

# APLICACIÓN DEL METODO GEOELECTRICO PARA LA DETERMINACION DE HORIZONTES SALINOS EN LA COLONIA LLOVERAS – PCIA DE SAN JUAN – ARGENTINA

Armando L. Imhof<sup>1</sup>, Arturo E. Guell<sup>2</sup> & María S. Villagra<sup>2</sup>

*Received February 27, 2002 / Accepted August 13, 2002*

A fin de ubicar y en lo posible delimitar la presencia de horizontes saturados salinizados en la Colonia Lloveras, en el Departamento 25 de Mayo, provincia de San Juan, República Argentina; se programó y efectuó un estudio geoelectrico aplicando el método denominado Sondeo Eléctrico Vertical (SEV). En una primera etapa consistió en la ejecución de 10 SEV ubicados lo más uniformemente distribuidos, según lo permitieron las condiciones topográficas. En el caso de la Colonia Agrícola Lloveras, los antecedentes indican que existen en el subsuelo horizontes salinizados, por lo que se contó con información previa sobre sectores superficiales ya afectados por este problema. La metodología emprendida con apoyo geológico permitió determinar la localización, extensión, y en lo posible, espesor de horizontes salinizados o contaminantes en el subsuelo; inferir la influencia de los mismos en el desmejoramiento de la calidad del agua, así como los riesgos de salinización o contaminación de zonas no afectadas. A partir de los modelos teóricos calculados de los 10 SEV se conformaron 3 perfiles geoelectricos distribuidos en forma tal, de posibilitar un modelado global de la zona estudiada. Se identificó la existencia de grandes variaciones laterales de resistividades verdaderas (ohm.m) debido, en parte a la variación en la granulometría producida por el hecho de que toda la zona es aluvional. Se alternan sectores de material fino (arcilla y/o limos, arena fina) con aluvión medio (arenas). A esto hay que añadir el hecho de la presencia de salitre superficial (observado a simple vista en varios sectores). Se destaca, dentro de esta situación, una zona de máxima conductividad eléctrica, hacia el W del sector de estudio. Por último, cabe acotar que se trata en general de una zona de singular dinámica hídrica por aportes de caudales y sedimentos de los ríos San Juan y Mendoza. Presencia de bañados y lagunas, conocidas como Lagunas de Guanacache.

**Palabras clave:** Sondeo eléctrico vertical; SEV; Schlumberger; Colonia Lloveras.

## ***RESISTIVITY SOUNDING METHOD APPLIED TO SALINE HORIZONS' DETERMINATION IN COLONIA LLOVERAS – SAN JUAN PROVINCE – ARGENTINA***

*- To locate and, if possibly, delimitate the presence of underground saline saturated horizons at Colonia Lloveras, 25 de Mayo department in San Juan province, Argentine Republic; a geoelectric research using the Vertical Electrical Sounding (VES) method has been programmed and actually carried out. A first step consisted on the execution of 10 V.E.S. as evenly distributed as possible, as was permitted by topographical conditions in the area. In the case of Colonia Agrícola Lloveras, previous studies point to the existence of saline saturated layers in the subsoil, a problem which has already affected superficial areas. The methodology applied, with geological support, made it possible to determine the location, extension and whenever possible, the thickness of saline or polluting layers in the subsoil; to infer their influence in the deterioration of water quality. Starting from the calculated theoretical models of the 10 V.E.S., three geoelectrical profiles were adjusted and distributed in a way suitable to make a global modelling of the studied area. The existence of great lateral variations of true resistivities (ohm.m) has been identified, partly due to the variation of particulate size provoked by the fact that the entire region is alluvial. Areas of fine material (such as clay and / or mud, fine sand) alternate with*

*alluvium (sands). In addition, there is saltpeter at surface level (which can actually be seen in several places). In this situation, it is prominent an area of maximum electrical conductivity situated westwards and southwards. Finally, in general, this is an area drained by streams and sediments of San Juan and Mendoza rivers. There are marshes, swamps and lagoons, known as "Lagunas de Guanacache".*

**Key words:** Vertical Electrical Sounding; V.E.S.; Schlumberger; Colonia Lloveras.

<sup>1</sup> Instituto Geofísico Sismológico Volponi / Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales Ignacio de la Roza y Meglioli.  
Rivadavia. C.P. 5400, San Juan, República Argentina.  
Fax: (54) 264 4234980. Tel.: 54 264 4945015.  
E-mail: aimhof@unsj.edu.ar  
Dirección Postal: Ruta 12; km 22,7 - 5401 - ZONDA / SAN JUAN / REPUBLICA ARGENTINA

<sup>2</sup> Instituto Geofísico Sismológico Volponi / Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales Ignacio de la Roza y Meglioli.  
Rivadavia. C.P. 5400, San Juan, República Argentina.  
Fax: (54) 264 4234980. Tel.: 54 264 4945015.

## INTRODUCCION

La Colonia Agrícola Lloveras está ubicada en el sur del Valle de Tulum, donde el cauce del Río San Juan cambia su dirección Norte -Sur, para orientarse hacia el sudeste. La zona de trabajo ocupa el sector sudoeste del Departamento 25 de Mayo.

Los acuíferos que se explotan para riego en esta región se encuentran a profundidades entre 210 y 300 m. Debido al elevado costo de perforación, se intentó definir zonas de mejor calidad de agua, así como mejores condiciones de extracción (aluvión) a la menor profundidad posible.-

Para el estudio se seleccionó un área de aproximadamente 25 km<sup>2</sup> que limita al Este con las

vías del Ferrocarril General Belgrano a la altura de la Estación Punta del Agua. Al Oeste y Sur con el río San Juan, y al Norte se estableció como límite una calle interna de la Colonia Lloveras.

La zona, desde el punto de vista geomorfológico, es una llanura de escasa pendiente, en cuya formación ha tenido gran relevancia el comportamiento de los caudales y arrastre de sedimentos de los ríos San Juan y Mendoza. El cauce del río San Juan se desplaza de Norte a Sur y dentro de la zona de estudio, cambia su dirección hacia el Este, definiendo el límite Sur del sector. El río Mendoza, desde al Sur aporta caudales y sedimentos, conformándose un área de bañados y lagunas agrupados genéricamente bajo el nombre de Lagunas de Guanacache.

