

## ESTUDIO GEOELECTRICO EN EL VALLE ALTO DEL RIO PATIA

**ROSALBINA PEREZ CERON**

Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química-INGEOMINAS

Pérez, R. (1995): Estudio Geoelectrico en el Valle Alto del Río Patía. Geofís. Colomb. 3:27-35. ISSN 0121-2974

### RESUMEN

La prospección eléctrica en el valle alto del Río Patía, permitió definir una secuencia típica constituida de techo a base por: sedimentos recientes con resistividades que varían entre 20 y 400 Ohm-m, areniscas de grano fino a medio con resistividades entre 20 y 70 Ohm-m, limolitas a areniscas de grano fino, con resistividades entre 8 y 20 Ohm-m y un basamento arcilloso con resistividades menores de 20 Ohm-m. Se presentan dos tipos de acuíferos: libres, asociados con arenas y gravas de abanicos y terrazas aluviales (resistividades entre 70 y 400 Ohm-m y espesores entre 25 y 75 m), y semiconfinados conformados por unidades arenaceas del Terciario (resistividades entre 20 y 30 Ohm-m, con espesores entre 35 y 150 m). La calidad del agua es buena con bajo contenido de sales para los primeros acuíferos, siendo un poco salobre para los segundos. Por otro lado el estudio geoelectrico mostró la presencia de una serie de discontinuidades eléctricas, asociadas con lineamientos y fallas geológicas, algunas de las cuales fueron cartografiadas en el estudio geológico del área. En general la geoelectrica mostró una tectónica de bloques que afecta las rocas cretácicas y terciarias, y seguramente los sedimentos cuaternarios.

### ABSTRACT

The resistivity survey carried out at the upper valley of the Patía River, provided good information to define the sedimentary sequence of the area. A general sequence from top to base is described as follows: recent deposits with resistivity values between 20 and 400 Ohm-m, fine to medium grain, sandstones with resistivity values between 20 and 70 Ohm-m, fine grain sandstones and silstones with resistivity values between 8 and 20 Ohm-m, and clayli basement, with resistivity less than 20 Ohm-m. There are two kinds of aquifers; free, related to sands and gravels from alluvial fans and terraces (resistivity values between 70 and 400 Ohm-m and thickness between 25 and 75), semi-confined related to tertiary sandstones (resistivities values between 20 and 30 Ohm-m, thickness between 35 and 150 m). The water quality of the upper aquifers is good enough with small amounts of salt content. saline water is found at the lower aquifer. The resistivity method was useful to locate geological discontinuities; some of them found with surface expression associated with lineaments and faults. Some of these geological features have been mapped in previous geological works on the area. In general the interpretation based on the resistivity results shows a block tectonics environment affecting cretaceous and tertiary rocks and probably the quaternary deposit.

### 1. INTRODUCCION

Con la celebración del convenio de cooperación entre la Corporación para la Reconstrucción y Desarrollo del Departamento del Cauca (CRC) e INGEOMINAS, se dio comienzo al proyecto "Investigación Hidrogeológica en el Valle Alto del Río Patía", con el objetivo de abastecer de agua de buena calidad y en cantidad suficiente para solucionar las necesidades tanto de consumo humano en las diferentes poblaciones existentes en el área, como de riego para la ganadería y agricultura de la región. Una de las etapas del proyecto fue la prospección eléctrica, en la cual se levantaron 60 sondeos eléctricos verticales (SEV), con AB/2 entre 200 y 900 m, distribuidos en toda el área de estudio, con mayor énfasis alrededor de los caseríos y poblaciones. Con las observaciones geoelectricas se pretendía encontrar y definir unidades acuíferas que pudieran ser captadas por pozos ubicados estratégicamente para el mejor aprovechamiento del recurso hídrico.

#### 1.1 Localización

El área de estudio está ubicada al sur del Departamento del Cauca, sobre el valle alto del Río Patía, entre las poblaciones de El Bordo al NE, La Fonda al NW, Galindez al SE y Guadualito al SW, limitada al W y E por la cordillera occidental y central respectivamente. La principal vía de acceso la constituye la carretera Panamericana, a la cual convergen diferentes carreteras que comunican con los distintos municipios y caseríos de la zona (Fig.1)

#### 1.2 Geología y geomorfología

El valle alto del Río Patía, está constituido por una secuencia vulcano-sedimentaria terciaria y sedimentos recientes en depósitos aluviales que conforman abanicos, terrazas y depósitos de coluvion, sobre un basamento cretácico, (Torres et al., 1991) (Fig.2). Este último está constituido por rocas diabásicas y conforma el limite W del valle en las estribaciones de la Cordillera Occidental.

