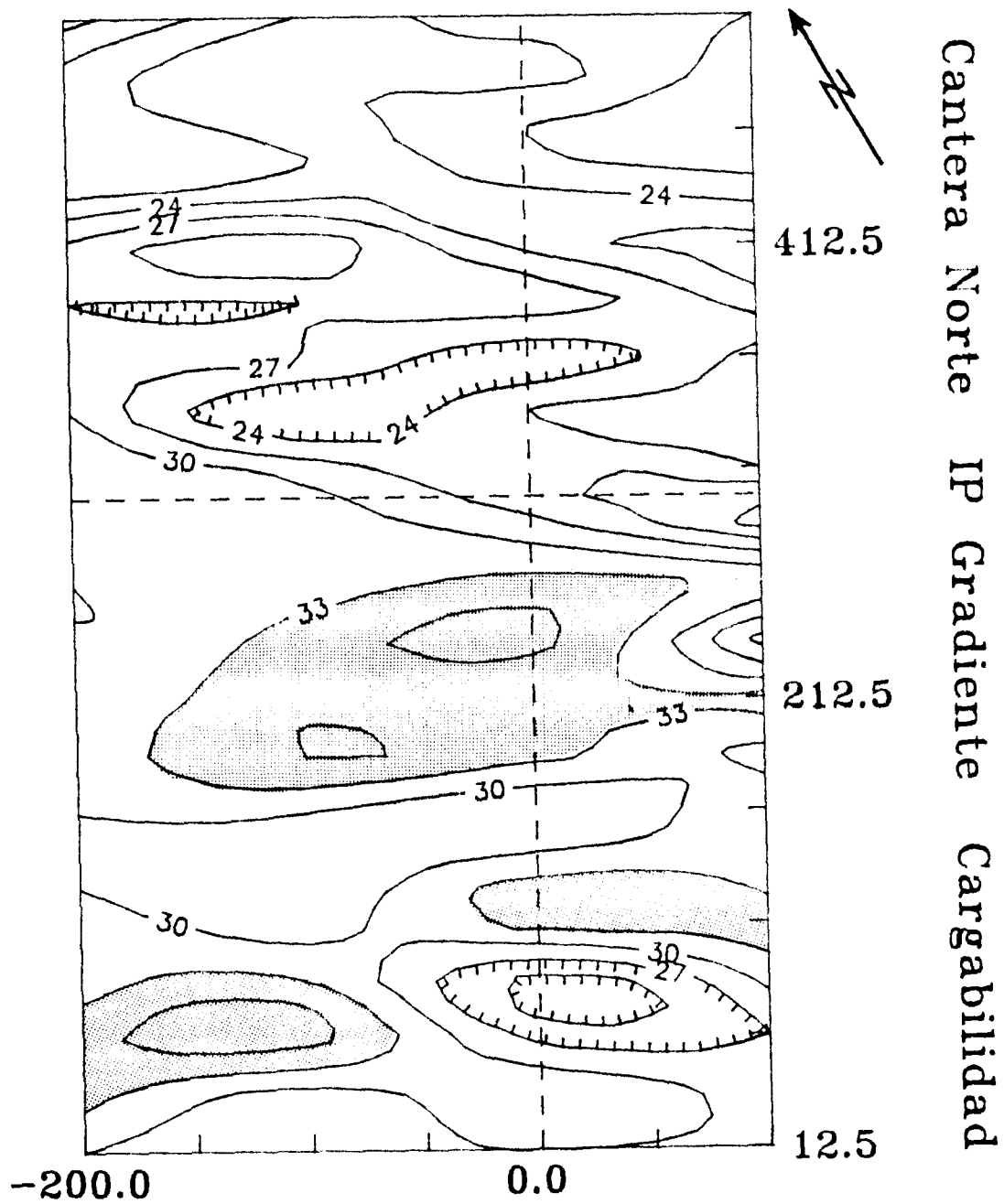


Fig. 16