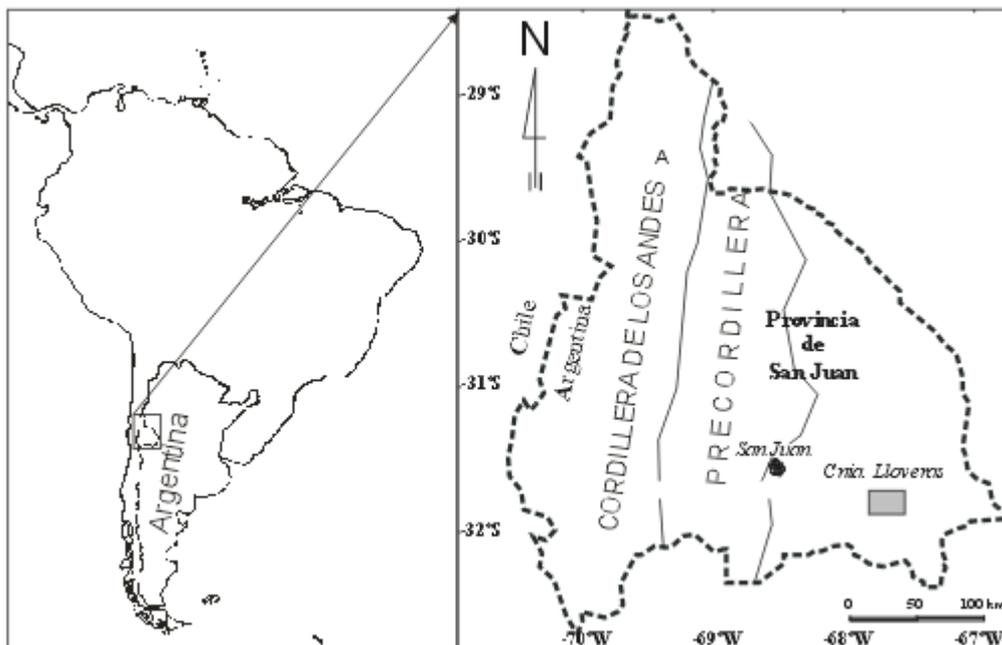


Figura 1 - Zona de estudio

Figure 1 - Study area

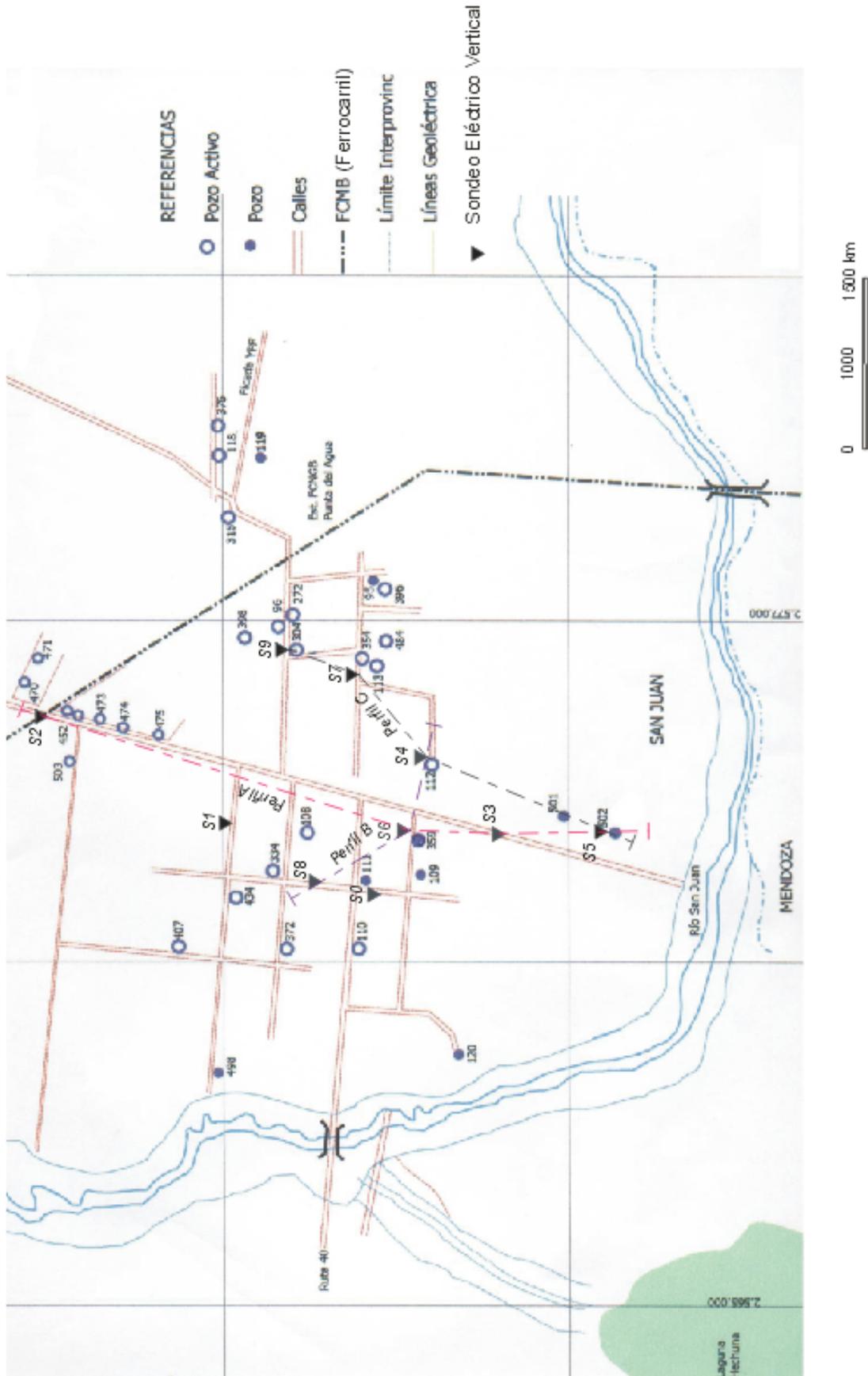


Figure 2 - Location of v.e.s. and geoelectric profiles

Figura 2 - Ubicación de los sev y perfiles geoelectricos

El suelo es arenoso o limo arenoso con vegetación xerófila y halófila, con monte nativo bajo y disperso, de algarrobos, jarillas y retamos (ROCA, 1970). En dirección al cauce del río, se observa una importante línea de médanos de regular altura.

En las fotografías aéreas se pudieron visualizar cauces abandonados y antiguos meandros, indicios de la singular dinámica hidrológica de la zona. El relieve es plano, con sedimentos finos salinizados, limos, arcillas y arenas, apreciándose también médanos arenosos de escasa altura.

El subsuelo está constituido por un importante espesor de sedimentos cuaternarios, dispuestos sobre sedimentos de edad terciaria constituidos por areniscas, arcillitas y limolitas, con bancos de conglomerados.

Los sedimentos cuaternarios son de origen fluvial, lacustre y eólico (ROCA, 1970):

**Fluvial:** Se observan en los perfiles de pozos y son limos, arcillas, arenas y a mayor profundidad (en algunos sectores alrededor de 250m) gravas y arenas gruesas. Constituyen los acuíferos explotables.

**Lacustre:** Están distribuidos en superficie y en el subsuelo. Son sedimentos finos, depositados en ambiente lacustre, en clima árido a semiárido con fuerte evaporación. Se trata fundamentalmente de arcillas, limos calcáreos y yeso cristalizado o en formas terrosas y granulares. También se identifican en los perfiles de pozos relevados, la denominada "tosca" que son arenas finas fuertemente cementadas con carbonatos de calcio y yeso ( $\text{CO}_3\text{Ca}$  y  $\text{SO}_3\text{Ca}$ ). Los sedimentos lacustres se interdigitan con los sedimentos fluviales y constituyen acuíferos salinizados.

**Eólico:** Son médanos de arenas muy finas que aparecen en ambas riberas del río San Juan y distribuidas en toda la zona de estudio.

## METODOLOGÍA

### Revisión Teórica

El método geoelectrico consiste básicamente en emitir al terreno corriente continua o pulsante de baja frecuencia a través de un par de electrodos de acero (A y B) dispuestos en forma simétrica respecto del punto de atribución; y medir la diferencia de potencial (DV) a través de otro par de recepción (M y N)

dispuestos de igual forma. El subsuelo actúa como impedancia, de tal forma que, al variar la separación interelectródica ello implicará, por una parte abarcar un mayor volumen de terreno entre los electrodos, lo que modificará la impedancia (resistividad aparente) y, por otra, una mayor profundidad de penetración de la corriente en el subsuelo, con aumento de la profundidad de investigación.

La ecuación implícita para el cálculo de la FRA (Función de Resistividades Aparentes) viene dada por la siguiente expresión:

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

siendo "K" el factor geométrico, función de la distancia interelectródica:

$$K = 2\pi \cdot \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right) \quad (2)$$

El potencial a una distancia 'r' de una fuente de corriente puntual ubicada sobre un medio estratificado horizontalmente es:

$$V(r) = \frac{I}{2\pi \cdot r} \cdot \int_0^\infty FTR(\lambda) \cdot Jo(\lambda \cdot r) d\lambda \quad (3)$$

donde FTR(1) es la función característica de SLICHTER multiplicada por la resistividad de la primera capa.

Haciendo las sustituciones:

$$l = e^{-y}$$

$$r = e^x$$

reemplazando éstas en la ecuación anterior, discretizando obtenemos la siguiente integral de convolución para el potencial:

$$V(r) = \frac{I}{2\pi \cdot r} \cdot \sum_{j=\beta}^{\alpha} FTR(\ln r - nj) \cdot bo(nj) \quad (4)$$

donde:

nj = abcisa del coeficiente de filtro

a = corrimiento hacia los menores valores de la FTR(u)

b = corrimiento hacia los mayores valores de FTR(u).