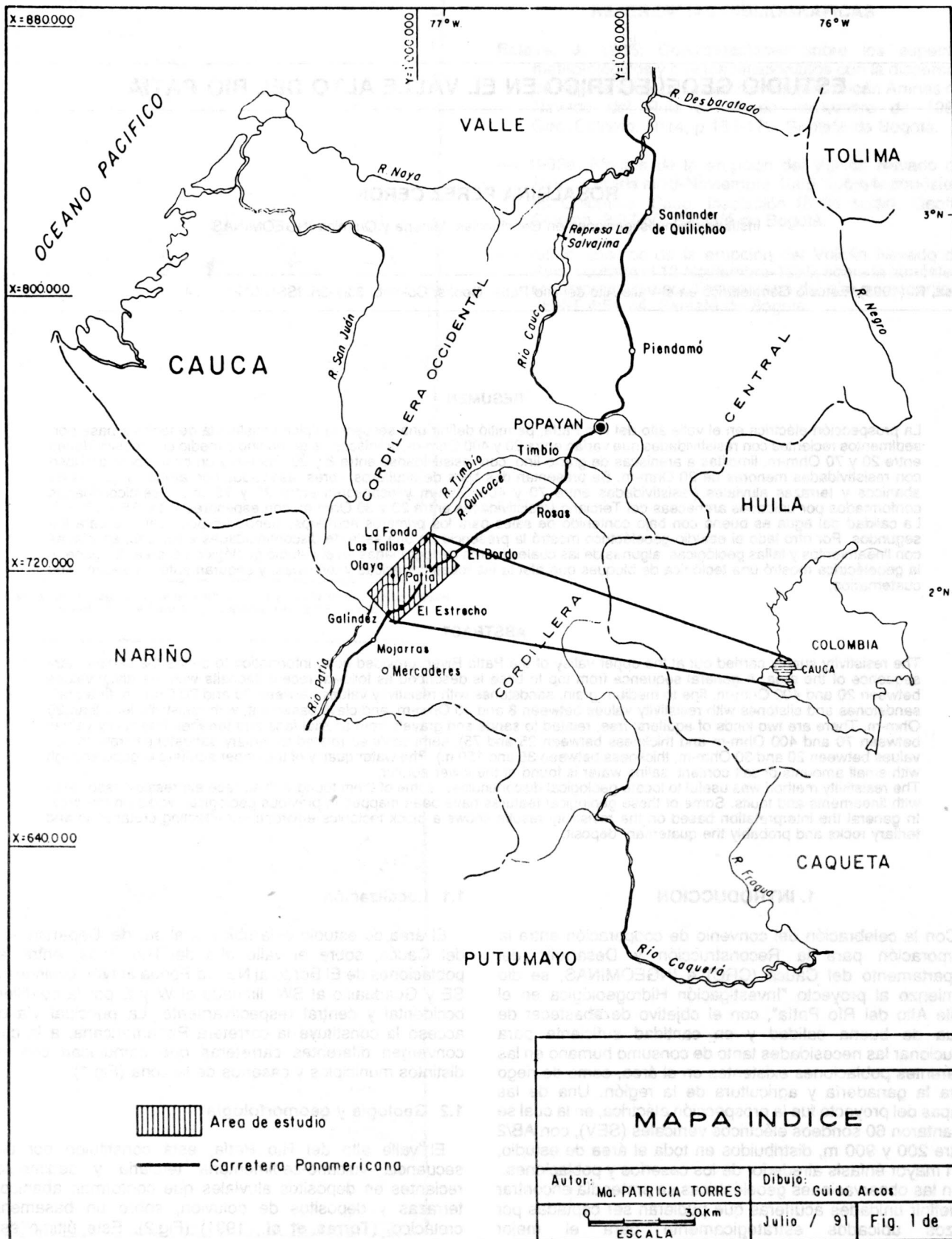
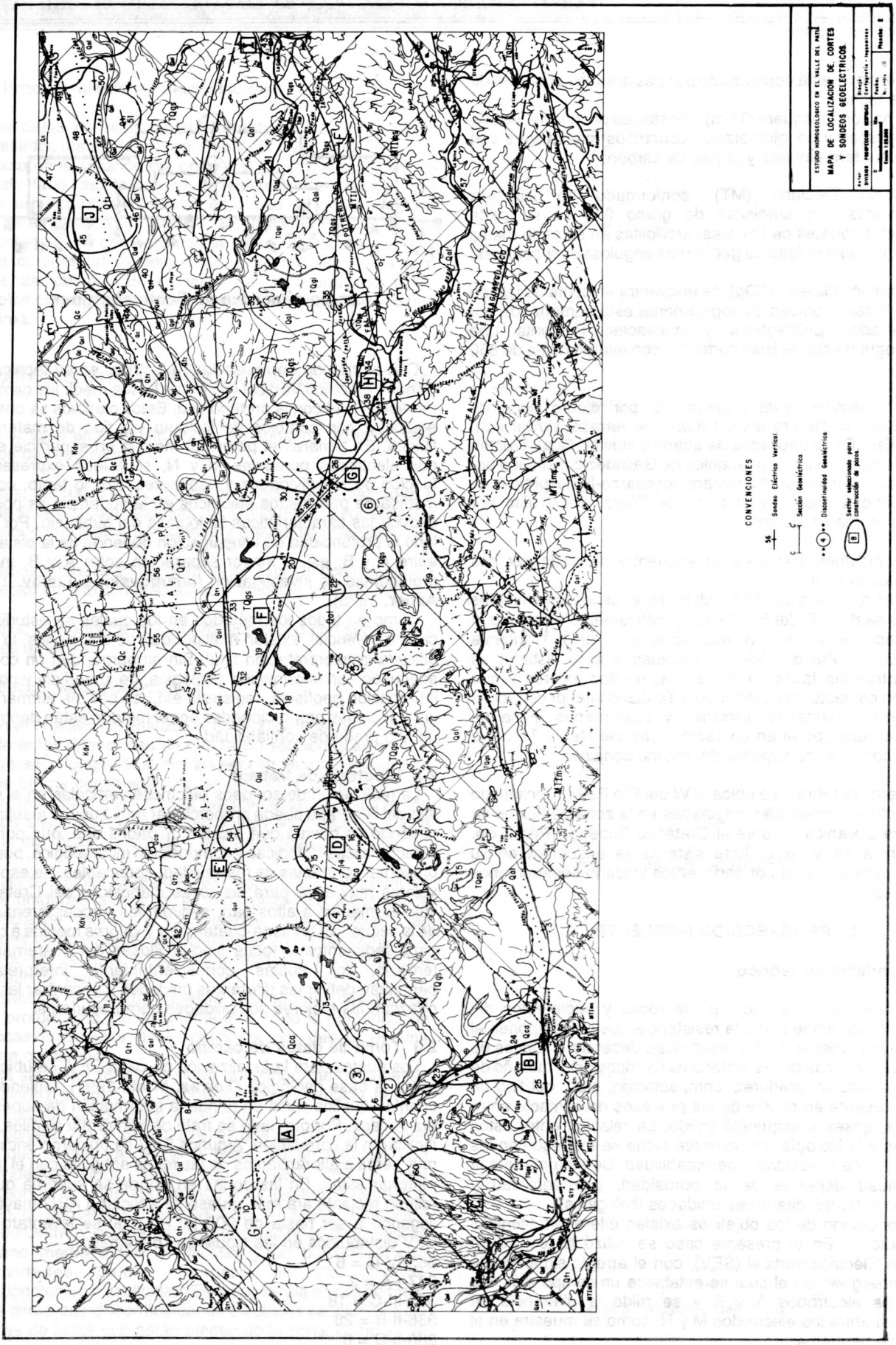


