

Del Mesozoico, el Cretácico está representado por arenisca y conglomerados que se detectan en los alrededores del yacimiento La Concordia extendiéndose en una franja norte-sur.

Las rocas volcánicas del Cenozoico se distribuyen ampliamente en la parte noroeste y suroeste del área de estudio y también en los alrededores del yacimiento La Concordia. Estas rocas volcánicas son de composición andesítica y dacítica y están representadas por rocas piroclásticas, ignimbrita y lava. Una parte de estas rocas volcánicas presenta fuerte alteración hidrotermal, observándose mineralización de plomo y zinc (Fig. 11).

La clasificación de las rocas, sus edades, etc. se muestra en el Cuadro 24.

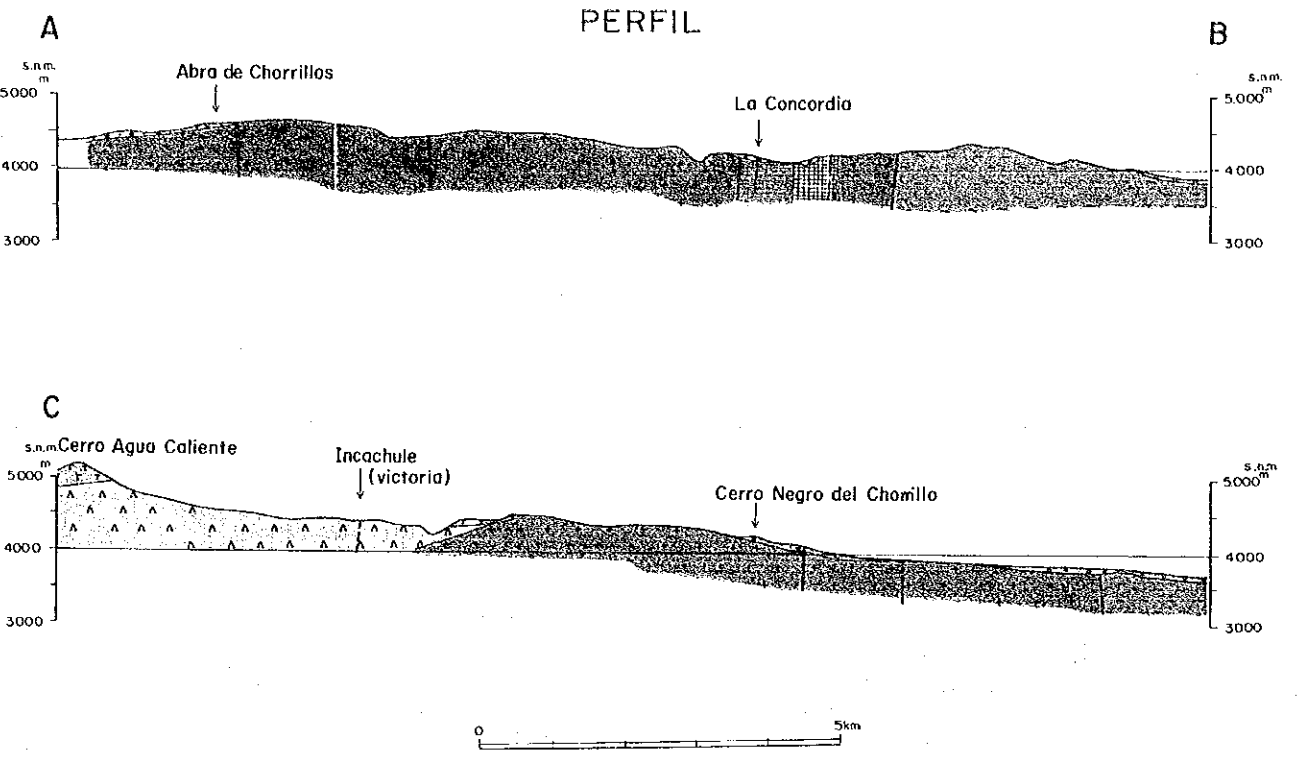
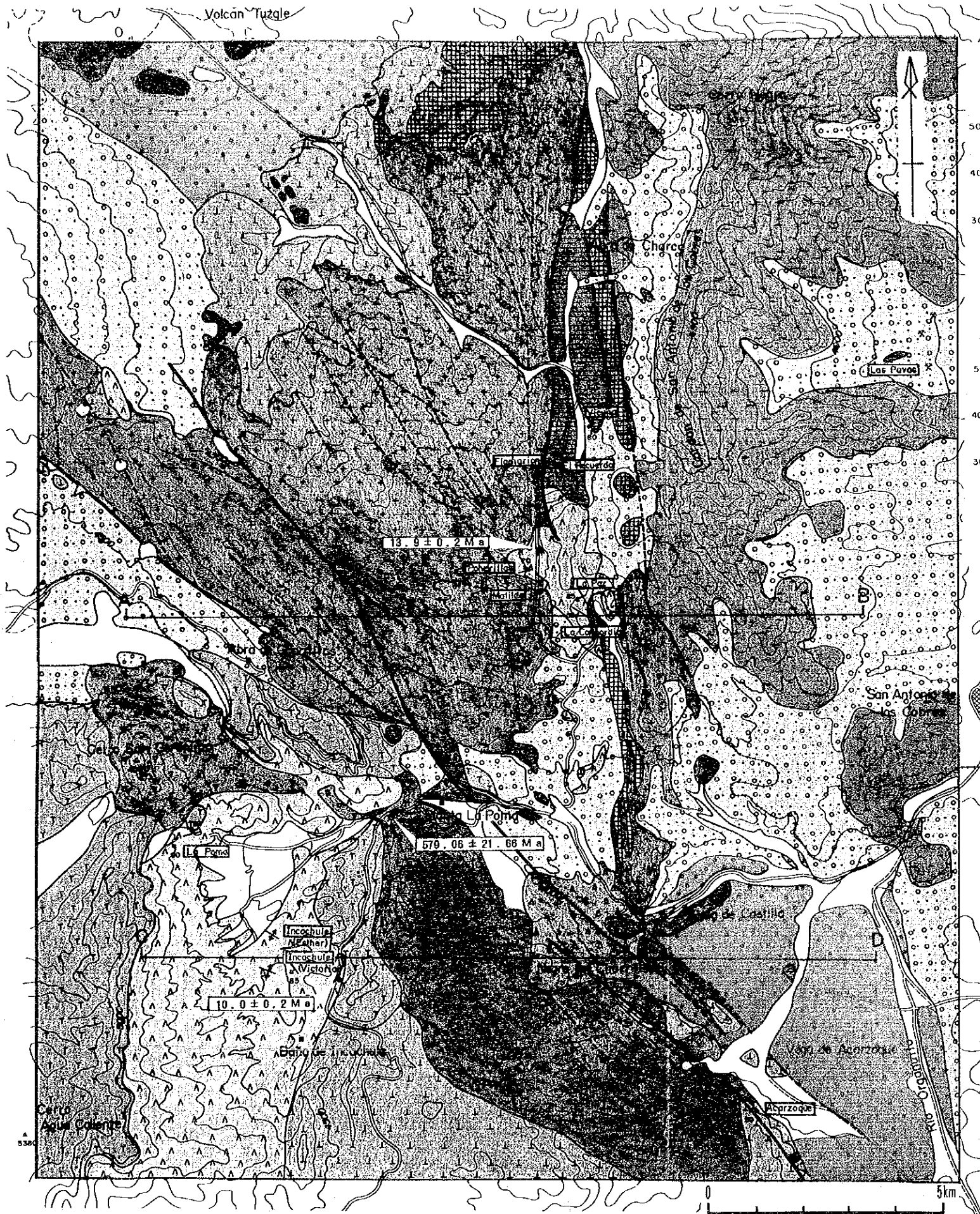
Cuadro 24 COLUMNA ESTRATIGRAFICA, SALTA (Vilela, 1969)

| E D A D      |              | FORMACION   | ESPESOR   |         |
|--------------|--------------|---|---|---------|
| CENOZOICO    | CUATERTARIO  | Evaporitas<br>Coladas basálticas<br>Aluviones no aterrizados y conos de deyección               | 0,05 - 5 m  |         |
|              |              | Leves movimientos de ascenso<br>(mov. póstumos)   | —   |         |
|              |              | Aluviones aterrizados<br>Calizas travertínicas hidatógicas<br>Dacitas y tobas de dacitas nuevas | 0 - 40 m<br>12 - 18 " " " " " "<br>4 - 4,30 " " " " " "                               |         |
|              | Terciario    | Plioceno superior y medio   | <i>Discordancia</i><br>Primera etapa del movimiento principal de la 3ª fase tectónica | —       |
|              |              |   | Araucanense<br>Andesitas y tobas de andesita  | —       |
|              |              | Plioceno inferior   | <i>Discordancia</i><br>Prefase de la 3ª Fase tectónica                                | —       |
|              |              | Mioceno superior  | Dacitas y tobas de dacitas viejas<br>Estratos Calchaquños                             | 1.600 m |
|              |              | Mioceno inferior  | <i>Discordancia</i><br>Segunda fase tectónica   | —       |
|              |              | Paleoceno   | Formación Cerro Morado  | 1.700 m |
|              |              |   | <i>Discordancia</i><br>Formación Yacoraite  | 180 ½ m |
| Pr Mesozoico |              | <i>Concordancia</i><br>Formación Pirgua   | 130 m   |         |
|              | Proterozoico | <i>Discordancia</i><br>I. Granito y rocas afines<br>II. Complejo metamórfico                    | —   |         |

### 2-2-2 Geología y yacimiento de La Concordia (Fig.12)

La mineralización presente en esta área se debe al efecto de las alteraciones epitermales y se localiza en las rocas volcánicas del complejo Agua Caliente, subyaciendo las cuales se encuentran las rocas del grupo Salta y la Faja Eruptiva.