La diferencia de potencial entre los electrodos de potencial MN es:

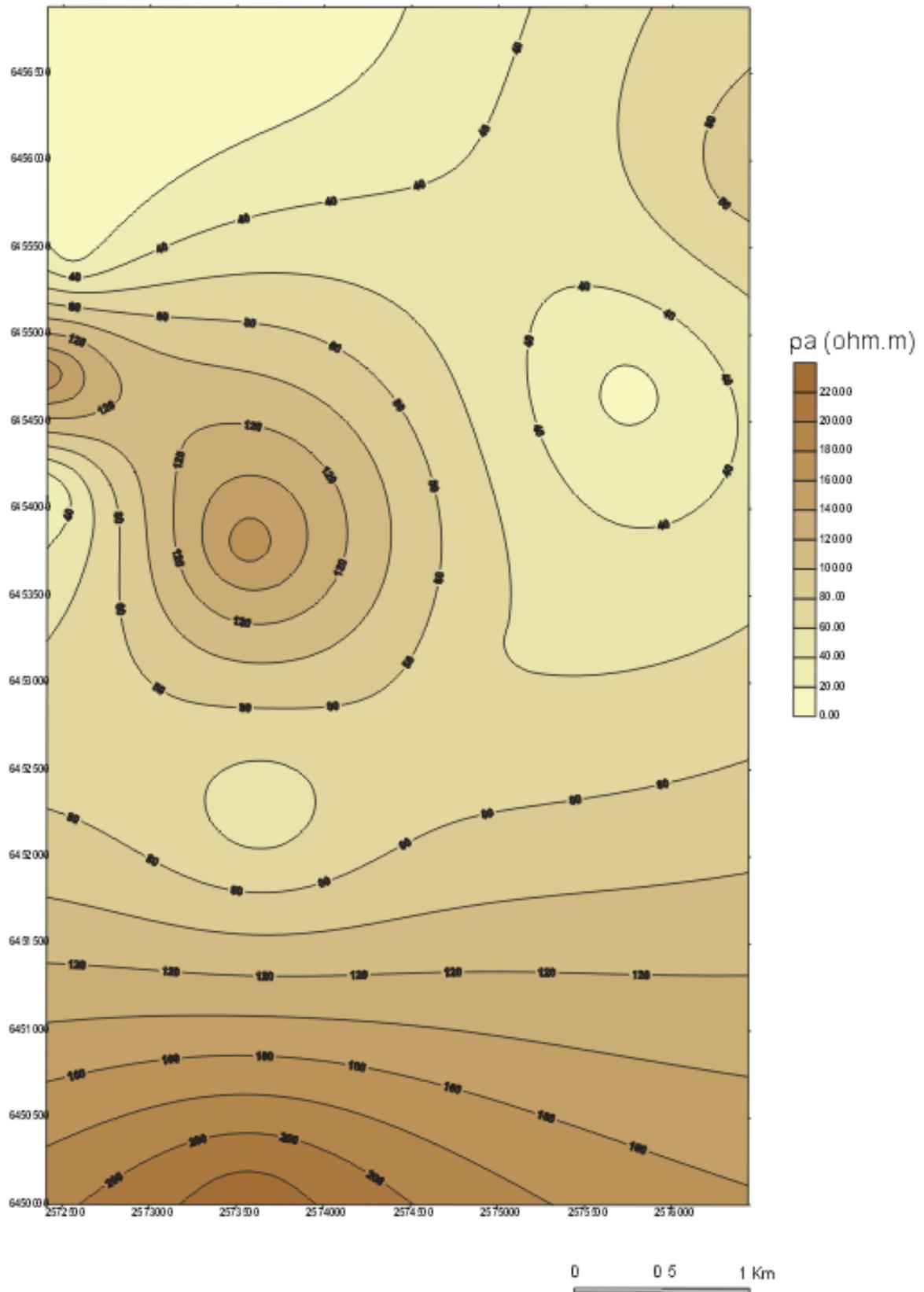


Figura 3 - Mapa de isoresistividad aparente ( $AB/2 = 1.5m.$ )

Figure 3 - Apparent resistivity map ( $AB/2 = 1.5m.$ )

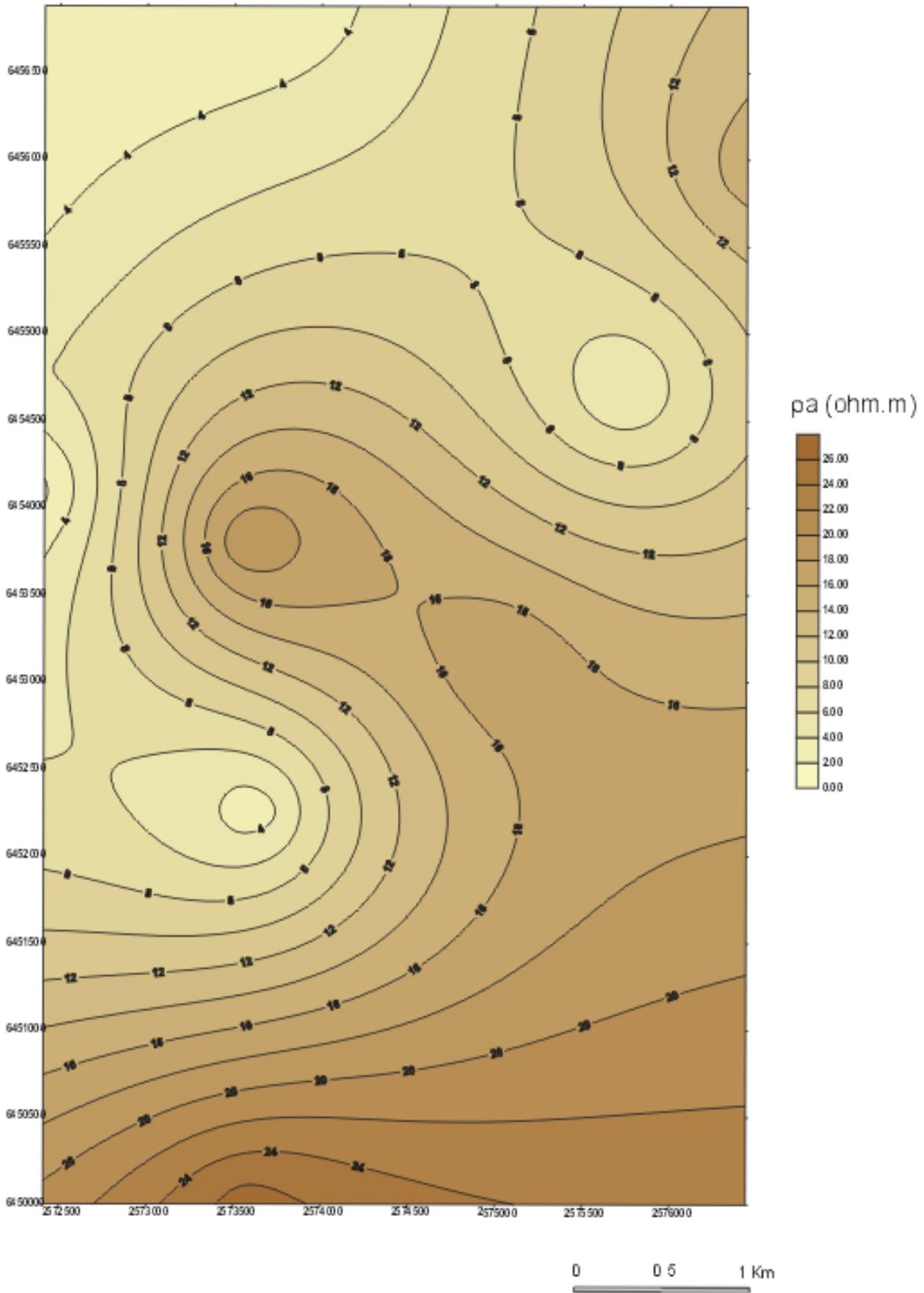


Figura 4 - Mapa de iso-resistividad aparente (AB/2=10m.)

Figure 4 - Apparent resistivity map (AB/2 = 10m.)