Figura 1. Ubicación del área de estudio



ESTUDIO HIDROLOGICO EN EL VALLE DEL AZAHAR	
MAPA DE LOCALIZACION DE CORTES Y SONDEOS GEOELECTRICOS	
ESTADO	INSTRUMENTAL
DIVISION	PROYECTO
FECHA	NO. DE HOJA
1964	13
FOLIO 13	

Figura 2. Localización de cortes y sondeos geoelectricos

El Terciario está conformado por tres grandes unidades de base a techo:

a) Formación Mosquera (TE<sub>m</sub>): constituida por una secuencia de areniscas y conglomerados cuarzosos intercalados con arcillolitas ferruginosas y capas de carbón;

b) Medio Terciario (MT): conformado por limolitas intercaladas con areniscas de grano fino en su parte superior, paquetes de limolitas, arcillolitas en su parte media y superior; esta unidad da geformas angulosas y recortadas;

c) Formación Galeón (TQ<sub>g</sub>): se encuentra en contacto fallado con la anterior unidad, litológicamente está conformada por aglomerados polimigticos y grawacas. Presenta una morfología de cerros islas cortados, con alturas hasta de 850 m.

El Cuaternario está conformado por cuatro tipos de depósitos: de llanura aluvial (Q<sub>al</sub>), de terraza aluvial (Q<sub>t</sub>), coluviales (Q<sub>c</sub>) y depósitos de abanico aluvial (Q<sub>ca</sub>). Existen dos abanicos en la zona: abanico de Galindez constituido por niveles de arenas pumíticas y arenas cuarzo-feldespáticas de grano fino a grueso y abanico de Olaya, constituido por gravas en matriz arcillosa.

Tectónicamente el área se encuentra afectada por dos sistemas de falla:

a) Sistema de falla de Romeral: comprende los lineamientos y fallas hasta el E del Río Patía; genéticamente establece el límite occidental de la corteza continental en el occidente colombiano (Pérez, 1980). Asociadas a este sistema se encuentran las fallas de Potrerillos, de tipo inverso y que pone en contacto rocas del Medio Terciario inferior con rocas vulcano-sedimentarias terciarias y cuaternarias. Falla de Chaguarguico, pone en contacto rocas del Medio Terciario medio con la parte superior del mismo conjunto.

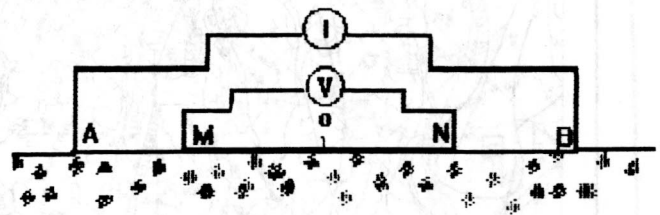
b) Sistema del Patía, se ubica al W del Río Patía. Constituido por fracturas tensionales originadas en la zona de flexión de la placa oceánica durante el Cretáceo Superior (Pérez op. cit.) única en el área. Este sistema se encuentra en su mayor parte cubierto por sedimentos vulcano-sedimentarios recientes.