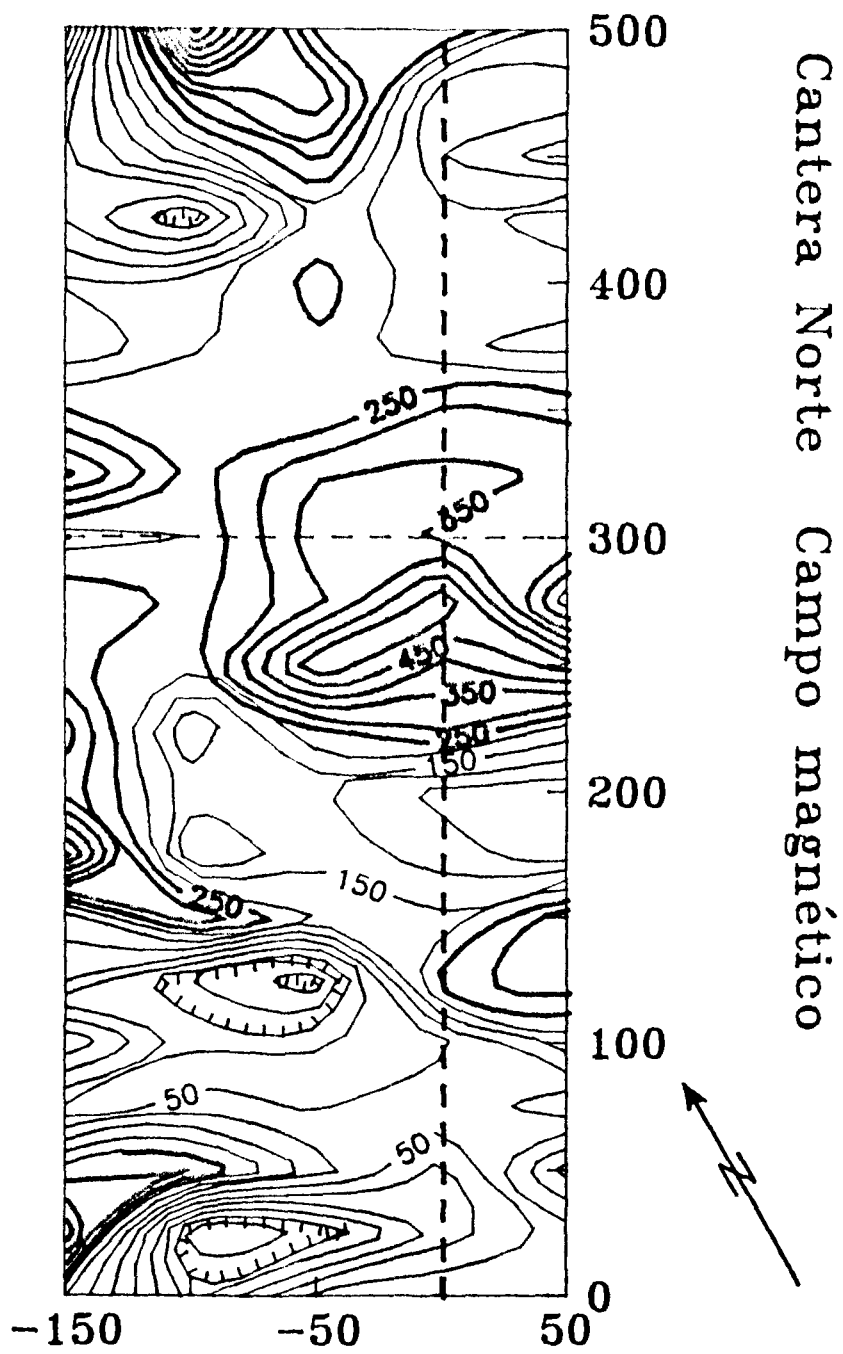


Fig. 17