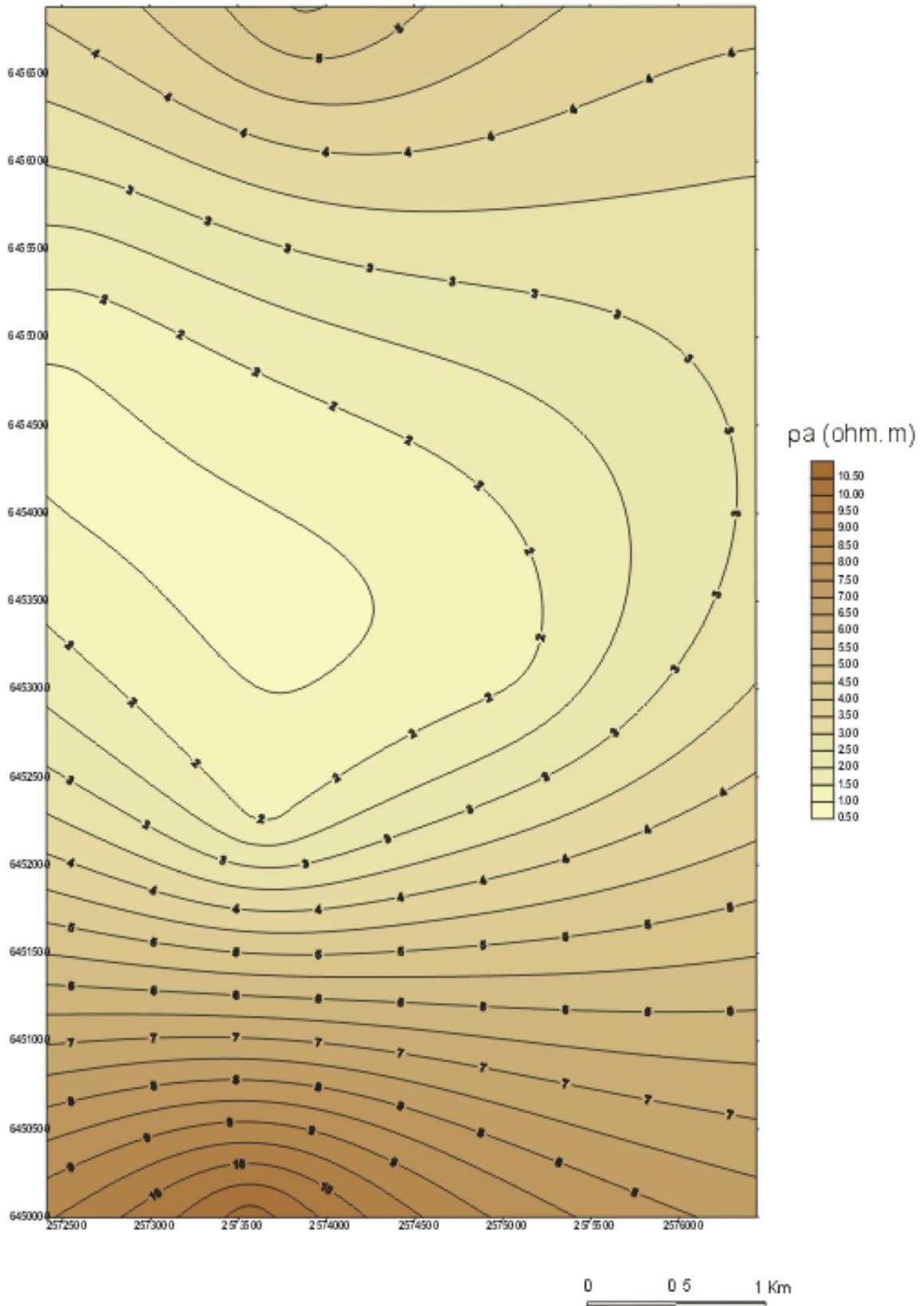
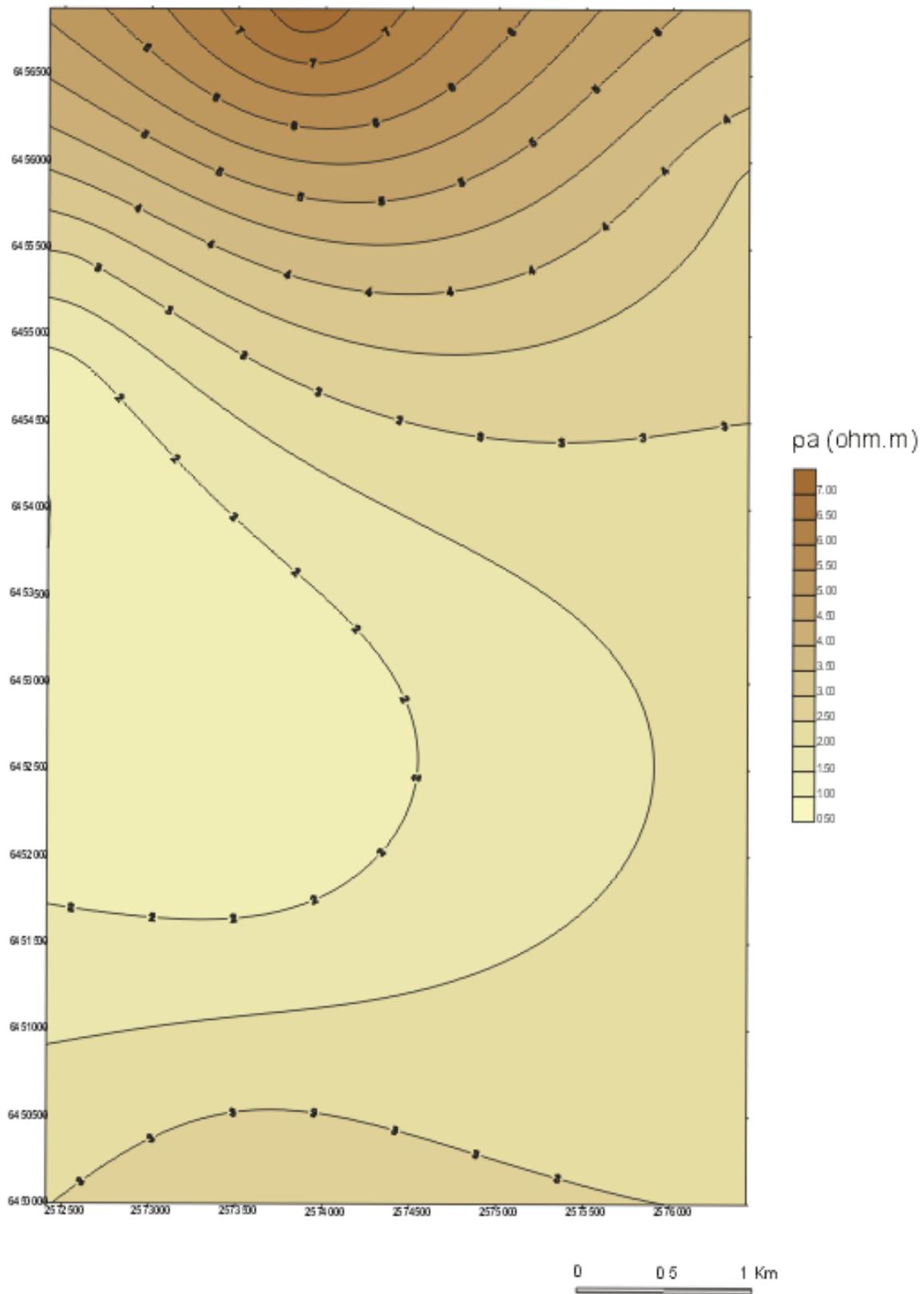


Figura 5 - Mapa de isoresistividad aparente (AB/2=50m.)

Figure 5 - Apparent resistivity map (AB/2 = 50m.)



**Figura 6** - Mapa de iso-resistividad aparente (AB/2=100m.)

**Figure 6** - Apparent resistivity map (AB/2 = 100m.)

$$\Delta V = V(rAM) - V(rAN) - V(rBM) + (rBN) \quad (5)$$

Operando con la ec.(4) y con la anterior se obtendrá DV para la configuración GENERICA 'i':

$$\Delta Vi = \frac{I}{2\pi} \cdot \sum_{j=\beta}^{\alpha} FTRij.boj \quad (6)$$

Reemplazando en la ec.(1) las ecs.(2) y (6) se obtiene la expresión de convolución definitiva para la FRA para un dispositivo genérico tetraelectrónico:

$$FRAi = KGi \cdot \sum_{j=\beta}^{\alpha} FTRij.boj \quad (7)$$

boj constituye para nuestro caso el filtro de DAVIS (O'NEILL et al, 1984) que se convoluciona con la FTR (Función de Transformada de Resistividades) que es una función de los parámetros del corte (resistividades verdaderas y espesores de capas).-

### Trabajo de Campo

Los trabajos se iniciaron con la búsqueda y análisis de la información geológica e hidrogeológica existente. Para el estudio previo regional de la zona, se recurrió a fotografías aéreas en escala 1:25.000 y a una ampliación a Escala 1: 120.000 de la imagen satelital del Vuelo Columbia de 1984.

Como primera medida se llevó a cabo un reconocimiento geológico – geofísico (preliminar a la campaña en sí) de la zona de trabajo a fin de detectar anomalías superficiales, tales como cambios de vegetación (indicadores de fallas), modificaciones edáficas, topografía, estructuras geológicas presentes, etc.

Se procedió luego a la prospección geoelectrica, con la ejecución de 10 SEV con separaciones entre electrodos de emisión (AB) de hasta 600 metros, de acuerdo a las condiciones del terreno: accesibilidad y/o estructuras complejas del mismo que hicieran innecesario una extensión mayor (Fig.2).

La exploración eléctrica se realizó mediante la técnica SEV, usando dispositivos simétricos denominados SCHLUMBERGER.

Las separaciones AB/2 empleadas en el relevamiento de los SEVs fueron las siguientes: 1.5 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6.5 - 8 - 10 - 15 - 20 - 30 - 40 - 50 - 65 - 80 - 100 - 150 - 200 - 300 m.