## 2. PROSPECCION GEOELECTRICA

### 2.1 Fundamento teórico

La resistividad eléctrica,  $\rho$ , de rocas y sedimentos del subsuelo, se define como la resistencia que estos oponen al flujo de la corriente,  $L$ . La resistividad depende entonces de las características de los materiales (composición, tamaño de grano, selección, madurez, compactación, etc.), del tipo de fluido presente en ellos y de los procesos de contacto entre líquidos, gases y esqueleto sólido. La relación entre estos factores y la litología propiamente dicha se expresa con los conceptos de porosidad y permeabilidad. De esta manera la resistividad depende de la porosidad, permeabilidad y geometría de las diferentes unidades litológicas.

Dependiendo de los objetivos existen diferentes técnicas de medición. En el presente caso se utilizó la técnica de Sondeo Eléctrico vertical (SEV), con el arreglo simétrico de Schlumberguer, en el cual se establece un campo eléctrico entre los electrodos A y B y se mide la diferencia de potencial entre los electrodos M y N, como se muestra en el siguiente esquema:



Arreglo simétrico de Schlumberguer

Con el método de resistividad eléctrica, en su técnica de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), se busca medir los cambios de resistividad con la profundidad. Estos cambios se pueden equiparar con cambios de litología y/o tipo de material y fluidos. En general, el potencial medido en superficie entre dos electrodos puntuales M y N, se puede expresar en función de resistividades y espesores. Por lo tanto, con la medida de parámetros eléctricos en la superficie es posible deducir las características litológicas del subsuelo. Por otro lado la profundidad de investigación depende de la distancia entre A y B; así, a mayor separación entre A y B, mayor profundidad de investigación (Iakubovskii & Liajov, 1980; Astier, 1975).

Como en todos los métodos en los cuales se estudia un campo potencial, existen multiplicidad de soluciones, lo cual dificulta la interpretación final. Sin embargo, con un control adecuado con información geológica, de superficie y pozos, información geofísica, registros, etc., es posible afirmar que las soluciones proporcionadas por el método están dentro de un alto grado de confiabilidad.

### 2.2 Hipótesis de trabajo

La realización de sondeos eléctricos verticales en el valle alto del Río Patía puede proporcionar muy buenos resultados teniendo en cuenta que existen unidades que, que por sus características litológicas y composición mineralógica, pueden presentar contrastes de resistividad, apreciables. Se esperan valores muy altos para las rocas diabásicas del Cretáceo, valores medios a altos para sedimentos y rocas arenáceas de la secuencia terciaria-cuaternaria y valores medios a bajos para sedimentos y rocas limo-arcillosas del cuaternario y terciario, los cuales convenientemente interpretados permitirán definir las diferentes unidades y encontrar las que ofrezcan las mejores posibilidades como acuíferos.

### 2.3 Toma de datos de campo

Los puntos para la localización de cada SEV, se ubicaron sobre la base geológica (Torres, et al., 1991), teniendo en cuenta aquellos sitios en donde la información de superficie era escasa. Por otro lado se trató de conformar perfiles, que facilitarían la correlación. Algunos SEV se ubicaron encima o muy cerca a afloramientos de las rocas antiguas con el fin de patronar estas. En las zonas en donde se suponía que el relleno reciente era más grueso se aplicaron AB/2 mayores, llegando a ser hasta de 900 m; en total se levantaron 60 SEV distribuidos en las siguientes planchas:

363-IV-D = 6  
 387-I-A = 2  
 364-III-C = 18  
 386-II-B = 28  
 386-II-D = 6

**2.4 Procesamiento e interpretación**

Los datos de resistividad aparente,  $\rho$  Vs AB/2, fueron procesados mediante el programa VES-4.2-S de la TNO, que se basa en la solución del problema directo, el cual para un modelo dado calcula la curva de resistividad respectiva. Esta curva en un proceso iterativo, en el que se fueron variando los parámetros del modelo (resistividad aparente y/o profundidad), se comparó con la curva obtenida en campo, hasta obtener un modelo cuya curva fue semejante a la curva de campo. El modelo final se pudo establecer complementando datos eléctricos con información geológica del área.

**3. CARACTERISTICAS GEOELECTRICAS GENERALES**

En el valle alto del Río Patía, se pudieron distinguir tres grupos de resistividades:

- a) Altas, de 100 a 400 Ohm-m, se asocian especialmente a los sedimentos del abanico de Galindez y depósitos de terrazas compuestos por arenas y gravas semisaturadas;
- b) Medias, entre 20 y 100 Ohm-m, se asocian con arenas y/o areniscas de grano medio a fino y limolitas semisaturadas;
- c) Bajas, menores de 20 Ohm-m, asociados con sedimentos y rocas arcillosas.

