

LOS SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES APLICADOS A LA PROSPECCIÓN DE LAS AGUAS TERMALES EN LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

Daniel Mársico⁽¹⁾ - *Eduardo Díaz*⁽²⁾ - *Oscar Dalla Costa*⁽³⁾ - *Bautista Aceñolaza*⁽³⁾

⁽¹⁾ Ente de Termas de Entre Ríos. (3260) Artusi 40- Teléfono y fax 03442 - 433245
Concepción del Uruguay. Entre Ríos. Argentina. Email: errter@entrierios.gov.ar

⁽²⁾ Departamento Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional de Entre Ríos.
Departamento Ciencias de la Tierra. Ruta 11km 10.5. (3100) Oro Verde. Entre Ríos. Argentina. Email
= ediaz@fca.uner.edu.ar

⁽³⁾ Consultores Independientes. Pasaje Vignas 1876 . (3000) Santa Fe. Email:
odallacosta@hotmail.com Tel/Fax (+54 342 4560423)

RESUMEN

Los Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs) aplicados en Entre Ríos se ha convertido en una valiosa herramienta a la hora de conocer las características y yacencia de acuíferos termales. Por ello se han recopilado los estudios que reúnen la información generada por el empleo de esta técnica con el objetivo de brindar un elemento de base para nuevos proyectos no solo con el objetivo de prospectar aguas termales profundas, sino que también como guía en la caracterización de reservorios someros. La metodología utilizada consistió en la recopilación y análisis de la información antecedente y de los trabajos de campo realizados en diversas localidades de la provincia. Se logró centralizar la información y proporcionar un conocimiento del subsuelo entrerriano incluyendo las características de las capas sedimentarias subsuperficiales capaces de alojar un recurso factible de ser utilizado con otros fines y de las que alojan los efluentes termales objeto de los estudios específicos.

Palabras Claves: Entre Ríos, termales, geofísica

ABSTRACT

The Electrical Vertical Sounding (SEVs) applied in Entre Rios has become a valuable tool when yacencia know the characteristics and thermal aquifer. Therefore we have compiled studies that gather the information generated by the use of this technique with the aim of providing a base for new projects with the aim not only to prospect deep thermal waters, but also as a guide in the characterization of shallow reservoirs

The methodology involved the collection and analysis of background information, the field work in various locations throughout the province. It was possible to centralize information and provide knowledge of the subsoil entrerriano including the characteristics of subsurface sedimentary layers capable of hosting a resource feasible to be used for other purposes and the thermal effluent hosting object of specific studies

Keywords: Entre Rios, thermal, geophysical

INTRODUCCIÓN

La técnica de prospección geofísica como los Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs) ha logrado un gran desarrollo en la provincia de Entre Ríos; no solo por su empleo en la búsqueda de acuíferos profundos y someros sino también por su empleo en la exploración de yacimientos minerales.

Pero su mayor desarrollo se encuentra sin duda íntimamente ligado a la importancia que ha adquirido desde el año 1993 la actividad termal en Entre Ríos

Desde esa fecha a la actualidad se han realizado dentro del territorio provincial alrededor de 25 SEVs ya que el empleo de este

procedimiento constituye el primer paso en los estudios para alumbrar aguas termominerales y tal es su importancia que los documentos legales vigentes para la exploración de fuentes termales condicionan la exploración directa a la realización previa de este tipo de estudio.

También es necesario mencionar que si bien hoy se practican otros métodos de investigación indirecta del subsuelo como son los AMT y MT siguen siendo los SEVs los más empleados por su bajo costo y considerable precisión.

Por último se señala que este cúmulo de información hasta la fecha se encuentra dispersa en trabajos individuales realizados por

En la Figura 2 y la Tabla 1 se presentan las localidades donde se han aplicado las técnicas que fueron analizadas y procesadas.