## PROCESAMIENTO

### Análisis de los datos de SEV

El análisis de los datos de los SEV se efectuó primero en forma cualitativa, representando mapas de iso-resistividad aparente y mapa de tipo de curvas a fin de detectar cambios laterales de estructuras y facilitar la ubicación de fracturas y otras anomalías presentes (tales como, por ejemplo aumento o disminución de niveles salinos laterales).-

Posteriormente se procedió al cálculo cuantitativo, para lo cual se utilizó como apoyo el software de diseño propio AXIDIS 3.0 (IMHOF, 1990), desarrollado a partir de la teoría descrita.

La interpretación cuantitativa de las curvas de los S.E.V., que brinda como resultado el corte geoelectrico en cada punto investigado, se efectuó según la metodología antes indicada, obteniéndose como resultado final, y como ejemplo, los modelos de Figs 7 y 8.

A partir de los cortes geoelectricos, se han elaborado 3 perfiles geoelectricos Figs. 10 a 12.

## RESULTADOS

### Interpretación Cualitativa

La interpretación cualitativa se efectuó mediante la confección de mapas de iso-resistividad aparente para diferentes separaciones interelectrónicas AB/2 (Fig. 3 - 6).

Por otra parte, luego del procesamiento inicial de las curvas de campo de SEV, consistente en la ejecución de los correspondientes empalmes, se procedió a delinear un Mapa de Tipos de Curvas de SEV, a fin de poder visualizar en forma global las diferentes variaciones de los horizontes en profundidad (Fig. 9).

En Figs. 3 y 4 se observa que el sector de valores mínimos de resistividad aparente se encuentra entre los SEVs 1 y 2 hacia el NW del sector de estudio; prolongándose en forma de cuña hacia el SE. Esto ocurre en forma muy superficial.

Del análisis del resto de los mapas iso-resistivos se concluye que en profundidad dicho sector de

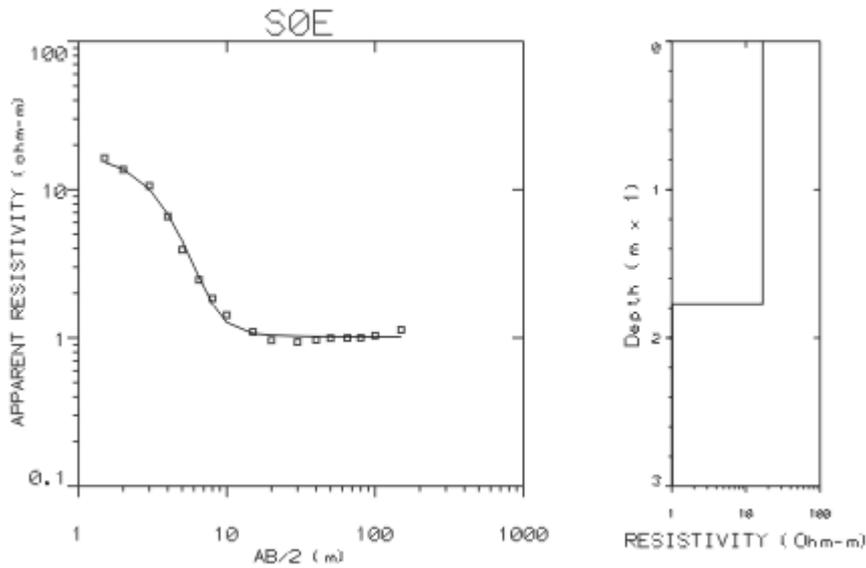


Figura 7 - Modelo geoelectrico (SEV 0)

Figure 7 - Geoelectrical model (V.E.S. 0)

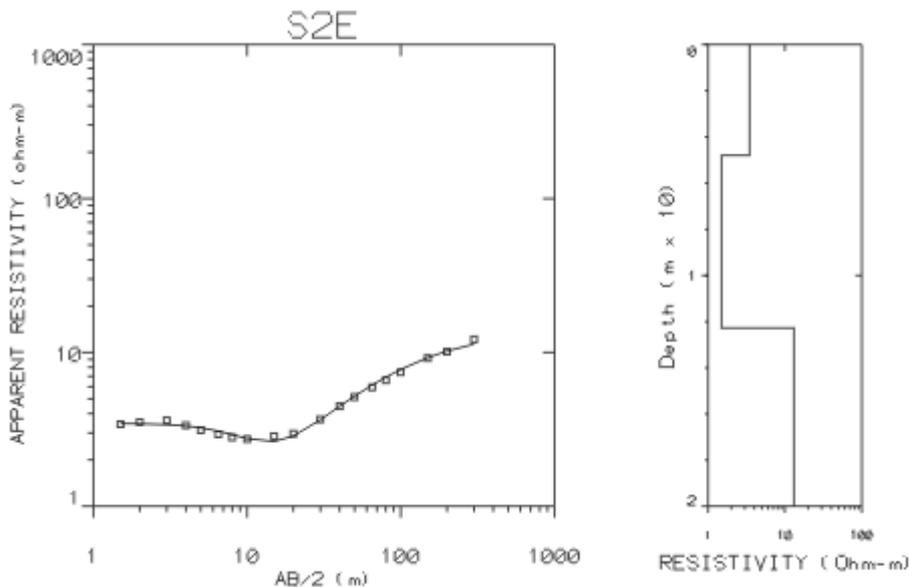


Figura 8 - Modelo geoelectrico (SEV 2)

Figure 8 - Geoelectrical model (V.E.S. 2)

máxima conductividad se desplaza hacia el centro – este y ligeramente al S de la zona estudiada pudiéndose apreciar los valores mínimos de resistividad aparente bajo los SEVs 3 – 6 – 0 y 8 (Fig. 5 – 6)

Desde otro punto de vista y haciendo el análisis del Mapa de Tipo de Curvas (Fig. 9) se puede dividir la zona de estudio en tres sectores (I, II y III) atendiendo al tipo de curva predominante en cada uno de ellos.

De acuerdo a ello se constata en forma inmediata que la conductividad de los horizontes aumenta hacia el S (Fig.9, SEVs S5 y S3, sector I, curvas QQ) y

hacia el SE (Fig.9, SEVs S4, S7, S9 y S6, curvas KQ).

En realidad la única diferencia entre los sectores I y II radica en los valores más altos de resistividad aparente en superficie, correspondientes al sector II; probablemente debido a la presencia de suelo de mayor granulometría (arenas y limos) que al S donde predominan las arcillas.

Diferente es el caso del sector III, con curvas QH y H que indican una disminución de los valores de conductividad en profundidad (por la tendencia