**3.1 Secciones geoelectricas**

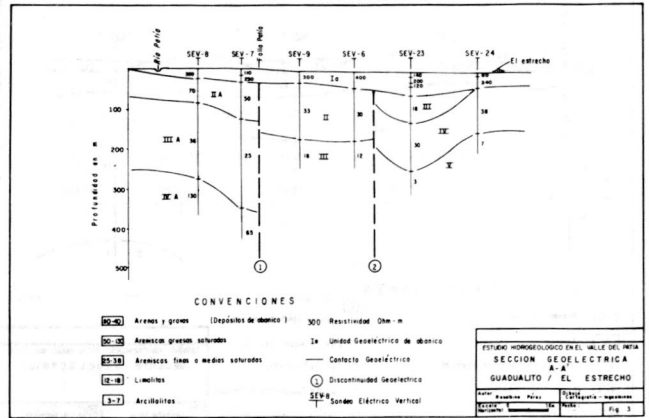
Con el objetivo de analizar la continuidad de las unidades en diferentes direcciones se realizaron secciones en sentido transversal y longitudinal. En las secciones transversales se ve una buena continuidad de las unidades, excepto por las discontinuidades 1 y 7 que al parecer están asociadas con los dos sistemas de fallas regionales ya descritos y que afectan las rocas cretácicas y terciarias (Figs.2-7).

En las secciones longitudinales (Fig.2, 8-11), la correlación de las unidades eléctricas es muy difícil. Se evidencia la presencia de varias discontinuidades, que desplazan las unidades verticalmente, especialmente en las secciones F y G, en donde se aprecia una fuerte tectónica que afecta toda la secuencia Terciaria.

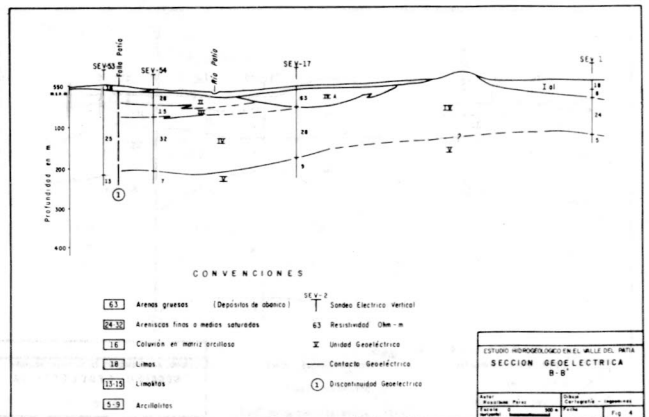
La sección H (Fig.10), muestra valores altos después de cierta profundidad, posiblemente indicando la presencia de las rocas diabásicas de la cordillera por debajo de una cubierta cuaternaria.

En la sección I (Fig. 11), se ve la continuidad del abanico de Galindez (unidad Ia), el cual se extiende hacia el NW, chocando con la cordillera occidental.

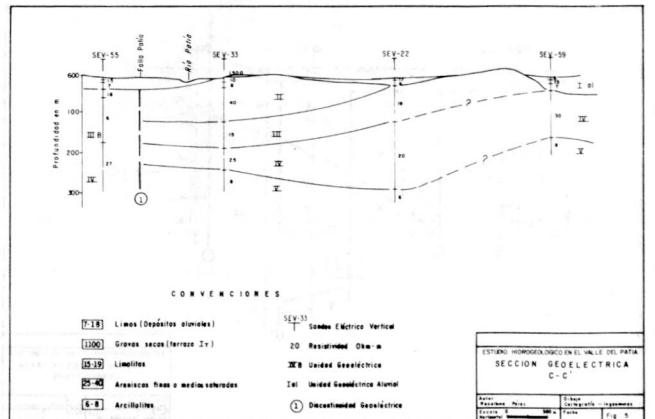
En general, se pudo establecer que existe una sección típica que consta de techo a base, de un paquete con resistividades altas, entre 100 y 400 Ohm-m, que correspondería a los sedimentos más recientes (arenas y gravas), un paquete con resistividades medias a bajas, entre 20 y 100 Ohm-m, que muestran intercalaciones de areniscas de grano medio a fino y limolitas y un basamento con resistividades bajas, menores de 20 Ohm-m, correspondientes a arcillolitas. Esta secuencia es desplazada, por las diferentes discontinuidades eléctricas asociadas a los sistemas de fallas que están afectando la zona, como se ve en las secciones transversales y longitudinales.



**Figura 3. Sección geoelectrica A-A'**



**Figura 4. Sección geoelectrica B-B'**



**Figura 5. Sección geoelectrica C-C'**

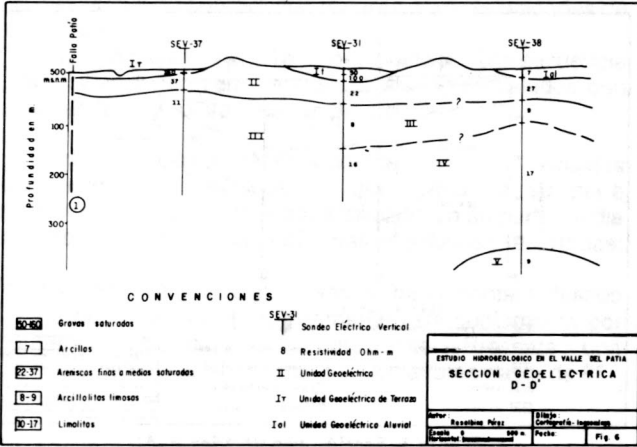


Figura 6. Sección geoelectrica D-D'