REFERENCIAS

|  |  |  |                                 |                                   |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---------------------------------|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|  | Arenas, Limos, Rodados                       |  | Basalto Chorrillos              | Pleistoceno                       |  |  |  |  |  |  |
|  | Basaltos                                     |  | Basalto San Gerónimo            |                                   |  |  |  |  |  |  |
|  | Andesitas, Basaltos                          |  | Depósitos Terrazas              | Plioceno                          |  |  |  |  |  |  |
|  | Conglomerados, Areniscas y Arcillas          |  | Formación Baños de Pompeya      |                                   |  |  |  |  |  |  |
|  | Depósitos piroclásticos y Conglomerados      |  | Ignimbrita Abra de Gallo        | Mioceno                           |  |  |  |  |  |  |
|  | Dacitas                                      |  | Ignimbrita Tajamar              |                                   |  |  |  |  |  |  |
|  | Dacitas, Riodacitas                          |  | Complejo Agua Caliente          | Cretácico                         |  |  |  |  |  |  |
|  | Piroclásticos, Lavas, Dacíticas, Andesíticas |  | Formación La Yesera Grupo Salta |                                   |  |  |  |  |  |  |
|  | Conglomerados, Areniscas                     |  | Paleozoico Sedimentarios        | Ordovícico - Cámbrico             |  |  |  |  |  |  |
|  | Areniscas y Lutitas, Cuarcitas               |  | Faja Eruptiva                   |                                   |  |  |  |  |  |  |
|  | Graníticas                                   |  | Formación Puncoviscana          | Paleozoico Inferior - Precámbrico |  |  |  |  |  |  |
|  | Esquistos, Filitas, Pizarras                 |  |                                 |                                   |  |  |  |  |  |  |

Fig. 11 MAPA GEOLOGICO DEL AREA SALTA



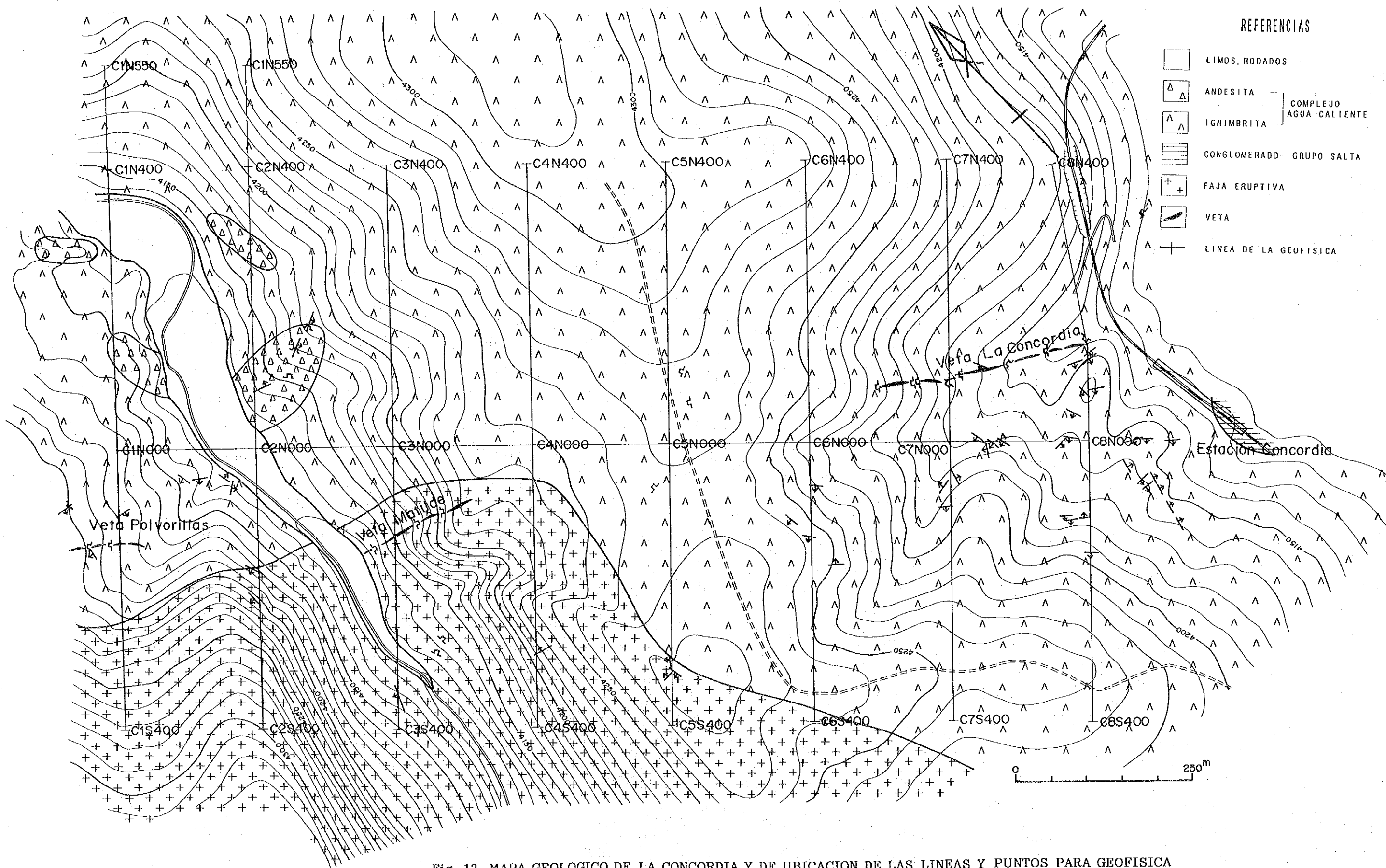


Fig. 12 MAPA GEOLOGICO DE LA CONCORDIA Y DE UBICACION DE LAS LINEAS Y PUNTOS PARA GEOFISICA



REFERENCIAS

- LIMOS, RODADOS
- ▽ ANDESITA — SAN GERONIMO
- T IGNIMBRITA — TAJAMAR
- △ IGNIMBRITA — COMPLEJO AGUA CALIENTE
- ▨ VETA
- + LINEA DE LA GEOFISICA