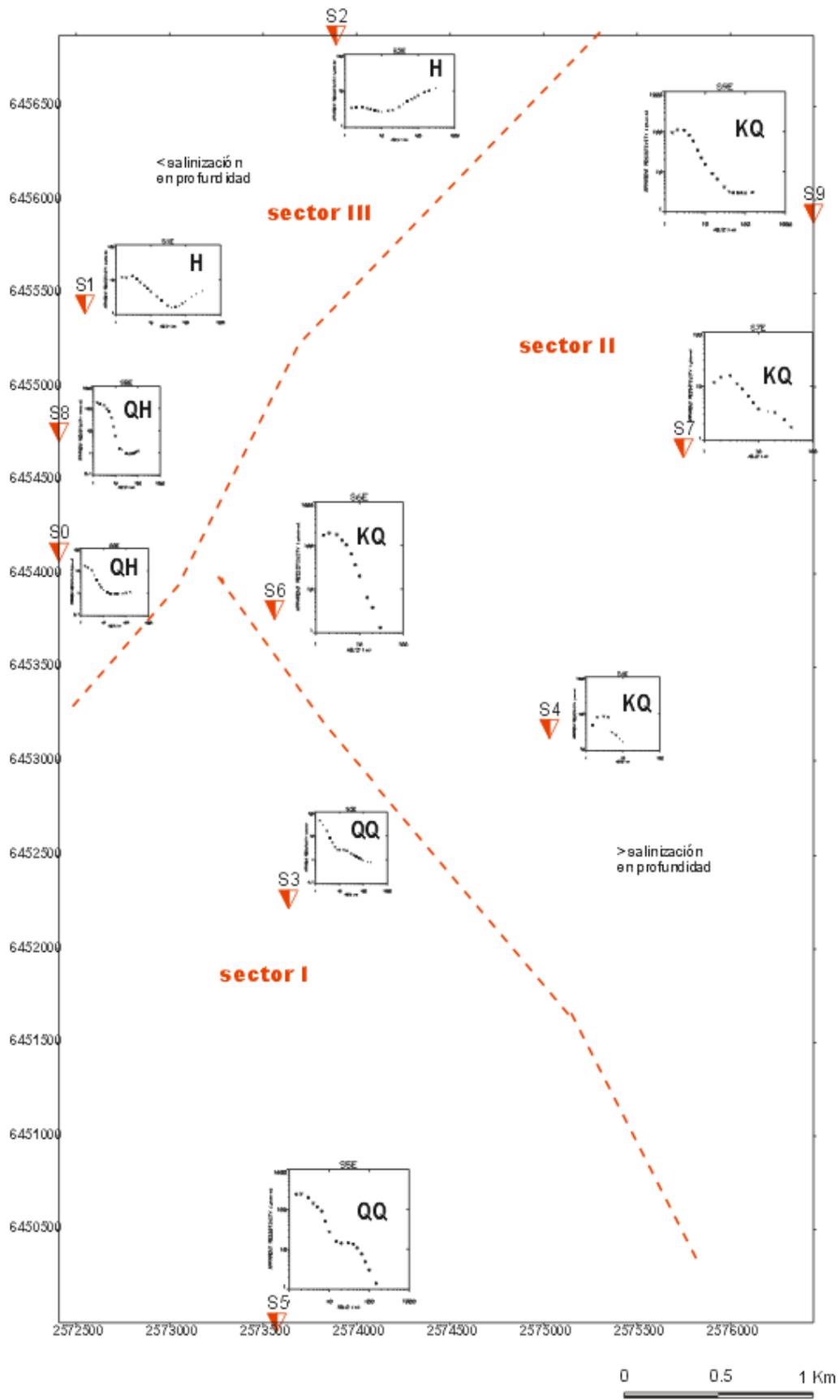


Figura 9 - Mapa de tipo de curvas

Figure 9 - Type-of-curves map

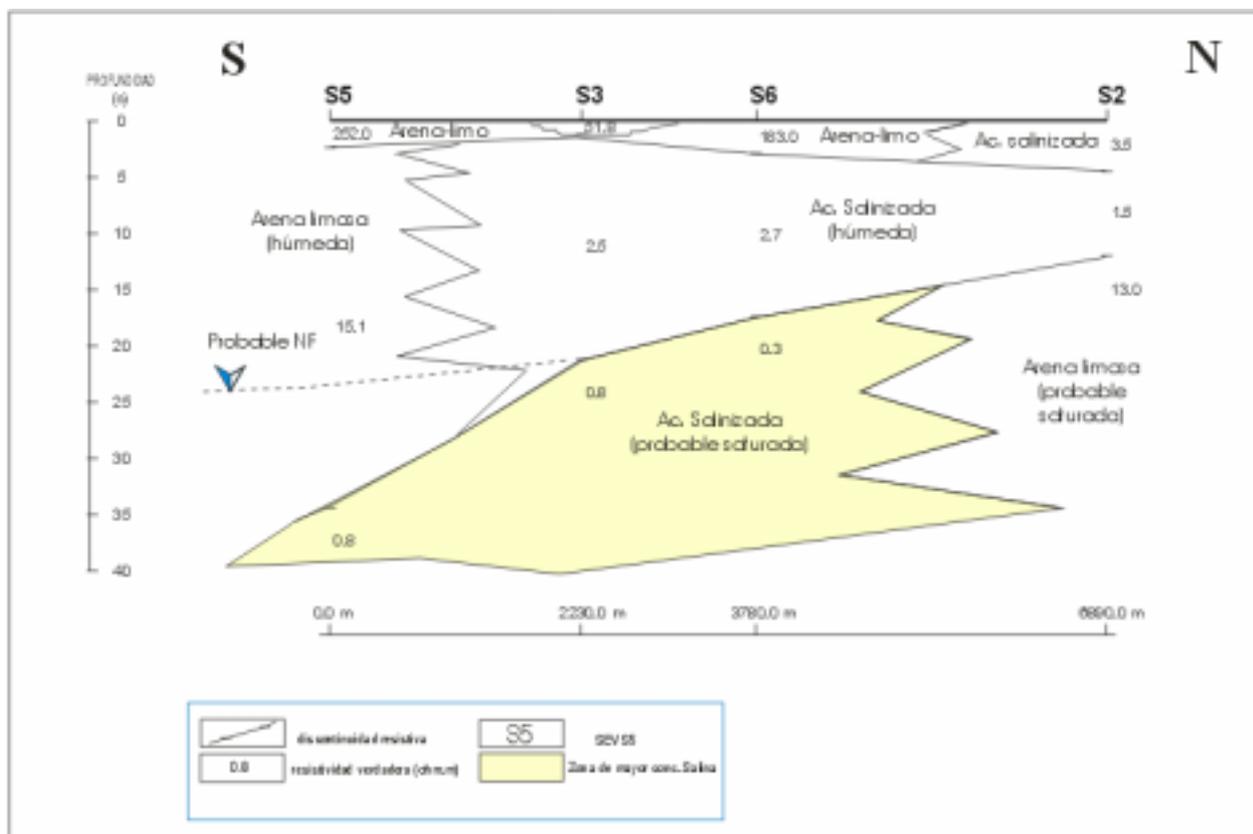


Figura 10 - Perfil geoelectrico A-A'

Figure 10 - Geoelectric profile A-A'

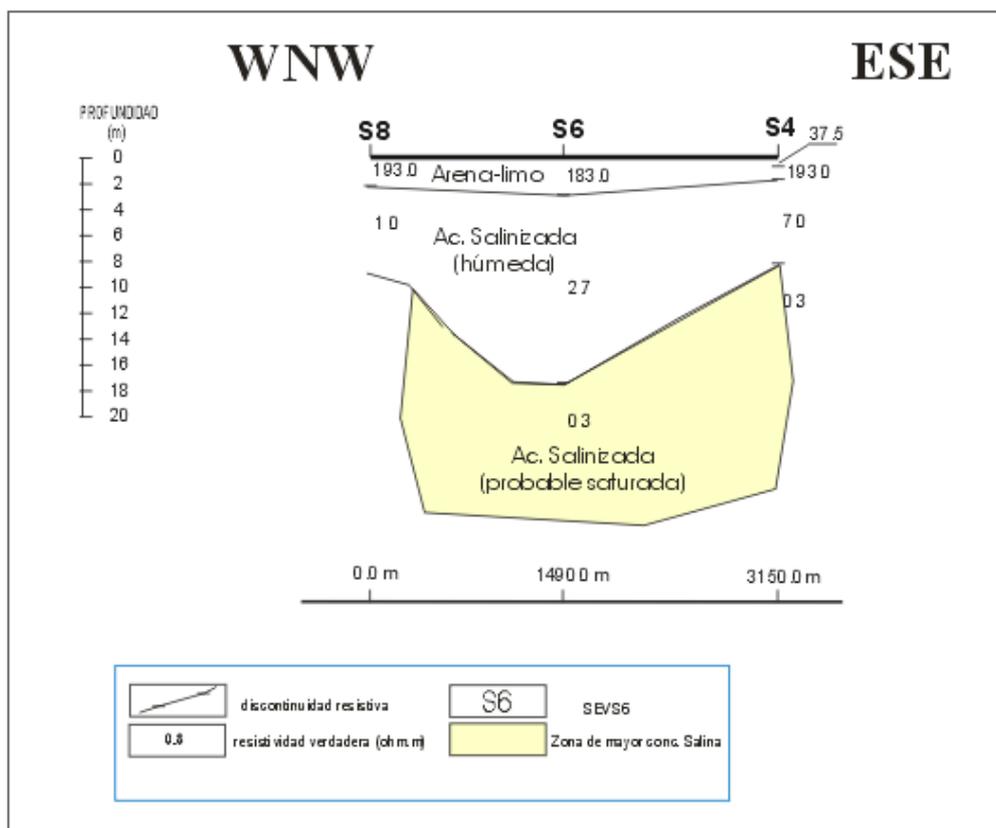
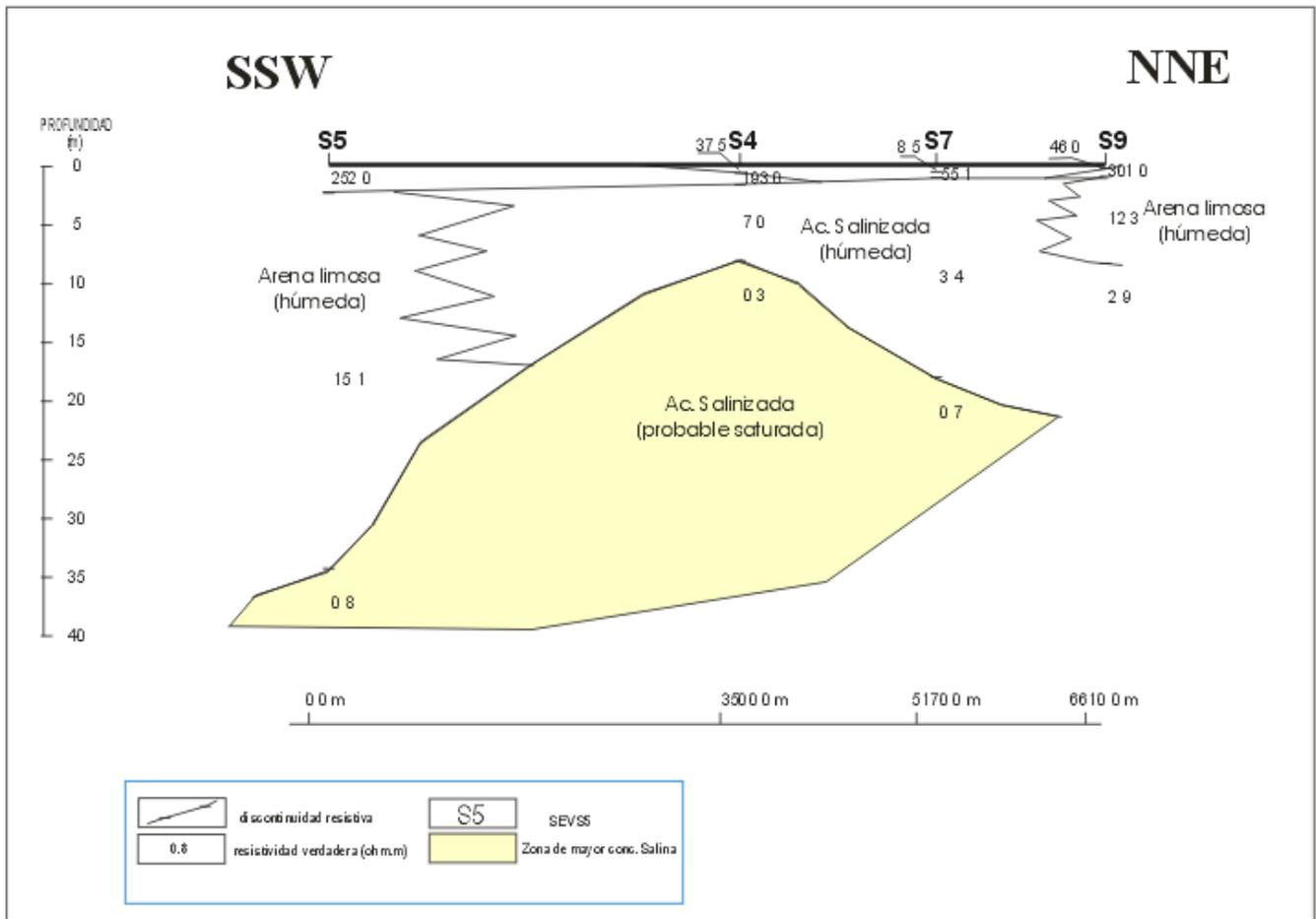