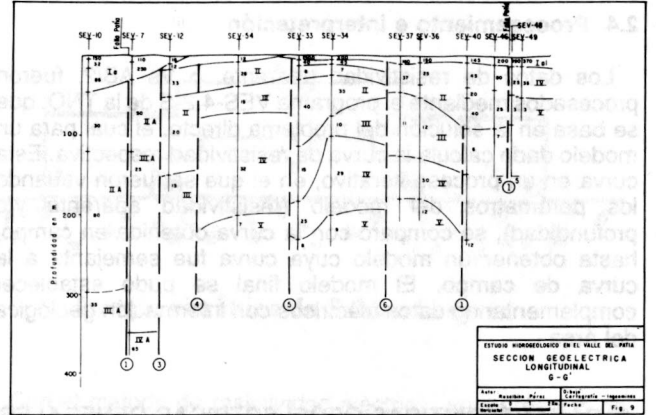


Figura 9. Sección geoelectrica longitudinal G-G'

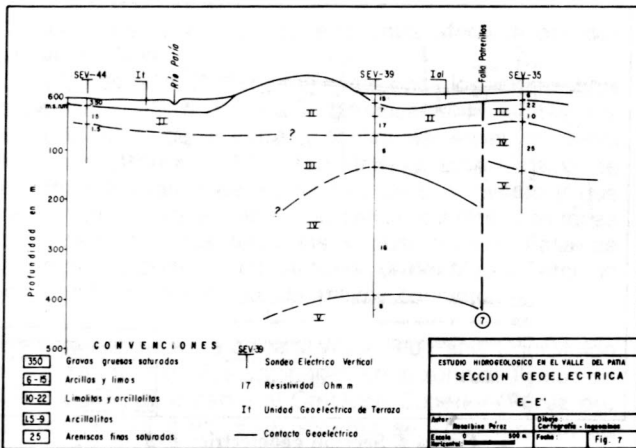


Figura 7. Sección geoelectrica E-E'

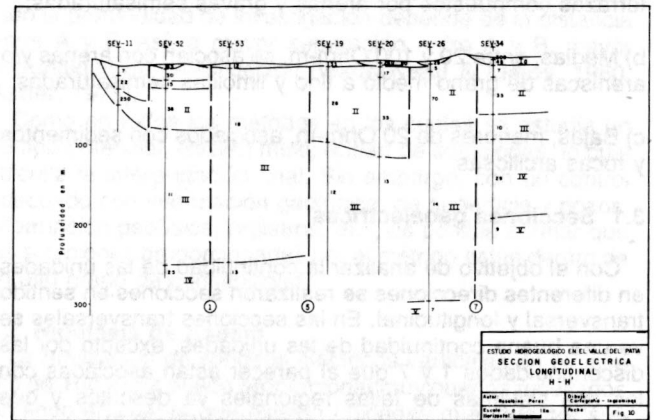


Figura 10. Sección geoelectrica longitudinal H-H'

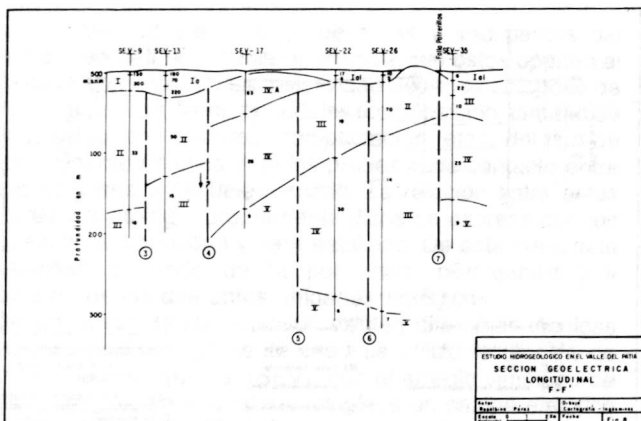


Figura 8. Sección geoelectrica longitudinal F-F'

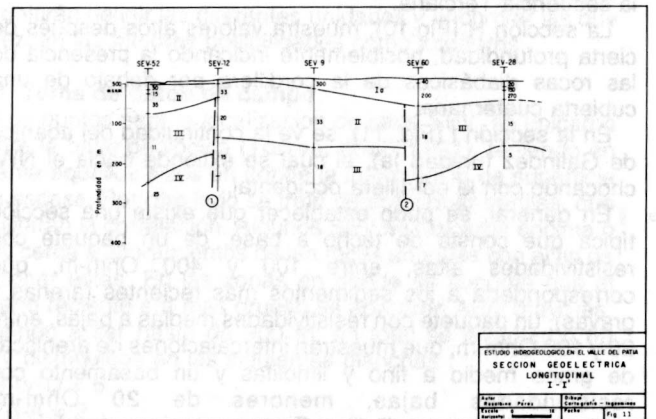


Figura 11. Sección geoelectrica longitudinal I-I'