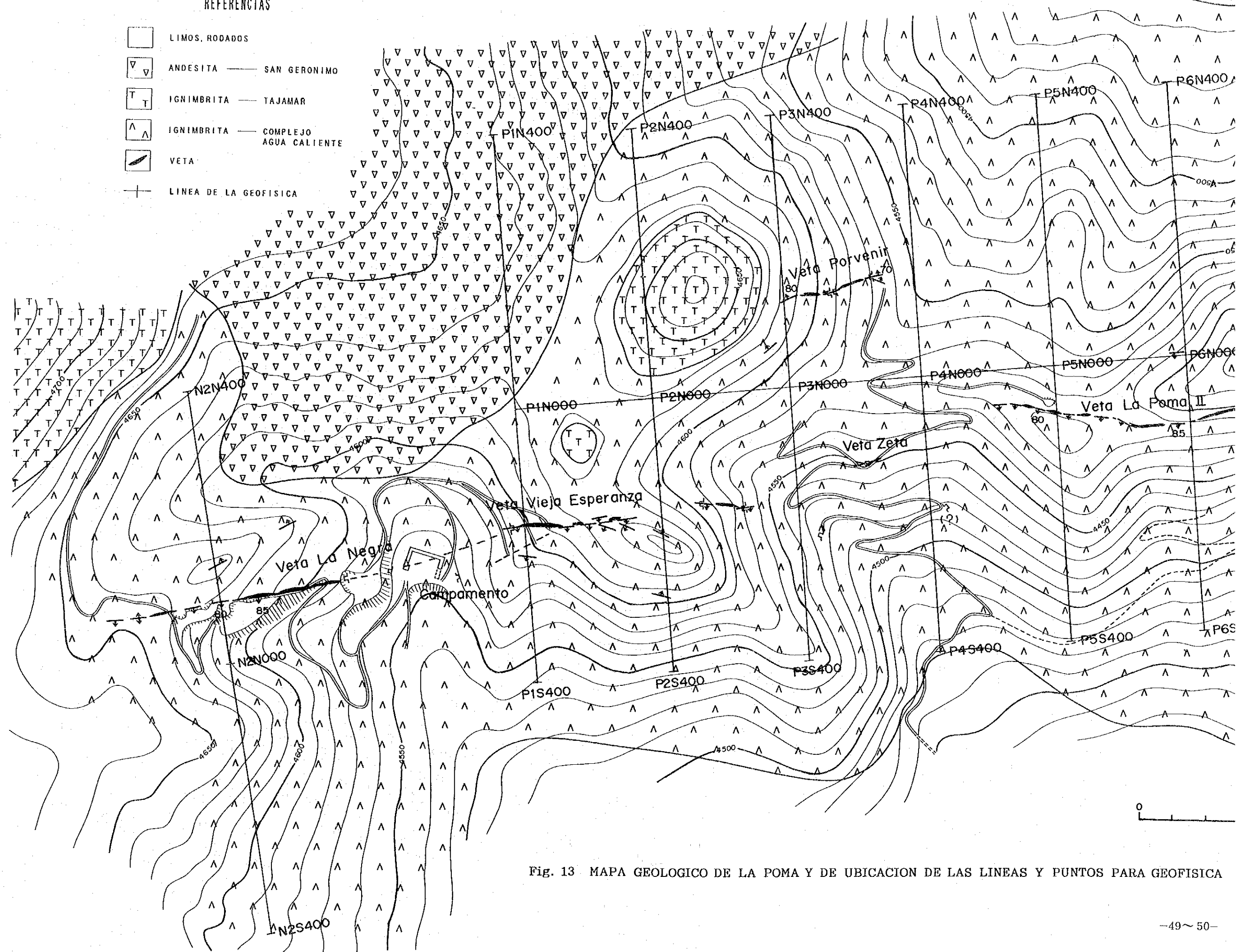


Fig. 13 MAPA GEOLOGICO DE LA POMA Y DE UBICACION DE LAS LINEAS Y PUNTOS PARA GEOFISICA

REFERENCIAS

ODADOS

- SAN GERONIMO
- TAJAMAR
- COMPLEJO AGUA CALIENTE

DE LA GEOFISICA

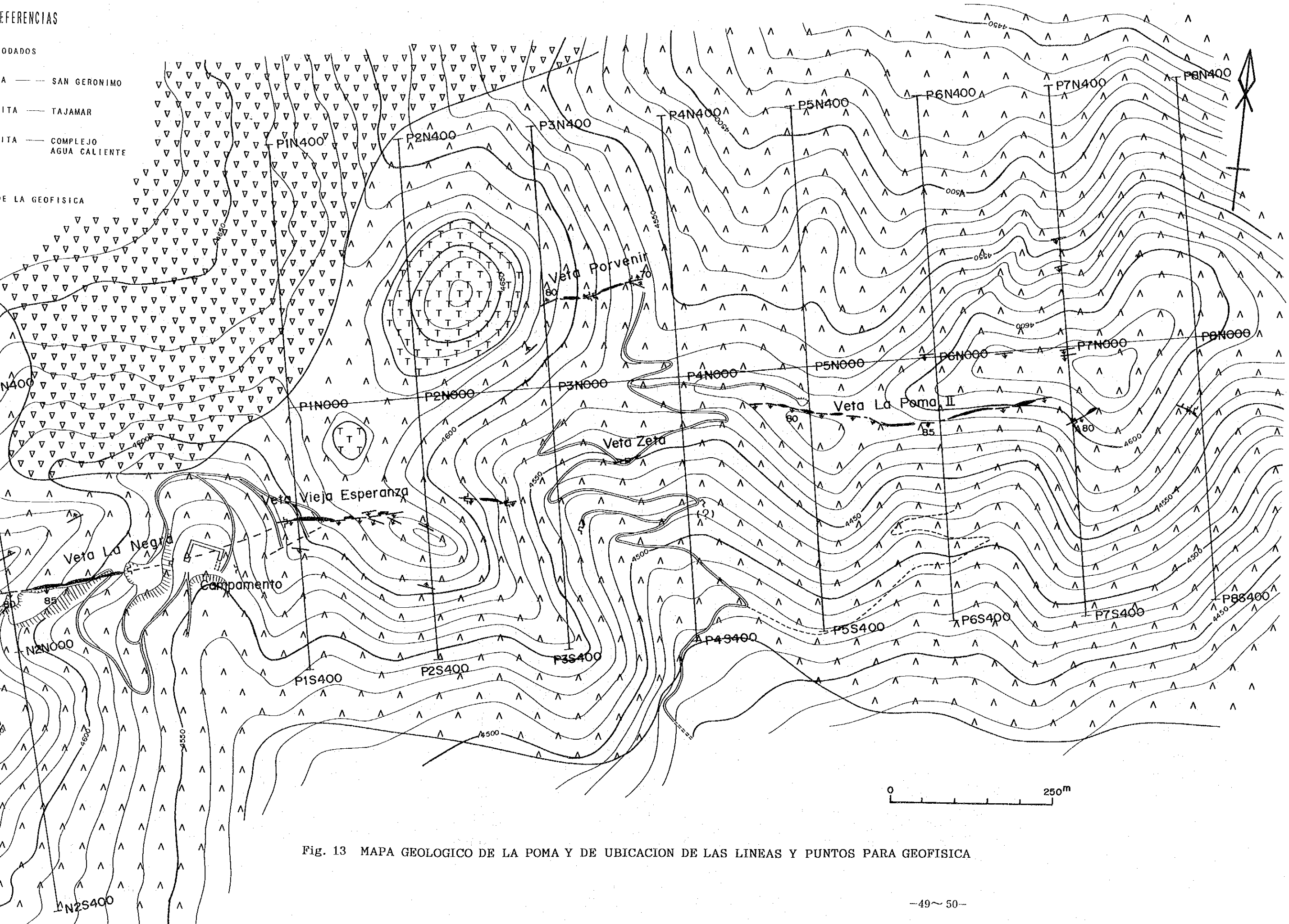


Fig. 13 MAPA GEOLOGICO DE LA POMA Y DE UBICACION DE LAS LINEAS Y PUNTOS PARA GEOFISICA





En las cercanías de La Concordia se detectan zonas de manifestaciones minerales, que enumerandolas a partir del norte son: Vicuña, Flamarion, El Recuerdo, Polvorillas, Matilde, La Paz y La Concordia. Las vetas principales se suponen se localicen en las arcillas entre La Concordia y Matilde con un rumbo  $N55^{\circ} - 60^{\circ} W$ , inclinación  $60^{\circ} - 85^{\circ} SW$  y espesor entre 0.2m y 2m.

El efecto de la alteración hidrotermal puede reconocerse a simple vista por la coloración blanquecina que adquieren las rocas y es detectable en las rocas volcánicas del complejo Agua Caliente y en las rocas del grupo Salta.

La alteración hidrotermal se evidencia por la presencia de abundante mica, especialmente sericita. En los alrededores de la veta mineral se observa pirita diseminada. Los minerales detectados en las rocas son: galena, blenda, calcopirita y malaquita.

### 2-2-3 Geología y yacimiento de La Poma (Fig.13)

La geología en los alrededores de las vetas está representada por las rocas volcánicas de las formaciones Basalto San Geronimo, Ignimbrita Tajamar y rocas volcánicas del Complejo Agua Caliente. Las vetas se asocian al efecto de la alteración epitermal. Las vetas se ubican dentro de las rocas volcánicas del Complejo Agua Caliente, distinguiéndose una veta principal y dos vetas paralelas, una hacia el norte y otra al sur. La veta principal posee un rumbo  $N70^{\circ} - 85^{\circ} E$  y una inclinación perpendicular.

La mineralización presenta una débil alteración hidrotermal y es solo perceptible en los alrededores de la veta. Los minerales esta representados por galena, blenda y algo de pirita.

### 2-3 Resultados de las investigaciones geofísicas

#### 2-3-1 La Concordia

Las espiras transmisoras rectangulares de 100m x 200m, fueron situadas en 8 lugares del área, para cada una de las cuales, el perfil de medición tuvo una longitud de 800m con un intervalo de 25m entre puntos de observación. En la Fig. 12 se muestra la ubicación de estos perfiles.

#### (1) Resistividad aparente para tiempos tardíos

En la Fig. 14 se presentan las secciones de resistividad aparente de los perfiles de medición del C-1 al C-8. El eje vertical (en la dirección de la profundidad) representa el tiempo de medición (a partir de interrumpirse la

corriente transmitida). De forma general, en los alrededores de la parte central de los perfiles (cerca de la espira transmisora), a profundidades someras, la resistividad oscila entre los 100 y los 300 ohm-m. En ambos extremos de los perfiles y cerca de la superficie se obtienen valores de resistividad mayores de 1500 ohm-m. Estas secciones, como se sabe, representan la resistividad aparente para tiempos tardíos (late time), por lo que en la parte somera de los puntos de medición alejados de la espira transmisora están afectados por la influencia del denominado efecto geométrico, por lo que esto debe ser tomado en consideración para su eliminación. Las características de estas secciones de resistividad aparente se describen a continuación:

1.- En la parte central de los perfiles, especialmente desde el C-1 hasta el C-3 y el C-5 se aprecian anomalías de alta resistividad aparente.

2.- En los perfiles C-1 y C-2, las anomalías de alta resistividad aparente mencionadas en el punto anterior poseen dos máximos.

3.- En los perfiles C-3 y C-4 las anomalías de baja resistividad aparente están envueltas por anomalías de alta resistividad.