Figura 11 - Perfil geoelectrico B-B'

Figure 11 - Geoelectric profile B-B'



**Figura 12** - Perfil geoelectrico C-C'

**Figure 12** - Geoelectric profile C-C'

ascendente de las curvas de SEV), especialmente en S1 y S2.

De todas formas se puede asegurar que, en general, toda la zona de estudio se encuentra con valores muy altos de conductividades aparentes (o bajos en resistividades aparentes), que dificultan sobremanera las tareas de interpretación con esta metodología de prospección.

### Interpretación Cuantitativa

A partir de los modelos geoelectricos de los 10 SEV se conformaron 3 perfiles geoelectricos distribuidos en forma tal, de posibilitar un modelado global de la zona estudiada. Los mismos se visualizan en el mapa de Fig.2.

La interpretación de los cortes se llevó a cabo con la ayuda del análisis y detección de anomalías geológicas según datos de campo y a partir del procesamiento de fotografías aéreas de toda la zona de estudio.

### Perfiles Geoelectricos.

#### Perfil A (Fig.10)

Se aprecia una gran variación lateral de resistividades verdaderas (ohm.m) debido, principalmente a la variación en la granulometría producida por el hecho de que toda la zona es aluvional. Se alternan sectores de material fino (arcilla y/o limos, arena fina) con aluvión medio (arenas). A esto hay que añadir el hecho de la presencia de salitre en profundidad y superficie (observado a simple vista en varios sectores).

Se destaca, dentro de esta situación, una zona de máxima concentración salina, bajo los SEVs S6 y S3.

#### Perfil B (Fig.11)

Se constituye esta línea en forma perpendicular al Perfil A.

Bajo los SEVs S4; S6 y S8 también se ubica como horizonte conductivo la capa de máxima conductividad (horizonte conductivo de apoyo, probablemente arcilla salinizada).

Existen grandes posibilidades de que se tratase de una napa acuífera.

### Perfil C (Fig.12)

Muy similar al perfil A, excepto que no aparece la capa de mayor resistividad verdadera hacia el Sur, como sucede en aquél.

### CONCLUSIONES

Se trata de una zona de valores de resistividad aparente muy bajos, lo que dificulta mucho la aplicación del método geoelectrico de corriente continua. Además de la presencia de zonas salinizadas, existen intercalaciones de lentes de arcillas que dificultan en mayor grado las tareas de interpretación, resultando difícil filtrar las capas conductivas, debidas a salinización de arenas, de los niveles arcillosos.

No obstante se pudo detectar y definir la dirección de desmejoramiento (en cuanto a conductividad eléctrica) del subsuelo, hacia el Oeste y hacia el Sur.

En general las condiciones en profundidad mejoran hacia el N, produciéndose aumentos resistivos que indican disminución en los índices de salinización. No sucede así en superficie donde se registran valores más altos de resistividad hacia el S.-

Cabe concluir que se trata entonces el sector S de una zona de concentración salina por aportes desde

el S del río Mendoza (descarga); y desde el norte por el río San Juan.-

Finalmente, se concluye que los sedimentos lacustres contienen sales que desmejoran la calidad de los acuíferos superiores. Se interdigitan con los sedimentos aluviales.

### REFERENCIAS

- Diaz, E., 1982.** Interpretación Automática de Sondeos Eléctricos Verticales, Base de Datos y Aplicaciones". Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Imhof, A., 1989.** Estudio de la Profundidad de Investigación de Arreglos Tetraelectrónicos y Aplicación de la Teoría de Convolución a la Prospección Geoelectrica en Corriente Continua" Trabajo Final de Licenciatura, FCEFyN, UNSJ
- Johansen, H.K., 1977.** A Man/Computer Interpretation System for Resistivity Soundings over a Horizontally Stratified Earth". Geophysical Prospecting, **25**: 667 – 691.
- Nyman, D.C & Landisman, M., 1977.** VES Dipole Dipole Filter Coefficients" Geophysics, **42**: 1037 – 1044.
- O'Neill, D.J. & Merrick, N.P., 1984.** A Digital Linear Filter for Resistivity Sounding with a Generalized Electrode Array", Geophysical Prospecting, **32**: 105-123.
- Pous, J., 1981.** Interpretación Automática del Sondeo Eléctrico Vertical" Depto Física de la Tierra y del Cosmos. Univ. De Barcelona.
- Roca, A.J., 1970.** Geología de los Valles de Tulum y Zonda". Plan de Agua Subterránea (P.A.S.) Informe al Consejo Federal de Inversiones (CFI) – Proyecto Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

#### **RESISTIVITY SOUNDING METHOD APPLIED TO SALINE HORIZONS' DETERMINATION IN COLONIA LLOVERAS – SAN JUAN PROVINCE – ARGENTINA**