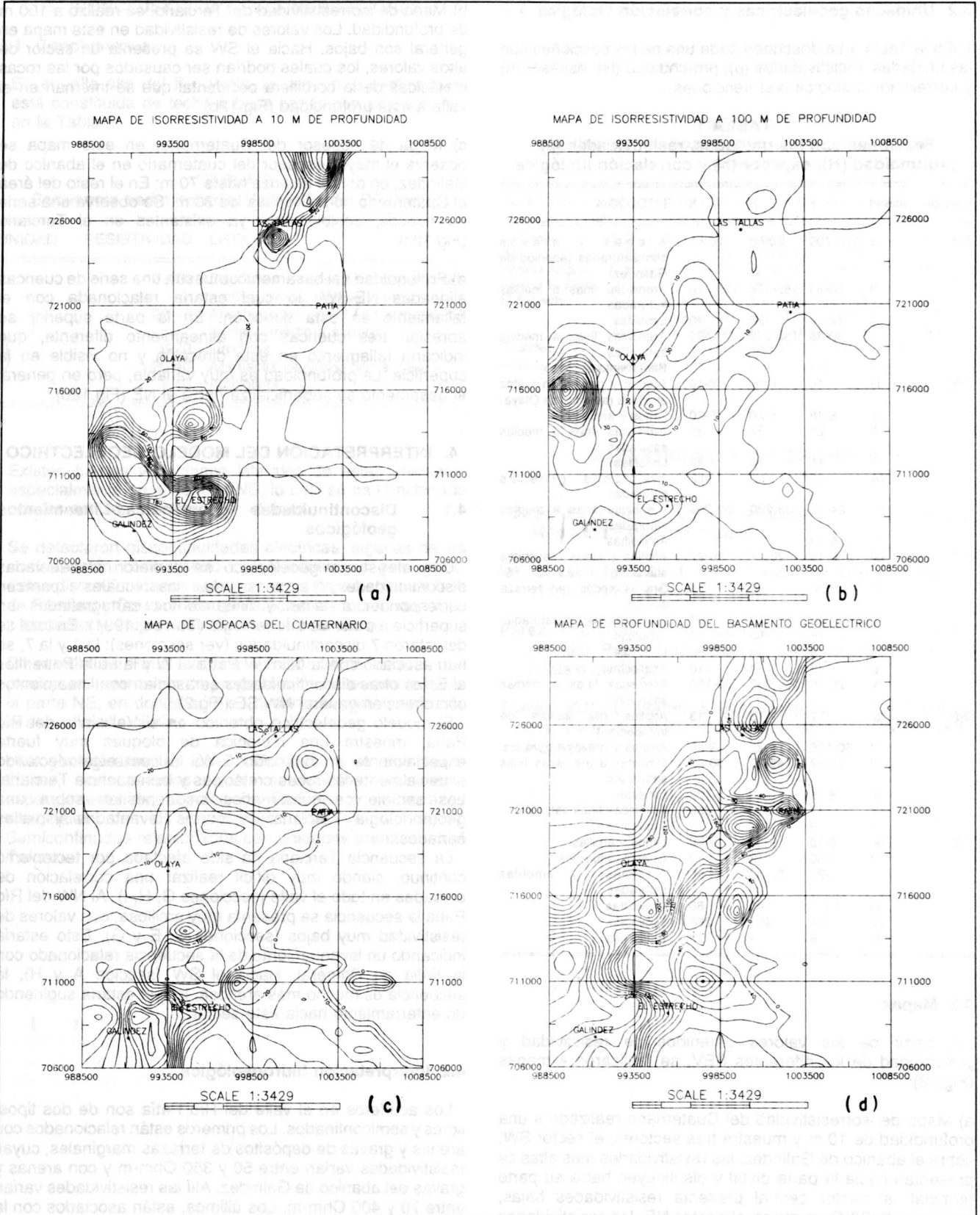


Figura 12. Mapas de: (a) isoresistividad-10 m de prof.; (b) isoresistividad-100 m de prof.; (c) isopacas Cuaternario; (d) prof. basamento geoelectrico

### 3.2 Unidades geoelectricas y correlación litológica

En la Tabla 1 se describen cada una de las secciones con las unidades, resistividades ( $\rho$ ), profundidad (H), espesor (h) y correlación litológica (ver secciones).