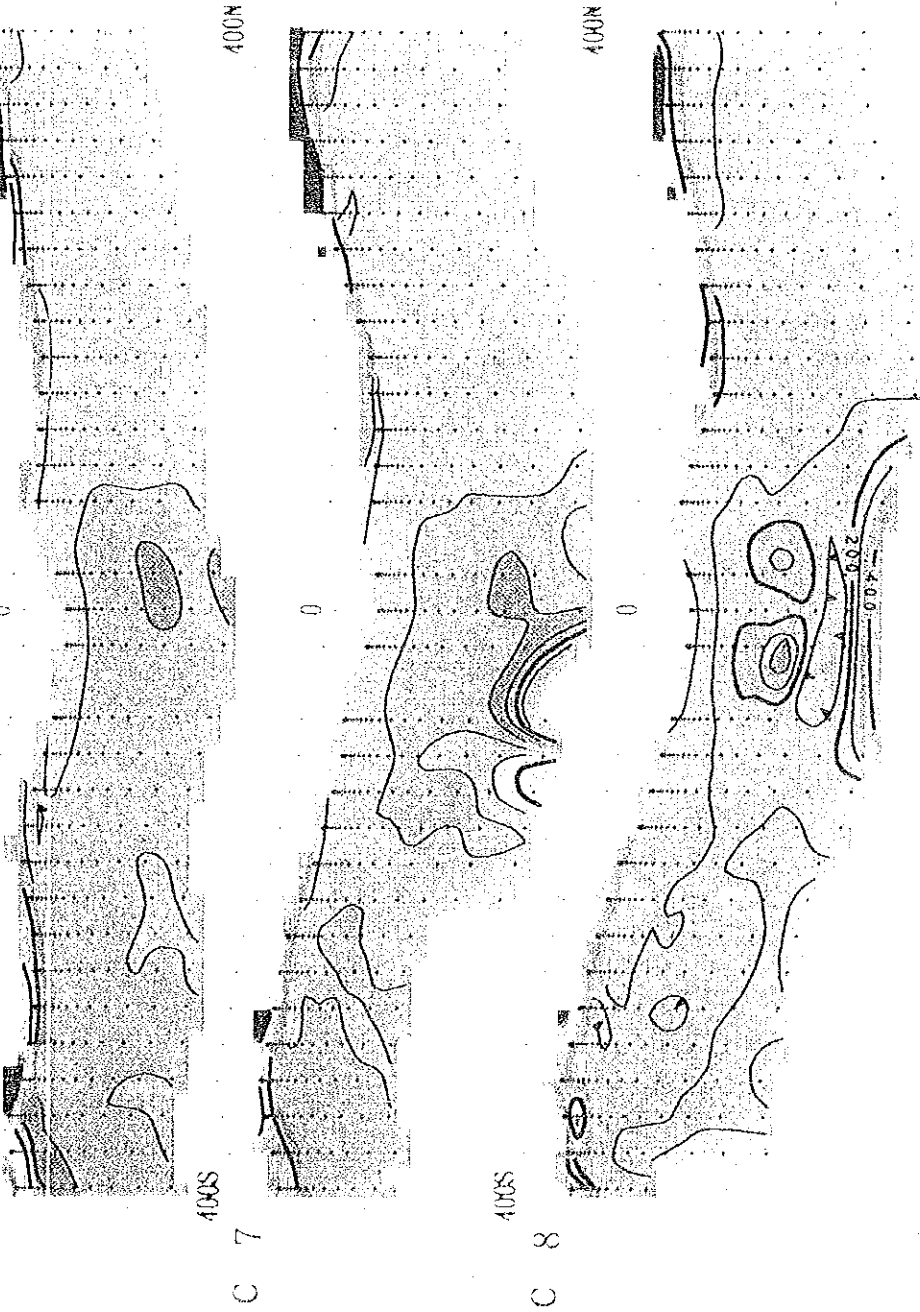
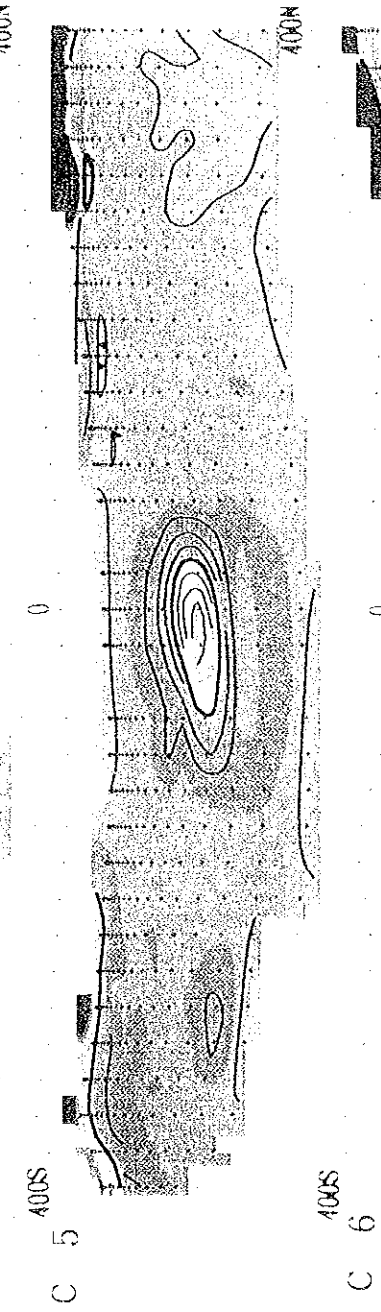
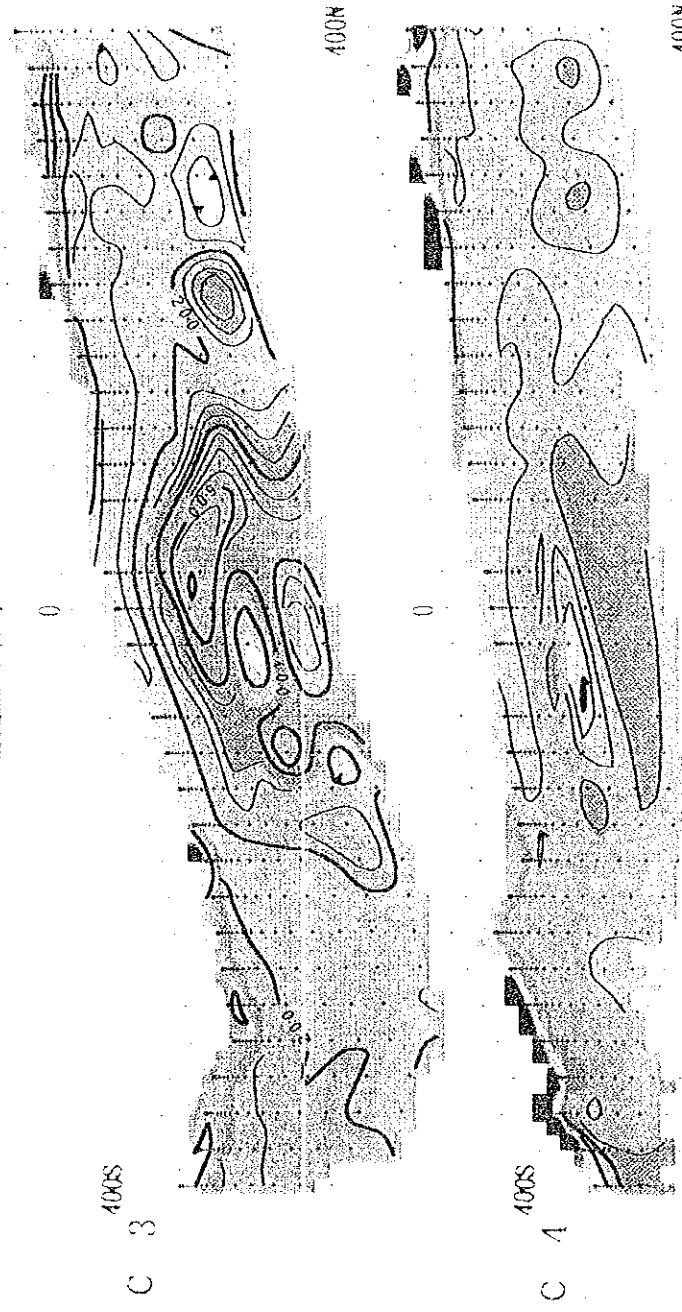
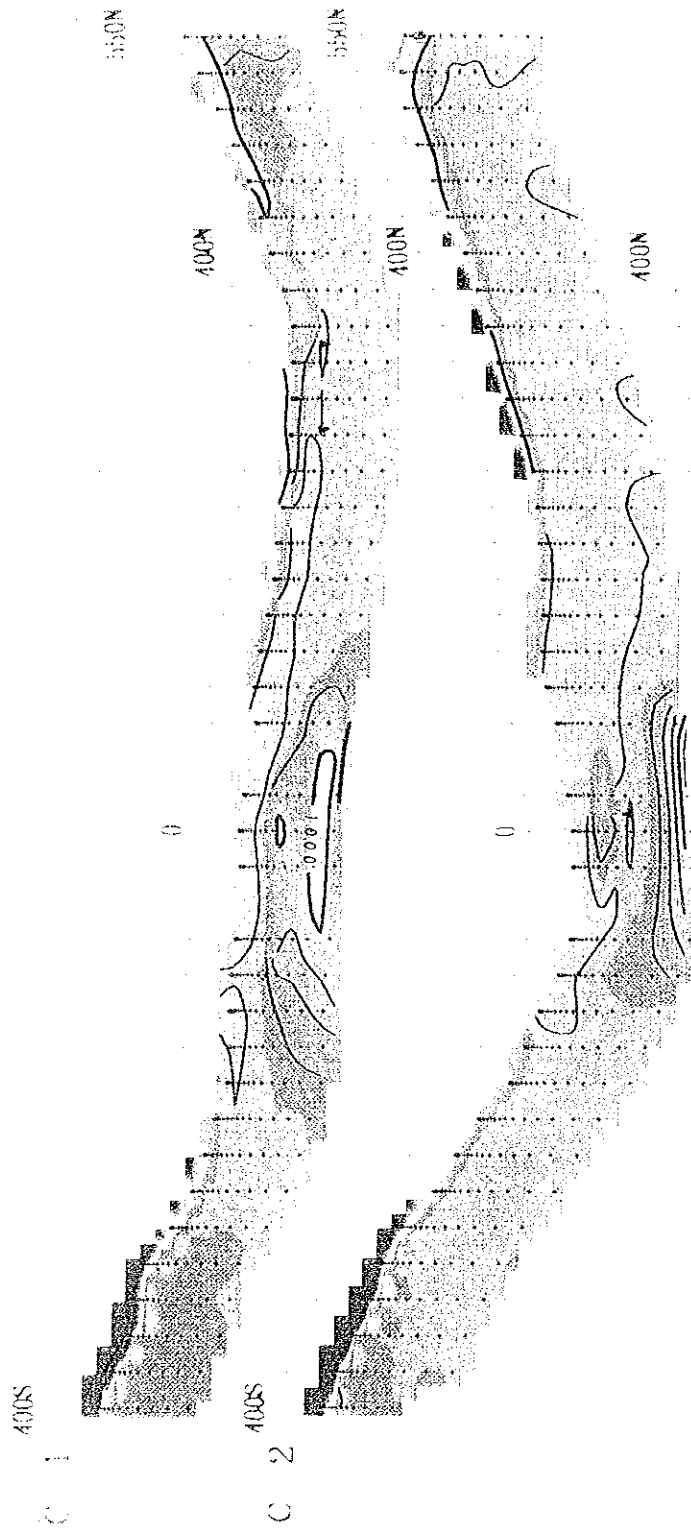
Desde la Fig.15 a la Fig.18 corresponden con los planos de distribución en área de la resistividad aparente. Cada uno de ellos representan los datos medidos para los canales 1(0.0868 mseg), 5(0.218 mseg), 10(0.702 mseg) y 15(2.17 mseg), respectivamente. En los perfiles, para los canales 1 y 5, en su parte central, la resistividad aparente es baja y hacia los extremos del perfil, la misma presenta una tendencia al aumento. Como se explico anteriormente, para las secciones de distribución de la resistividad aparente, esto se debe a la influencia del efecto geométrico, por lo que estas características observadas de la resistividad no poseen relación con la estructura interna. Las mediciones para el canal 1 se relacionan con la parte somera de la estructura interna, la resistividad aparente para este canal presenta grandes variaciones en algunas zonas que son las siguientes: desde el perfil C-1 hasta el C-4 entre los puntos 300S y 150S, entre los perfiles C-6 y C-7 alrededor del punto 300S y en la parte noreste del área de estudio entre los perfiles C-4 al C-8 alrededor de los puntos 300N. Para el canal 5 se destacan grandes anomalías de resistividad en el perfil C-3 cerca del punto 250S y entre los perfiles C-4 y C-5 cerca del punto 350S.

Para las anomalías que presenta grandes variaciones de la resistividad (canal 1) existe una correspondencia espacial con las zonas minerales comprobadas, mientras que las grandes anomalías de resistividad (canal 5), en

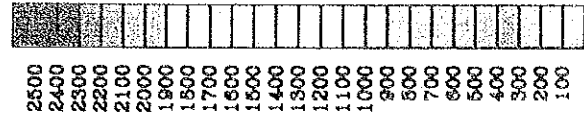




Fig. 14 SECCION DE DISTRIBUCION DE LA RESISTIVIDAD APARENTE  
(LA CONCORDIA)