In Colonia Lloveras (Fig.1) the exploited aquifers for irrigation purposes are located at depths between 210 and 300 meters. Due to the high perforation costs it was intended to define better water quality zones, to get better extraction conditions (alluvium) at the minimum possible depth. To perform the previous purposes, a geoelectric research using the Vertical Electrical Sounding (V.E.S.) method was programmed and actually carried out. A first step consisted on the execution of 10 V.E.S. as evenly distributed as possible, as was permitted by topographical conditions in the area. In the case of Colonia Agrícola Lloveras, previous studies point out the existence of saline saturated layers in the

subsoil, a problem which has already affected superficial areas. For the study a zone of approximately 25 km<sup>2</sup> was selected (Fig.2). The area, from the geomorphological point of view, is a plain of scarce slope in whose formation has had great relevance the behavior of the flows and haulage of silts of the San Juan and Mendoza rivers. The San Juan riverbed moves from North to South and inside the study area changes its direction towards the East, defining the South limit of the sector. The Mendoza river, from the South, contributes with flows and silts, conforming an area of swamps and lagoons contained generically under the name of Lagoons of Guanacache. At first it was carried out a recognition (previous to the actual campaign) of the work area in order to detect superficial anomalies, such as changes of vegetation (indicators of faults), edafic modifications, topography, geological structures present, etc. Then it was performed the actual campaign with the execution of 10 V.E.S. (Vertical Electrical Sounding) using the symmetrical array denominated SCHLUMBERGER with separations among emission electrodes (AB) of up to 600 m., according to the conditions of the terrain: accessibility and/or complex structures. The analysis of the V.E.S. data was made first in qualitative form, representing apparent resistivity maps and type-of-curves map in order to detect lateral changes of structures and to facilitate the location of fractures and other anomalies present (such as, for example increase or decrease of lateral conductive levels). To perform the quantitative calculation, it was used as support the software of own design AXIDIS 3.0 (IMHOF, 1990) for generation of V.E.S. curves, and applying the method of successive approximations. Starting from the geoelectrical models from the 10 V.E.S. there were conformed 3 geoelectrical profiles distributed to facilitate a global modeling of the studied area. The interpretation of the profiles was carried out with the help of the analysis and detection of geologic anomalies according to field data and from the processing of aerial photographs of the whole study area. The existence of great lateral variations of true resistivities (ohm.m) has been identified, partly due to the variation of particulate size provoked by the fact that the entire region is alluvial. Areas of fine material (such as clay and / or mud, fine sand) alternate with alluvium (sands). In addition, there is saltpeter at surface level (which can actually be seen in several places). It was possible to conclude: i) It is an area of very low apparent resistivity values that turns difficult the application of the geoelectric method. Besides the presence of saline areas, there exists intercalations of thin layers of clays that hinder in major degree the interpretation tasks, being difficult to filter the conductive layers due to sand salinization, of those taken place by clays. ii) Nevertheless it was possible to detect and to define that the trend vector of lower resistivity values of the subsoil, goes toward the West and to the South. iii) In general the conditions in depth improve towards the N, developing resistivity increases that indicate decrease in salinization indexes. iv) Finally the south sector consists of an area of saline concentration due to contributions from the S of the Mendoza river (discharge); and from the north by the San Juan river.

#### NOTES ABOUT THE AUTHORS

##### **Armando L. Imhof**

Licenciado en Geofísica en la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ, Argentina), graduado en mayo de 1989. Investigador/Docente (Profesor Adjunto, dedicación exclusiva) en el Instituto Geofísico Sismológico "Volponi" (UNSJ) desde octubre de 1996 y en la Cátedra "Prospección Geoelectrica" del Departamento de Geofísica y Astronomía (UNSJ) desde setiembre de 1989. Miembro de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas (A.A.G.G.). Área de interés: Geofísica aplicada al medio ambiente, geotecnia, agua subterránea y minería.

##### **Arturo E. Güell**

Licenciado en Geofísica en la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ, Argentina), graduado en diciembre de 1995. Investigador/Docente (Jefe de Trabajos Prácticos, dedicación semiexclusiva) en el Instituto Geofísico Sismológico "Volponi" (UNSJ) desde 1992 y en la Cátedra "Prospección Geoelectrica" desde setiembre de 1997 hasta diciembre de 1999, y en la Cátedra "Prospección Sísmica" desde febrero del 2000; del Departamento de Geofísica y Astronomía (UNSJ). Área de interés: Geofísica aplicada al medio ambiente, geotecnia, agua subterránea y minería.

## THE 20 MOST VISITED RBGF ARTICLES AT WWW.SCIOELO.BR/RBG

(from February 26, 1998 to July 14, 2003)

number of requests	articles
307	MILANI, E. J., BRANDAO, J. A. S. L., ZALAN, P. V. <i>et al.</i> <b>Petroleum in the brazilian continental margin: geology, exploration, results and perspectives</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , 2000, vol.18, no.3, p.352-396.
245	GAMBI, W., PEREIRA, E. B., ABREU, S. L. <i>et al.</i> <b>Influence of altitude and size of cities in the prediction of solar radiation in Brazil, based on the "IGMK" model</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , Mar. 1998, vol.16, no.1, p.15-25.
238	MEDEIROS, W. E. de and LIMA, O. A. L. de. <b>Self-potential anomaly generation in fractured crystalline rocks and its use to borehole location</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , July/Nov. 1999, vol.17, no.2-3, p.103-116.
236	GOMES, Abilio S., PALMA, Jorge J. C. and SILVA, Cleverson G. <b>Environmental impacts from the marine mineral exploration</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , 2000, vol.18, no.3, p.447-454.
220	MOREIRA-NORDEMANN, L. M., GIRARD, P. and POPPI, N. R. <b>Chemical composition of atmospheric precipitation in Campo Grande city -MS</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , Mar. 1997, vol.15, no.1, p.35-44.
214	CASTRO, D. L., MEDEIROS, W. E., JARDIM DE SA, E. F. <i>et al.</i> <b>Gravity map of part of Northeast Brazil and adjacent continental margin and its interpretation based on the hypothesis of isostasy</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , July/Nov. 1998, vol.16, no.2-3, p.115-132.
213	CASTRO, D. L. de and CASTELO BRANCO, R. M. G. <b>Characterization of the internal architecture of the Cariri Valley rift basins, based on 3D gravity modeling</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , July/Nov. 1999, vol.17, no.2-3, p.130-144.
181	LUCIO, P. S., TOSCANO, E. M. M. de and ABREU, M. L. de. <b>Punctual climatic series characteristics, using correspondence analysis. Case study: Belo Horizonte - MG (Brazil)</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , July/Nov. 1999, vol.17, no.2-3, p.193-207.
161	DIAS, R. R. and PARADELLA, W. R. <b>Integration of airborne gamma spectrometric data with Landsat TM in the geological mapping of the Pojuca area, Carajás mineral province</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , Mar. 1997, vol.15, no.1, p.23-34.
154	LEITE, E. P., MOLINA, E. C. and USSAMI, N. <b>Integration of shipborne gravity and satellite altimetry (GEOSAT/ERM) in the South Atlantic (65/25°W and 25/40°S)</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , July/Nov. 1999, vol.17, no.2-3, p.145-162.
153	MONICO, J. F. G. <b>Point positioning of high accuracy using the GPS- a solution for geodynamics</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , Mar. 2000, vol.18, no.1, p.39-48. ISSN 0102-261X.
147	SILVA, N. C. C. da, SANTOS, M. C. dos and OLIVEIRA, L. C. de. <b>Effect of tropospheric refraction on GPS geodetic positioning</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , July/Nov. 1999, vol.17, no.2-3, p.117-128.
146	PEZZI, L. P. and CAVALCANTI, I. F. A. <b>Temperature and precipitation anomalies over Brazil during the 1995 winter season : atmospheric and oceanic characteristics</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , July/Nov. 1998, vol.16, no.2-3, p.209-218.
143	KIRCHHOFF, V. W. J. H., ECHER, E., LEME, N. P. <i>et al.</i> <b>The seasonal variation of biologically active solar UV-B radiation</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , Mar. 2000, vol.18, no.1, p.63-74.
141	FREIRE, M. L. F. and BASTOS, E. J. B. <b>Simulation of spectral planetary reflectance of targets</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , July/Nov. 1998, vol.16, no.2-3, p.181-190.
138	DUHA, J. and AFONSO, G. B. <b>Thermal force effects on satellites</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , July/Nov. 1999, vol.17, no.2-3, p.163-174.
137	CHAVES NETO, A. M. de Jesus and VERMA, O. P. <b>A study on generation of uniform field for electromagnetic analog modelling</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , Mar. 1998, vol.16, no.1, p.53-58.
135	SILVA, J. da Conceição da. <b>Simulation of natural Gamma-ray spectrometry logs in random media</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , July/Nov. 1998, vol.16, no.2-3, p.133-148.
124	DIAS, Gilberto T. M. <b>Marine bioclats: calcareous algae</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , 2000, vol.18, no.3, p.307-318.
122	FEDOROVA, N. and BAKST, L. <b>Identification of warm air advection on satellite data</b> . <i>Rev. Bras. Geof.</i> , Mar. 1999, vol.17, no.1, p.67-78.