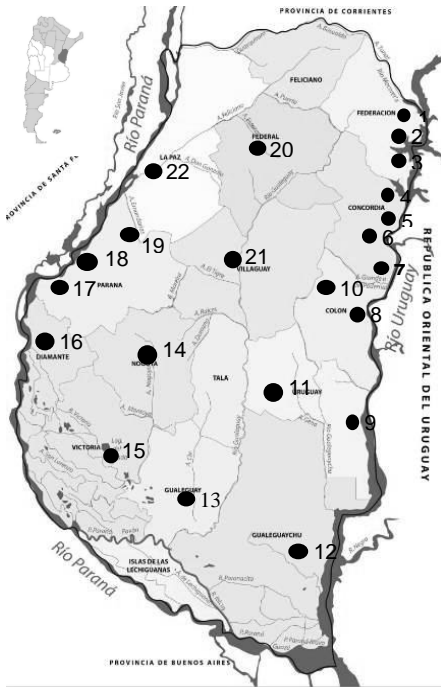


Figura 2. SEVs en Entre Ríos

Los resultados promedios obtenidos de las mediciones de campo se presentan en las tablas 2 a 23.

En la localidad de Chajarí antes de concretar la ejecución del pozo exploratorio se efectuaron diferentes estudios geofísicos pero el más significativo fue el realizado por el INGEP S.R.L. en el año 1998 con 9 SEV que permitieron diferenciar 3 (UG) Unidades Geoelectricas. Tabla 2

U. G.	Capa	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1º U.G	1	55	Cobertura supra basáltica
2º U.G	2	125	Coladas basálticas
3º U.G	3	48	Sedimentos infra basálticas

SEV	Localidad
1	Chajarí
2	Santa Ana
3	Federación
4	Concordia
5	PRODINTA S.A. (Cdia)
6	Puerto Yerúa
7	Ubajay
8	San José
9	C. del Uruguay
10	Villa Elisa
11	Basavilbaso
12	Gualeguaychú
13	Gualeguay
14	Nogoyá
15	Victoria
16	Diamante
17	Paraná
18	Villa Urquiza
19	María Grande
20	Federal
21	Villaguay
22	La Paz

Los estudios realizados en la localidad de Santa Ana fines del año 2006 permitieron diferenciar de forma general 4 capas. Los valores promedios registrados son consignados en la tabla 3.

Capa	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	293	Sedimentos suprabasálticos
2	1268	Basaltos
3	600	Basaltos con intercalaciones
4	5	Sedimentos infrabasálticos

La ciudad de Federación fue la pionera de la actividad termal en la provincia, ya que en Diciembre de 1992 inicia la prospección geofísica realizando 3 perfiles geoelectricos con un total de 8 SEV; los resultados obtenidos se sintetizan en la tabla 4.

Tabla 4. SEV – Federación. Fuente INGEP SRL 1992

Perfiles	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	71	Sedimentos suprabasálticos
2	208	Basaltos
3	20	Sedimentos infrabasálticos

En el año 1995 Concordia se suma a las localidades del corredor del río Uruguay que realiza estudios geofísicos para localizar, a través de la geoelectrónica, formaciones geológicas capaces de actuar como reservorios de agua termal. Para cumplir con este objetivo Agua y Energía Eléctrica realiza 4 tomografías eléctricas. Los valores de resistividad promedio obtenidos se enuncian en la tabla 5.

Tabla 5. SEV – Concordia. Fuente Agua y Energía Eléctrica. 1995

SEV	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	80	Cobertura sedimentaria
2	26	
3	140	Basaltos
4	22	Sedimentitas infrabasálticas

A los SEVs ya realizados en la localidad antes mencionada en el año 1998 se le suma la prospección de la firma PRODINTA S.A. que tiene como objetivo el determinar en el subsuelo profundo la presencia de litologías capaces de actuar como reservorios de aguas termominerales. Tabla 6

Tabla 6. SEV – Concordia. Fuente GEOCONSULT 1998

Capas	Resistividad (Ohm.m)	Litología
Geoelectrónica Superior	31	Sedimentos
Geoelectrónica Intermedia	163	Basaltos
Geoelectrónica Profunda	61	Sedimentos

La localidad de Puerto Yerúa ubicada sobre la margen izquierda del río Uruguay en el año 1995 a través de la Dirección de Promoción Minera e Hidrogeológica de la provincia realiza estudios geofísicos con el fin de obtener

información que le permita conocer la existencia de aguas termominerales; los resultados de campo se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. SEV - Puerto Yerúa. Fuente Agua y Energía Eléctrica. 1995

SEV	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	20	Sedimentos
2	120	Basaltos
3	19	Sedimentos

A comienzos del año 2008 el municipio de Ubajay decide realizar una prospección geofísica con el objetivo de determinar los niveles de yacencia de aguas termominerales. Para cumplir con dicho objetivo se realizan dos líneas de testificación cuyos resultados promedios se resumen en la tabla 8.