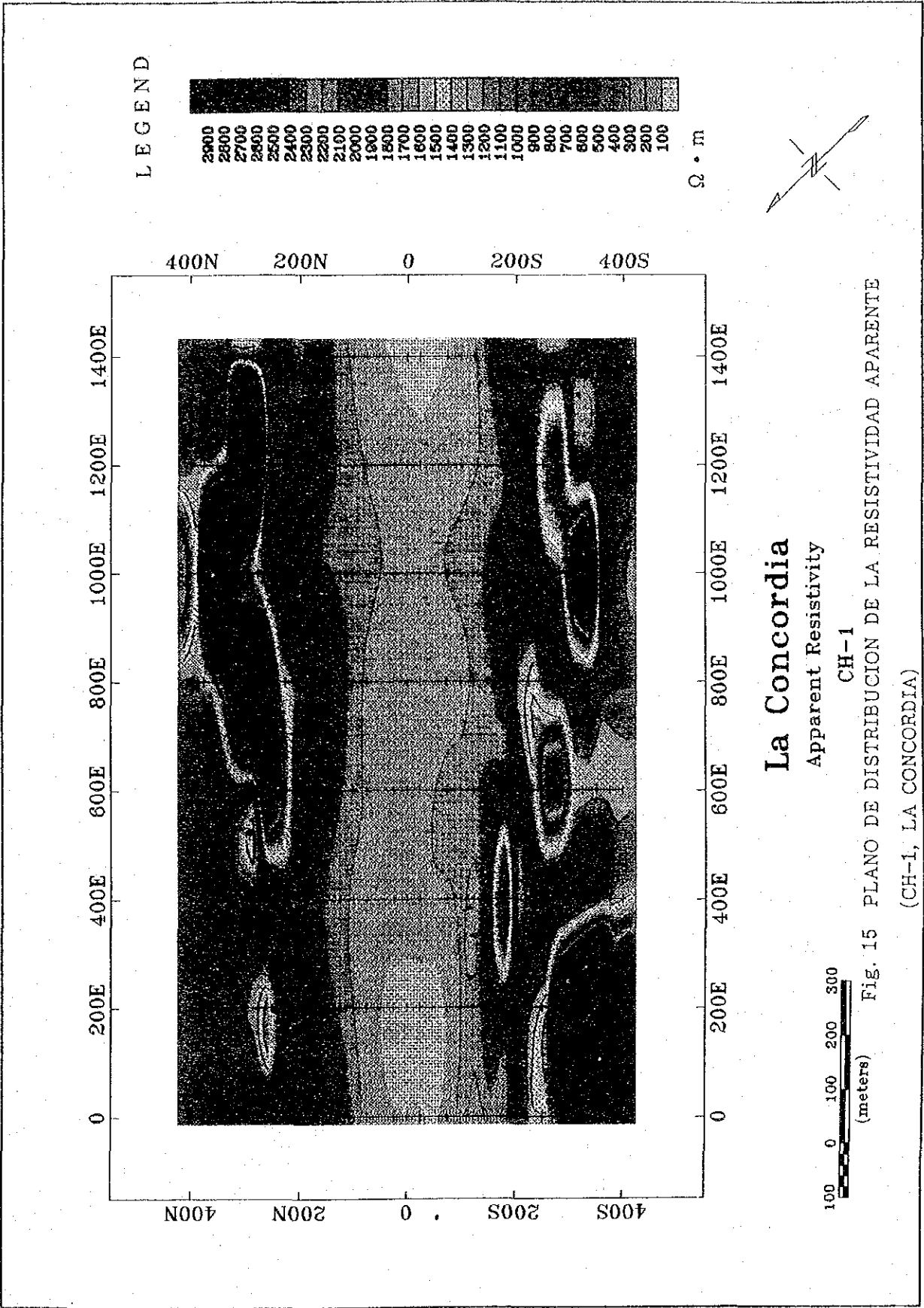
LEGEND

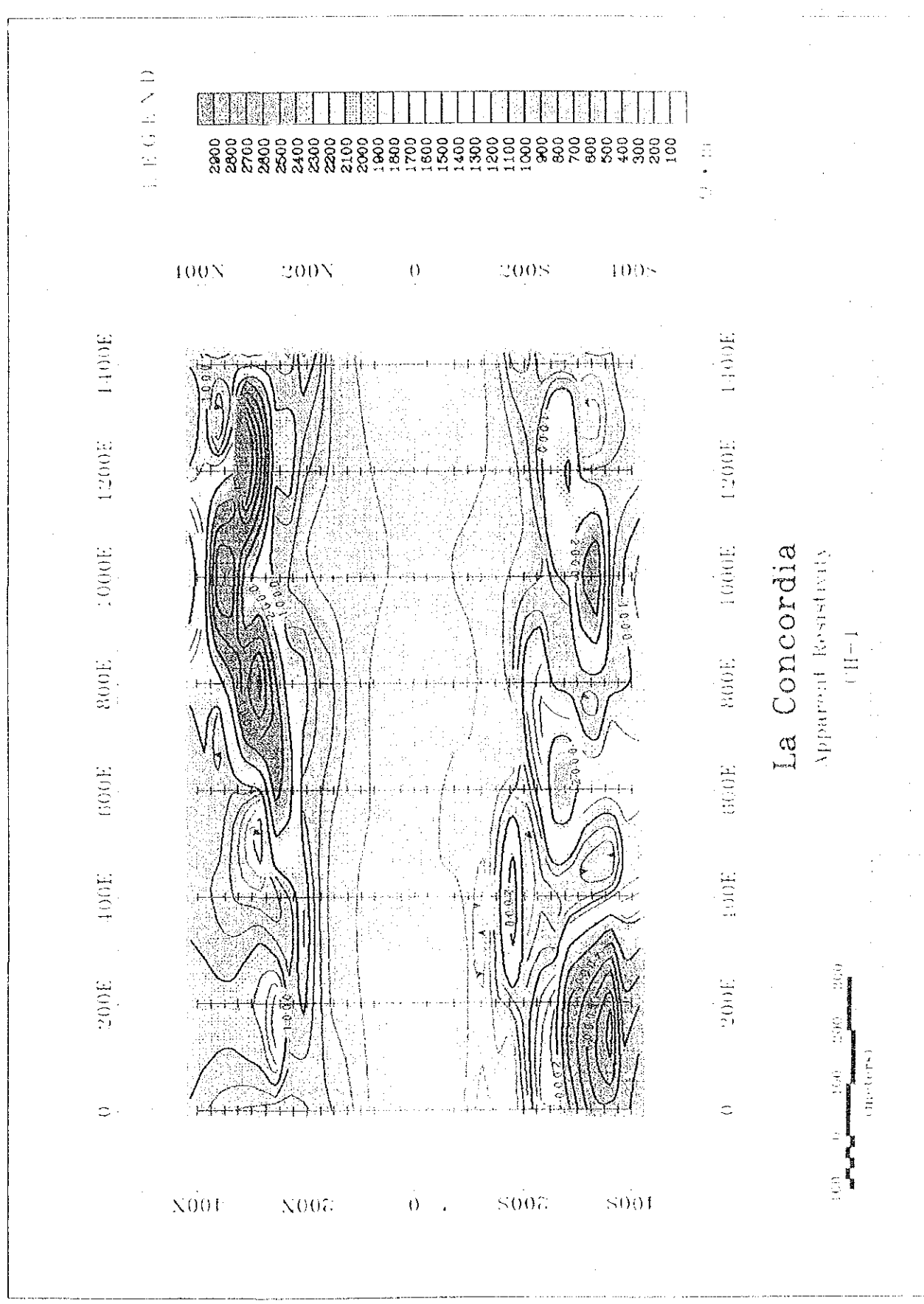


0 100

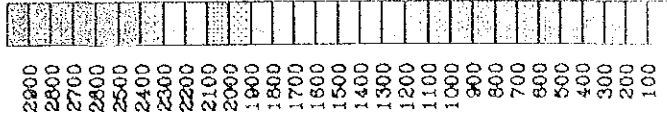




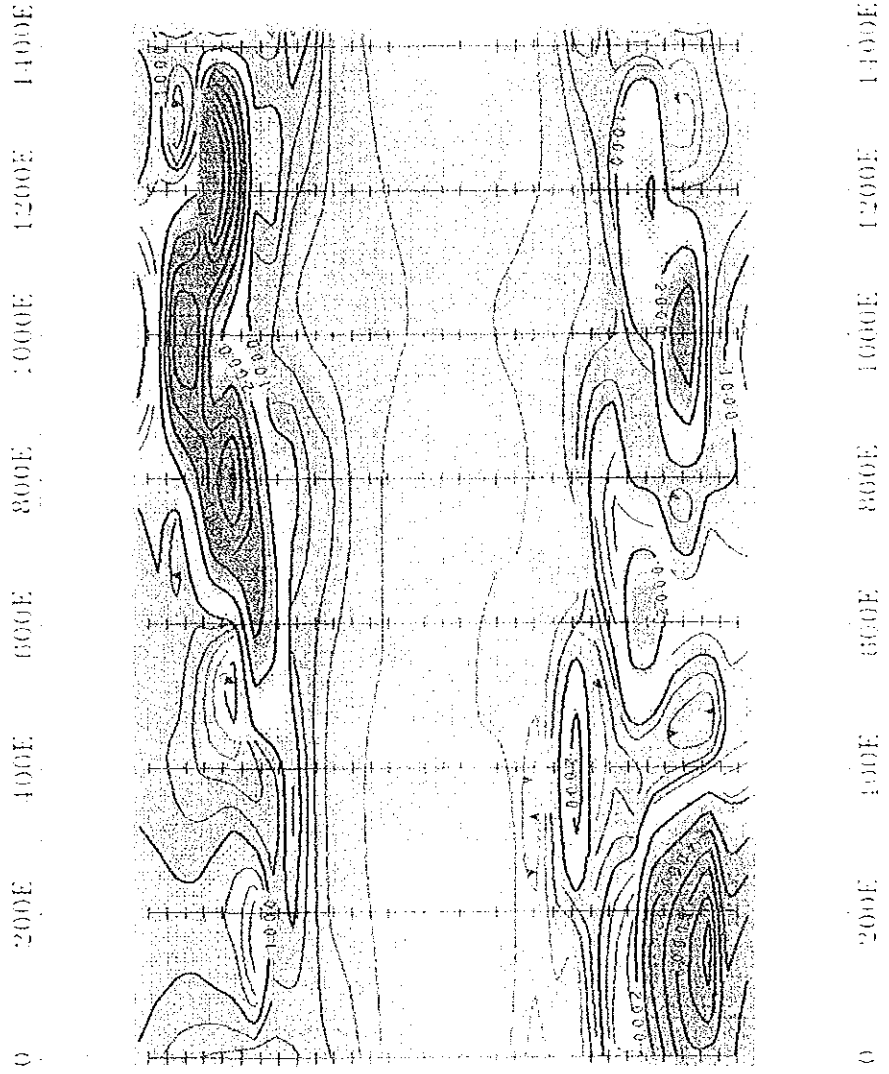




LEGEND



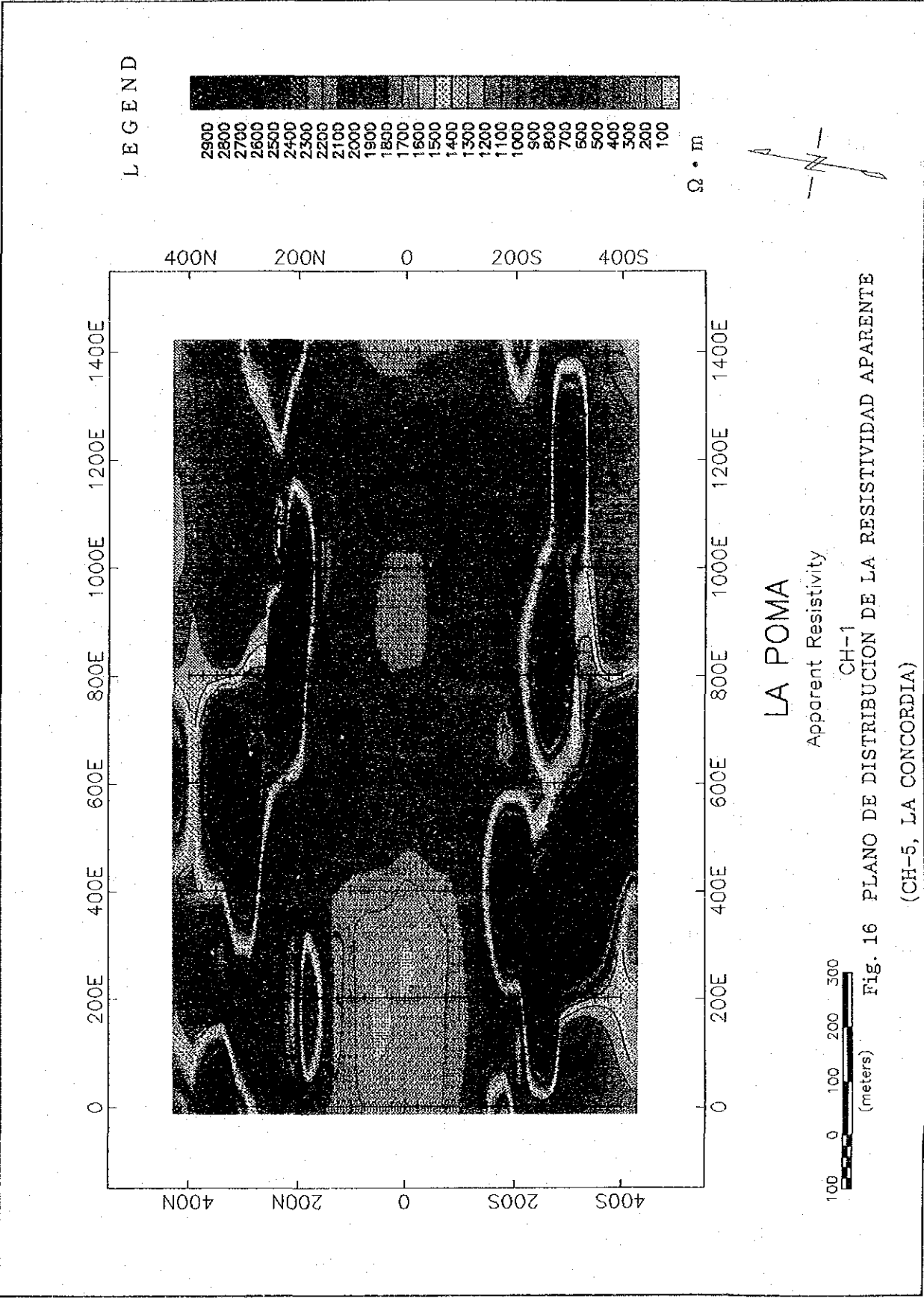
100N 200N 0 200S 100S



La Concordia  
Apparent Resistivity  
CH-1

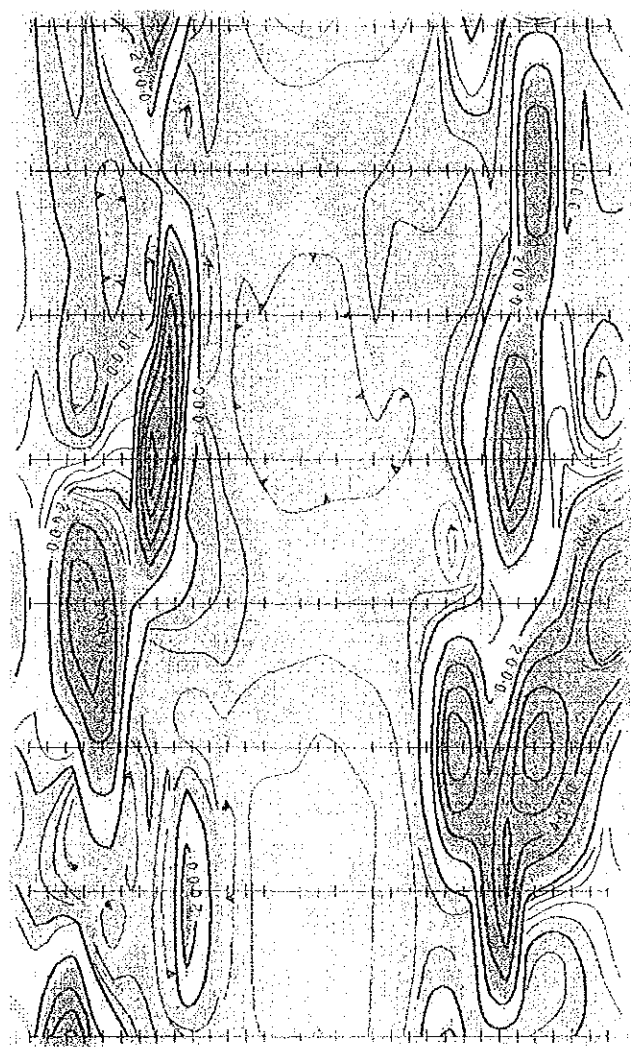
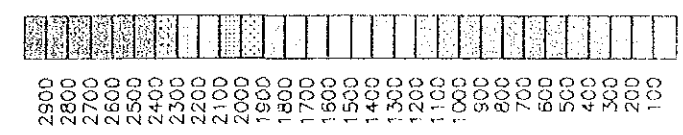