**TABLA 1**  
**Secciones con las unidades, resistividades ( $\rho$ ), profundidad (H), espesor (h) y correlación litológica**

Sección	Unidad	$\rho$	H	h	LITOLOGIA
A-A	Ia	110-400	20-60	20-60	Arenas y gravas semisaturadas (abanico de Galindez)
	II	30-33	150-170	120-150	Areniscas finas a medias saturadas
	III	12-18	120	70	Limolitas
	IV	30-38	150-250	120	Areniscas finas a medias saturadas
	V	3-7	-	-	Basamento arcilloso
B-B	Ia	16	6-10	6-10	Arenas y gravas en matriz arcillosa (abanico de Olaya)
	Ial	8-18	5-20	5-20	Limos y arcillas
	II	28	37	35	Areniscas finas a medias saturadas
	III	15	70	43	Limolitas
	IVA	63	53	52	Areniscas gruesas saturadas
C-C	IV	24-32	135-220	90-210	Areniscas finas a medias saturadas
	V	5-13	-	-	Arcillolitas
	Ial	6-18	20-27	20-27	Arcillas y limos (depósitos aluviales)
	It	1500	5	5	Gravas secas (en terraza aluvial)
	II	40	110	97	Areniscas medias saturadas
D-D	IIB	18	50	30	Limolitas
	III	15-19	110-180	60-90	Limolitas
	IIIB	6	160	110	Arcillolitas
	IV	20-30	150-280	50-160	Areniscas finas a medias saturadas
	Ial	7	13	13	Arcillas (de llanura de inundación)
E-E	It	50-160	9-25	9-25	Arenas y gravas saturadas
	II	22-37	45-70	36-47	Limolitas a areniscas finas saturadas
	III	8-11	>40	>100	Limolitas
	IV	17	350	250	Areniscas finas saturadas
	V	9	-	-	Arcillolitas
E-E	Ial	6-15	9-30	9-30	Limos y arcillas
	It	350	13	13	Gravas saturadas
	II	7-22	50-80	37-50	Arcillolitas y limolitas saturadas
	III	1.5-5	140	60	Arcillolitas
	IV	16	400	260	Limolitas
V	8	-	-	Arcillolitas	

### 3.3 Mapas

A partir de los valores obtenidos de resistividad y profundidad de los diferentes SEV, se realizaron 4 mapas (Fig.12):

a) Mapa de isorresistividad del Cuaternario realizado a una profundidad de 10 m y muestra tres sectores: el sector SW, sobre el abanico de Galindez. las resistividades más altas se presentan hacia la parte distal y disminuyen hacia su parte terminal; el sector central presenta resistividades bajas, menores de 30 Ohm-m; en el sector NE, las resistividades son medias. En este mapa se observa claramente la distribución de los sedimentos del abanico de Galindez (Fig.12a).

b) Mapa de isorresistividad del Terciario, se realizó a 100 m de profundidad. Los valores de resistividad en este mapa en general son bajos. Hacia el SW se presenta un sector de altos valores, los cuales podrían ser causados por las rocas cretácicas de la cordillera occidental que se internan en el valle a esta profundidad (Fig.12b).

c) Mapa de espesor del Cuaternario, en este mapa se observa el mayor espesor del cuaternario en el abanico de Galindez, en donde alcanza hasta 70 m; En el resto del área el Cuaternario no sobrepasa los 30 m. Se observa una serie de huecos, posiblemente ya existentes en el Terciario (Fig.12c).

d) Profundidad del basamento: muestra una serie de cuencas alineadas NE-SW, lo cual estaría relacionada con el fallamiento en esta dirección. En la parte superior se aprecian tres cuencas con alineamiento diferente, que indicaría fallamiento en esta dirección y no visible en la superficie. La profundidad es muy variable, pero en general el basamento se superficializa hacia el NE (Fig.12d).

## 4. INTERPRETACION DEL MODELO GEOELECTRICO

### 4.1 Discontinuidades geoelectricas-Lineamientos geológicos

Con el estudio geoelectrico se pudieron ubicar varias discontinuidades, algunas de las cuales parecen corresponder a fallas y lineamientos cartografiados en superficie a partir de fotogeología (Torres, 1991). En total se detectaron 7 discontinuidades (ver secciones): la 1 y la 7, se han asociado con la falla del Patía al W y la Falla Potrerillos al E; las otras discontinuidades se asocian con lineamientos con dirección general NW/SE (Fig.2).

El modelo geoelectrico obtenido en el Valle alto del Río Patía, muestra una tectónica de bloques muy fuerte especialmente en dirección E-W, la cual está afectando especialmente las rocas cretácicas y la secuencia Terciaria. Los sedimentos cuaternarios se depositan sobre una geomorfología Terciaria de cerros levantados y valles cortados.

La secuencia Terciaria ha sido afectada por tectonismo continuo, siendo muy difícil realizar una correlación de unidades en todo el valle (secciones G, H, I). Al NW del Río Patía la secuencia se presenta muy arcillosa, con valores de resistividad muy bajos (secciones C, E y G). Esto estaría indicando un levantamiento de la secuencia relacionado con la Falla de Romeral. Hacia el SW (sección A y H), la secuencia es mucho más arenosa, lo que estaría sugiriendo un enterramiento hacia este sector.

### 4.2 Interpretación hidrogeológica

Los acuíferos en el valle del Río Patía son de dos tipos: libres y semiconfinados. Los primeros están relacionados con arenas y gravas de depósitos de terrazas marginales, cuyas resistividades varían entre 50 y 350 Ohm-m y con arenas y gravas del abanico de Galindez. Allí las resistividades varían entre 70 y 400 Ohm-m. Los últimos, están asociados con la secuencia Terciaria y corresponden a paquetes de areniscas de grano fino a medio con resistividades entre 20 y 70 Ohm-m.