LEGEND

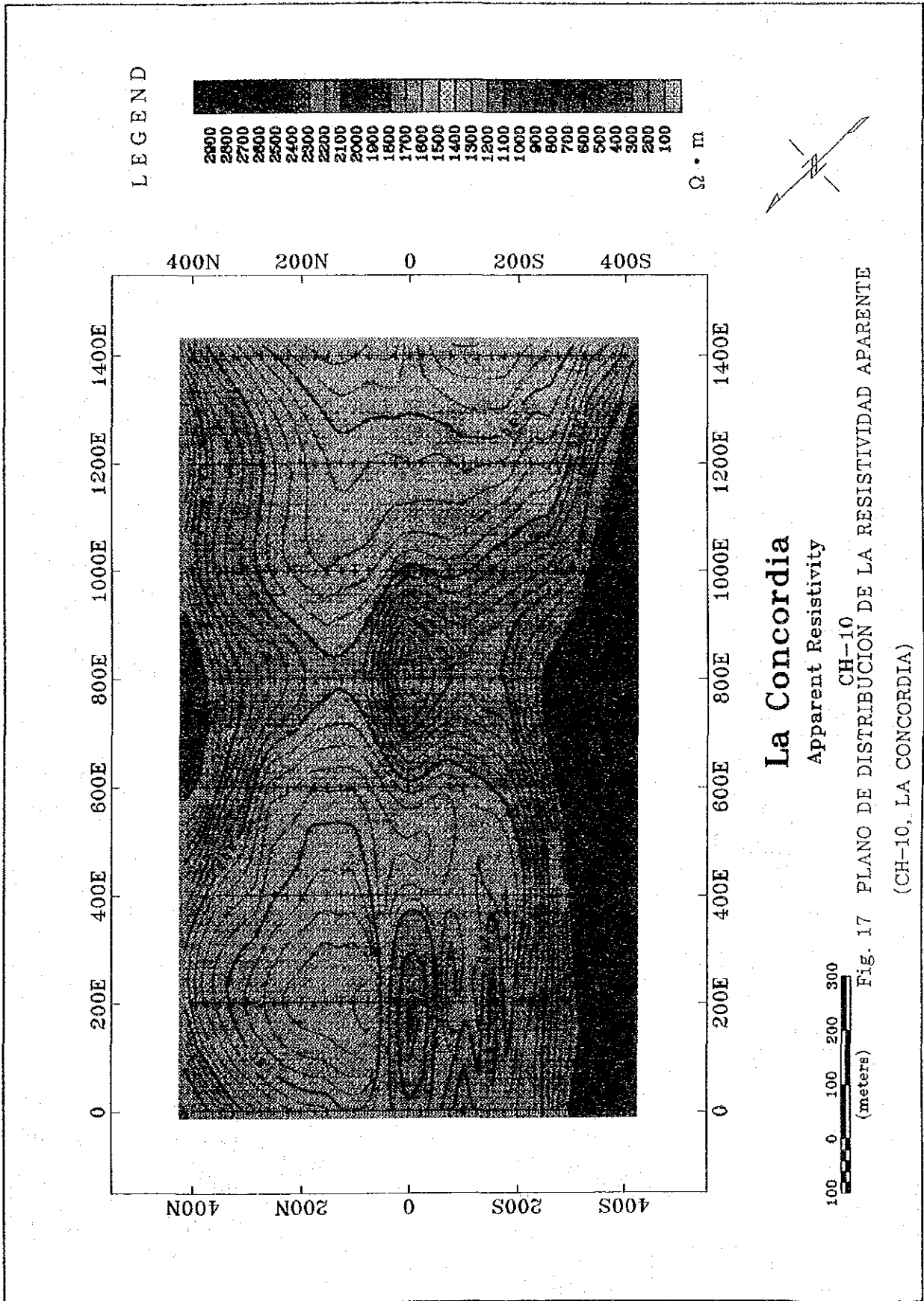


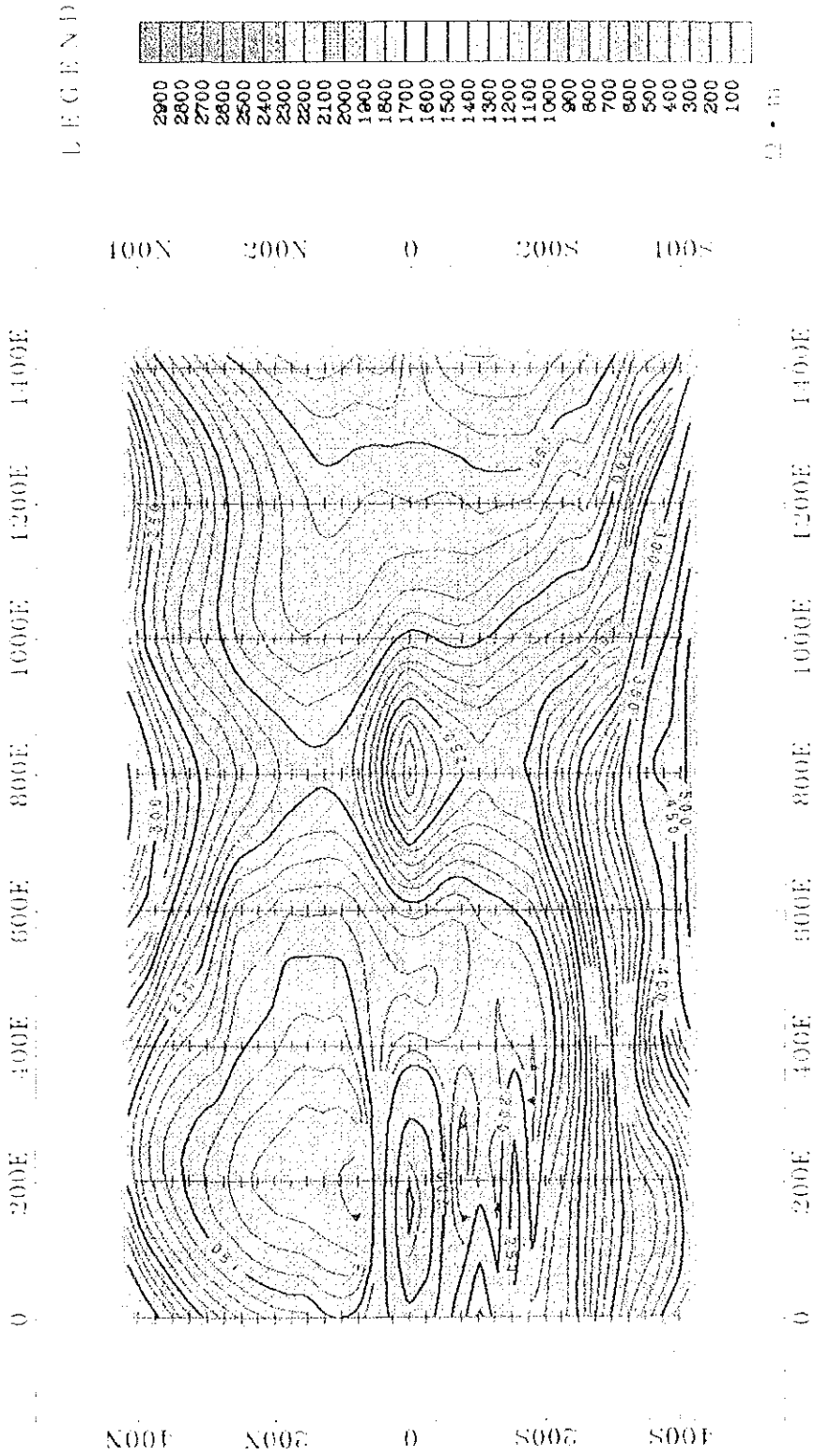
0 100 200

LA POMA

MAP OF PLANT ESTABLISHMENT OF LA RESISTIVIDAD APARENTE







# La Concordia

Apparent Resistivity

CH-10

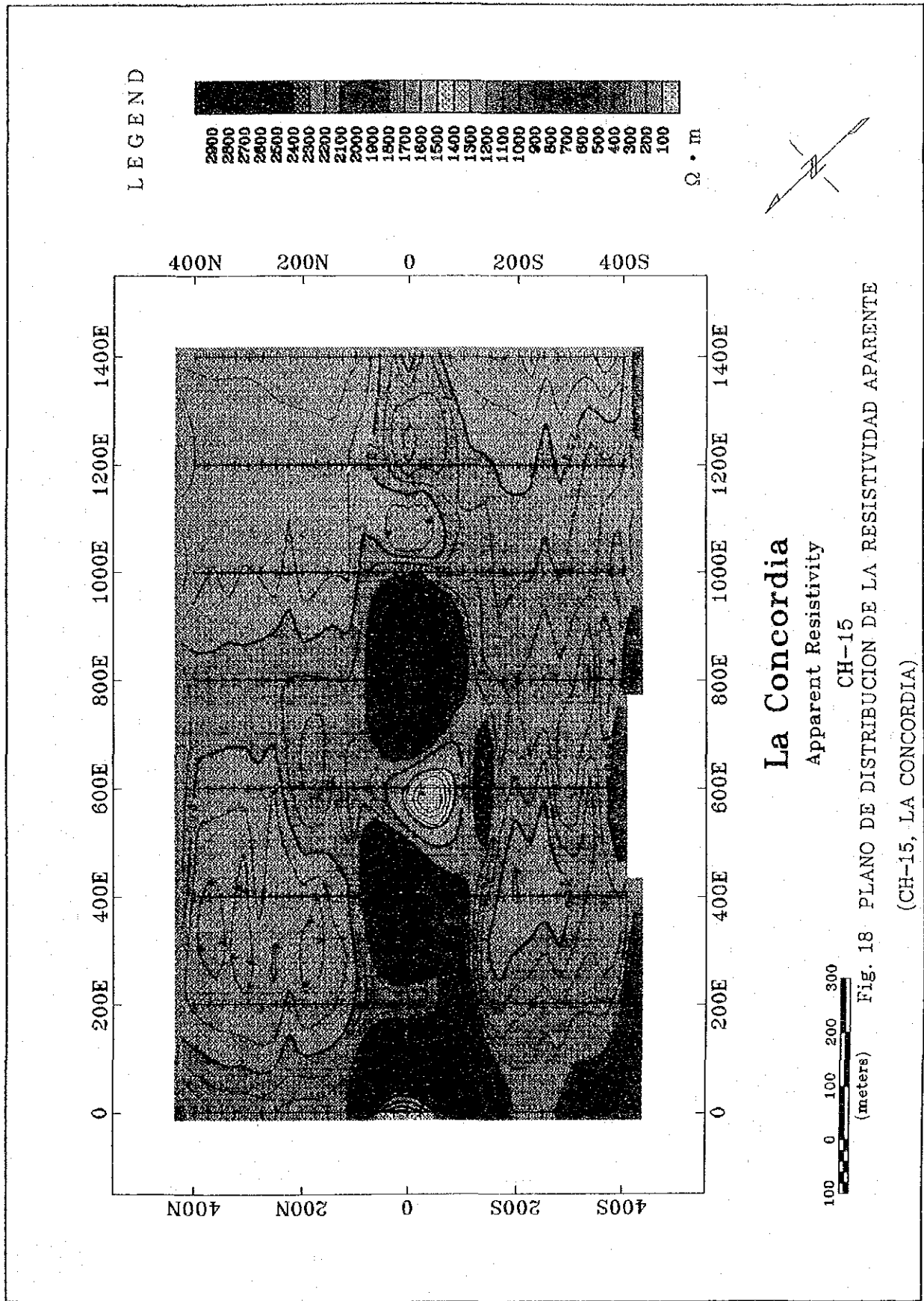
CONCORDIA STATION OF LA RESISTIVITY APPARENT

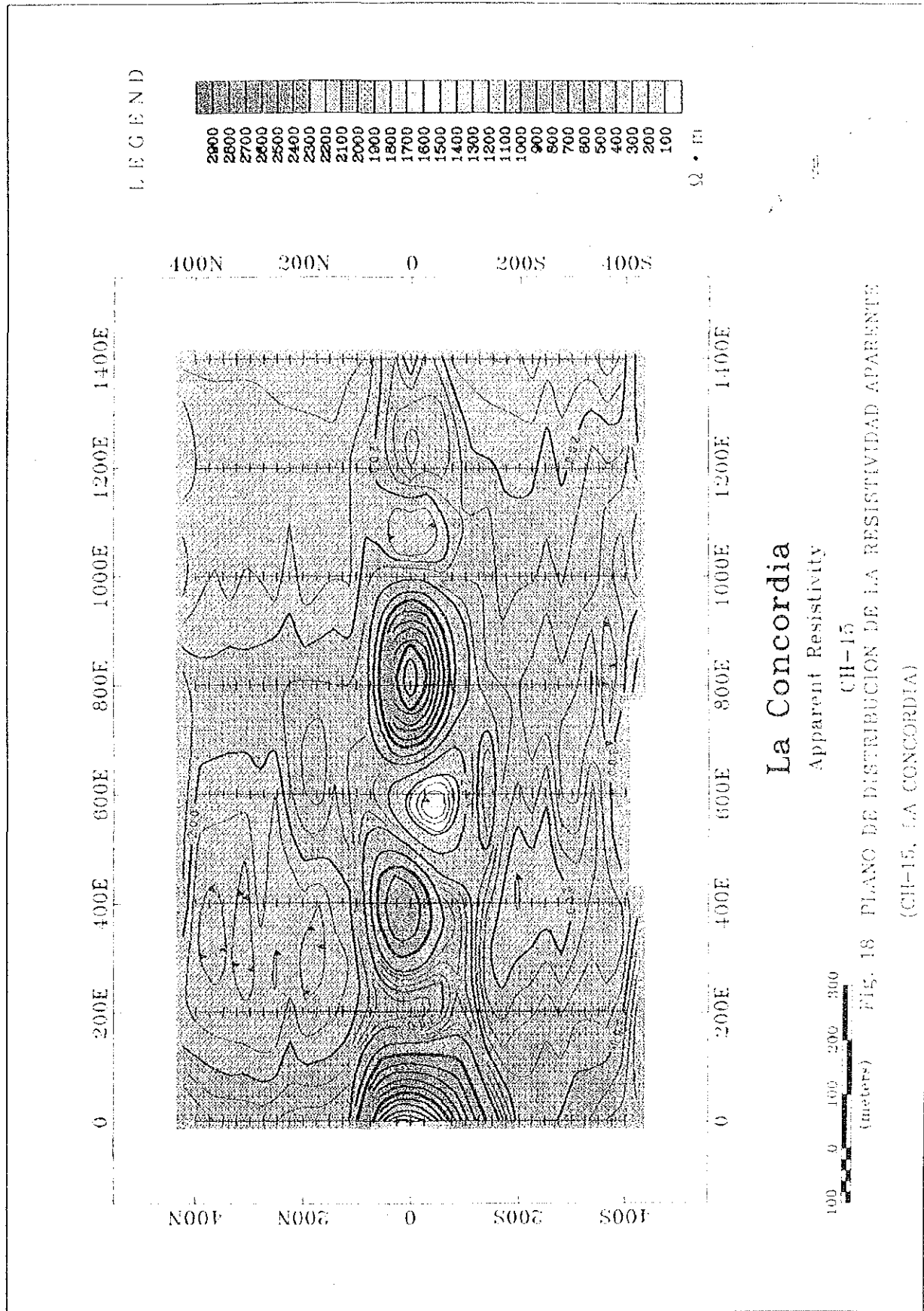
1960-1961













principio no se relacionan con zona mineral alguna, según los datos de superficie. Hacia el extremo noreste del área investigada se observa una gran anomalía de resistividad que se vincula con Veta La Paz. En la parte norte del área entre los perfiles C-3 y C-4 cerca del punto 300N se detecta una anomalía que no presenta ningún indicio superficial con alguna zona mineral.

(2) Resultados de la inversión para el modelo de estratificación horizontal.

La estructura en el interior de la tierra se asume en este caso como un semiespacio estratificado horizontalmente para realizar la interpretación automatizada. La inversión se basa en el método modificado Marquardt. Esta inversión consiste en lograr de forma automática que la resistividad aparente medida se ajuste a la calculada para un modelo de capas horizontales. La diferencia o errores entre los resultados del cálculo para un modelo inicial prefijado y los datos medidos se reduce paso a paso hasta un valor límite, haciendo variar dicho modelo hasta obtener el óptimo. Este método es empleado ampliamente, pero presenta la dificultad de que para el caso en que la estructura no se ajusta al modelo supuesto (estratificación horizontal) los errores lejos de reducirse, se incrementen o se obtenga un modelo muy diferente a la realidad geológica.

En esta área de estudio el objetivo perseguido es detectar las zonas minerales que en general presentan una inclinación perpendicular, por lo que la estructura de estratificación horizontal difiere ampliamente, por dicha razón este método de interpretación presenta grandes limitaciones en las condiciones de esta área. No obstante, a todos los datos medidos se les aplicó este análisis, pero los resultados obtenidos, en su mayoría no fueron satisfactorios.

En la Fig. 19 se presentan los resultados obtenidos mediante la inversión para un modelo de 4 capas, a los datos medidos en el punto C3N000 (punto central de la espira transmisora, perfil C-3). Comparativamente, este ejemplo de interpretación, para un modelo con estratificación horizontal, es bastante satisfactorio. En la parte derecha de la Fig. 19 se muestran los resultados obtenidos mediante la computadora, para un modelo de 4 capas, representándose en forma de gráfico los valores de resistividad y los espesores para cada una de las capas. A la izquierda de esta misma figura, en el gráfico los rombos representan los valores medidos de la resistividad aparente, mientras que la línea continua representa los valores calculados a partir del modelo de 4 capas representado en el gráfico de la derecha, como se puede observar, los datos

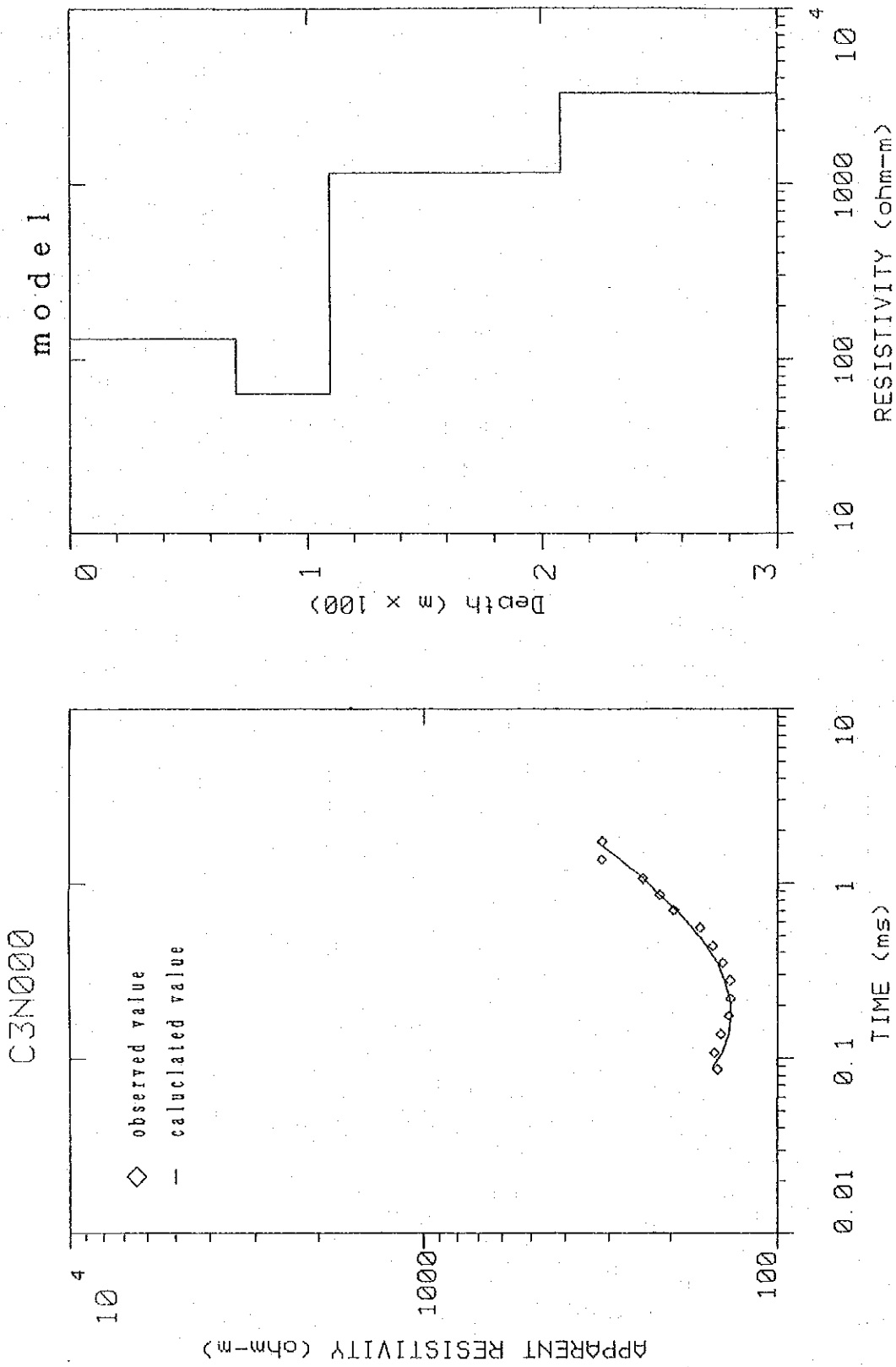


Fig. 19 RESULTADOS DE LA INVERSION PARA EL MODELO ESTRATIFICADO  
 HORIZONTALMENTE (LA CONCORDIA)



medidos y calculados poseen una buena coincidencia. En el modelo, la primera capa posee un espesor de 70 m y una resistividad aparente de 100 ohm-m aproximadamente y la segunda capa presenta valores de resistividad de 60 ohm-m aproximadamente. Por debajo de esta última se observa una tendencia al aumento de la resistividad.

Para todos los puntos de observación se realizó la inversión de los datos para el modelo estratificado horizontalmente, pero para la casi totalidad de ellos no se obtuvo una satisfactoria coincidencia entre los valores medidos y los calculados a partir del modelo. En el área, debido a que la estructura general de las vetas y las fallas tienen inclinación perpendicular, no es apropiado asumir el modelo de estratificación horizontal.

(3) Resultados de la inversión para el modelo multiestratificado (Occam's inversión).

Recientemente se ha extendido la aplicación de esta inversión, en la que la estructura se asume esta compuesta por un gran número de capas con espesores fijos (15 a 19 capas), de forma automatizada se hace variar solamente las resistividades de cada una de ellas, con la restricción de que resistividad de las capas adyacentes presenten una variación suave, de tal forma que estos valores de resistividad de este modelo se ajusten lo más posible a las resistividades medidas. Este método permite que el modelo inicial pueda ser homogéneo en algunos casos, lo que permite que todo el proceso sea automático sin la influencia a priori del hombre. En la Fig. 20, para el mismo punto de medición C3N000, se representan los resultados de esta inversión. Estos resultados son bastante similares a los obtenidos para el modelo de 4 capas, explicado anteriormente, solo que en la parte somera se evidencia una zona de resistividad algo elevada a la profundidad de 20m aproximadamente. Esta técnica de interpretación está en fase de desarrollo actualmente, por lo que en esta etapa solo es aplicable a las observaciones realizadas en las cercanías de la espira transmisora. No obstante, al igual que para la interpretación por el modelo estratificado horizontalmente, de la totalidad de las mediciones, para la mayor parte de ellas no se obtiene una satisfactoria coincidencia con los valores calculados para el modelo, por las mismas razones señaladas anteriormente.

(4) Resultados de la interpretación bidimensional

En el área de las investigaciones las zonas minerales presentan una evidente estructura bidimensional, a juzgar por los desfavorables resultados

C3N000

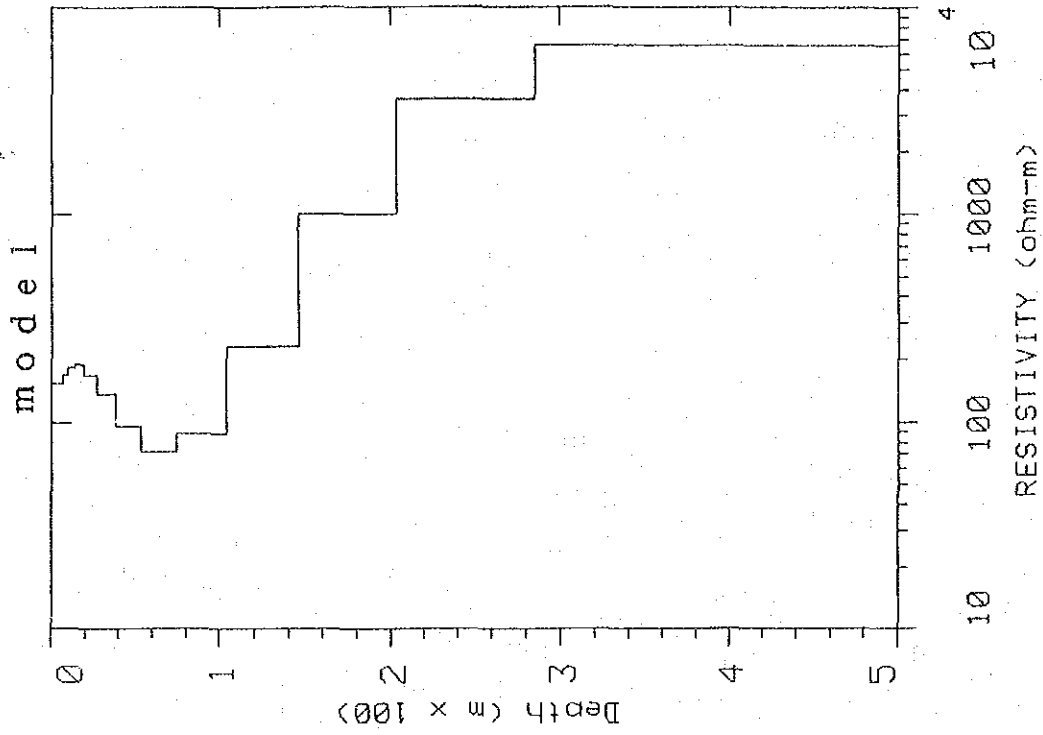
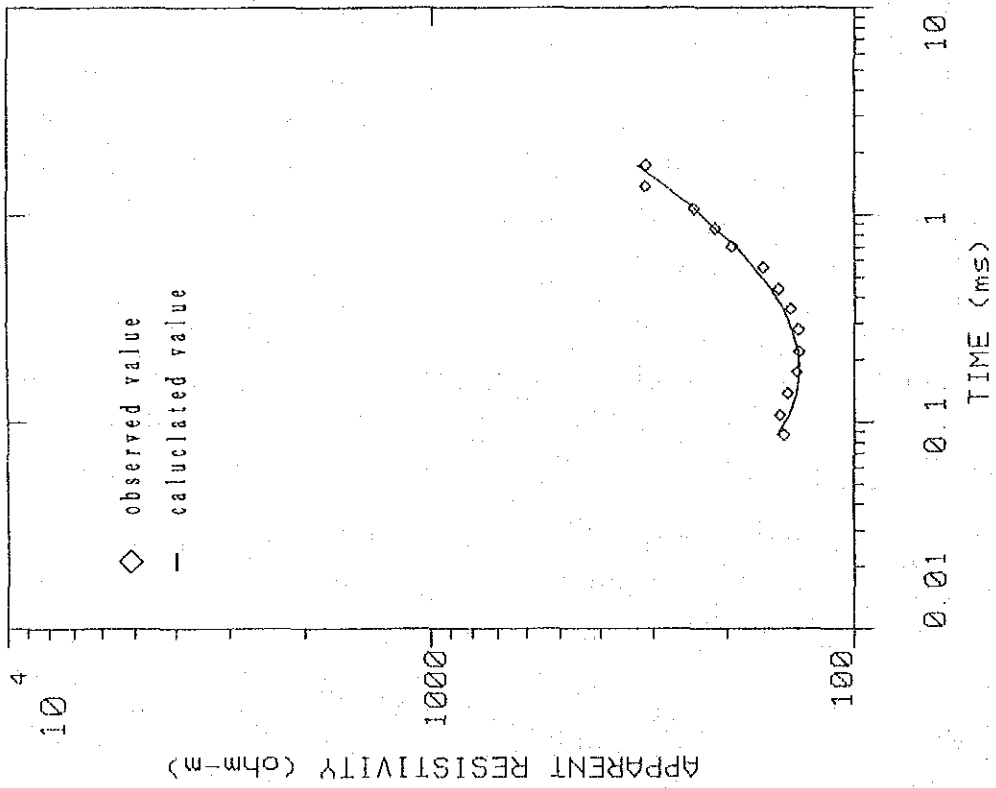


Fig. 20 RESULTADOS DE LA INVERSION PARA EL MODELO MULTISTRATIFICADO  
(LA CONCORDIA)

obtenidos a partir de los modelos de estratificación horizontal, además de que la metodología de investigación empleada esta orientada a reforzar la respuesta de las estructuras bidimensionales. Dado el conocimiento anterior de la estructura de las zonas minerales, se decidió emplear espiras transmisoras rectangulares de 200m x 100m cuyos lados mayores se situaron paralelamente a el rumbo esperado de las zonas minerales de tal forma que las mismas sean lo más sensitivas posible al método, factor que influye en los no satisfactorios resultados de las interpretaciones para los modelos de estratificación horizontal. Dado a que la metodología de las mediciones se adopto para una estructura bidimensional, se procedió a la interpretación correspondiente a este tipo de estructura. El programa empleado para el análisis bidimensional fué el de la tarea directa (forward) que se basa en el algoritmo de las aproximaciones diferenciales desarrollado en la Universidad de Utha (Adhijaja, et. al., 1985); la computadora empleada fue del tipo IBM-PC modelo (486DX, 66MHz), donde el tiempo de calculo para un modelo es de aproximadamente 30 minutos.

En el área de La Concordia los datos medidos (derivada del campo magnético) en los perfiles del C-1 al C-8 se presentan en la Fig.21. Los datos presentados corresponden a la normalización del voltaje medido por la corriente transmitida y las dimensiones de la espira transmisora y receptora. En la figura, para cada perfil, la posición de la espira transmisora esta representada por el valor 0m en el eje X. Las curvas representan los valores medidos (derivada del campo magnético) para cada uno de los canales, comenzando de arriba hacia abajo, se organizan los canales 1, 2, 3, y así sucesivamente hasta el canal 20.

Si el semiespacio fuese homogéneo, los resultados de las mediciones serían simétricos con respecto a la espira transmisora central. A partir de que se interrumpe la circulación de corriente en la espira transmisora, a medida que los tiempos son más cortos (número pequeño de canal) los valores de variación temporal del campo magnético aumentan y a medida que aumenta la distancia entre las espiras transmisoras y receptora estos valores disminuyen. A medida que aumentan los tiempos los valores de voltaje medidos al alejarse de la espira transmisora no decrecen. Esto se debe a que las corrientes en espiral inducidas en el terreno se difunden en una amplia área.

En la parte sur de los perfiles del C-1 al C-3 entre los puntos 100S y 200S se interpretó una zona de baja resistividad casi vertical y entre los perfiles del C-1 al C-5 para los datos profundos, se revela una gran anomalía