Tabla 8. Valores de campo para la localidad de Ubajay. Fuente Resett (2008)

Unidad Eléctrica	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	117	Sedimentos suprabasálticos
2	211	
3	168	
4	386	Coladas Basálticas
5	36	Sedimentos infrabasálticos
6	136	
7	116	
8	51	

A mediados del año en San José se realizan en estudios geofísicos para determinar la probabilidad de yacencia de acuíferos termales, mediante la ejecución de dos SEV que permitieron diferenciar 7 unidades eléctricas. Los resultados promedios se reúnen en la tabla 9.

Tabla 9. Valores de campo para San José .Fuente Ponti (2003)

Unidades Eléctricas	Capa	Resistividad (Ohm.m)	Litología
	1	29	Sedimentos Suprabasálticos
2			
3			
4			
5			
6	265	Basaltos	
7	51	Sedimentos Infrabasálticos	

La localidad de Villa Elisa comienza con la prospección geofísica en el año 1994, dicha tarea es desarrollada por profesionales de la UNLP-FCAyG, quienes ejecutan cuatro SEV permitiendo diferenciar de 5 capas geoelectricas. Sus resultados son presentados en la tabla 10.

Capas	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	6	Supra basálticos
2	75	
3	6	
4	170	Basaltos
5	4,50	Infra basálticos
	1000	Basamento

Los antecedentes geofísicos para la ubicación del sondeo A.E.R.Xp.CdelU-2 en Concepción del Uruguay, emprendimiento privado de la firma Aguas Claras S.A., se circunscriben a los realizados por el INGEIS, Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (Tabla 11) durante el año 2004.

Capa	Resistividad (ohm.m)	Litología
1	6 y 50	Sedimentitas suprabasálticas
2	25 y 29	Coladas basálticas
3	> 1000	Basamento

En el año 2003 en la localidad de Gualeguay se ejecutaron 5 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) con el fin de determinar la presencia de niveles portadores de agua termominerales. Los resultados se resumen la Tabla 12 indicando el valor promedio obtenido

Capa	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	9	Sedimentos suprabasálticos
2	6	
3	34	Basaltos
4	22	Basaltos con intercalaciones
5	41	Basamento resistivo

Los estudios geofísicos realizados en Basavilbaso comprendieron 4 SEV y posibilitaron diferenciar 8 capas geoelectricas que fueron agrupadas en tres Unidades Geoelectricas, cuyas resistividades se señalan en la tabla 13.

U G	Capa	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1° U.G.	1	de 4 a 9	Sedimentos
	2	de 17 a 27.	
	3	de 17 a 105	
	4	de 11 a 37	
	5	de 5 a 7	
2° U.G.	6	de 26 a 30	Basaltos
3° U.G.	7	de 5 a 6.	Sedimentos
	8	de 34 a 36	Basamento

En el año 2002 en la ciudad de Gualeguaychú el Departamento de Geotermia del SEGEMAR realiza 5 SEV permitiendo diferenciar en cada uno de ellos 4 capas geoelectricas. Los resultados de campo se vuelcan en la tabla 14.

	Capas	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1° U G	1	13	Sedimentos Supra basálticos
	2		
	3		
	4		
2° U G	5	16	Basaltos
3° UG	6	5	Infra basálticos
4° UG	7	242	Basamento

Como una nueva alternativa para el turismo local de la ciudad a Nogoyá fines del año 2001 el SEGEMAR realiza 5 TEV para determinar la presencia de aguas termales en la localidad mencionada, estos estudios permiten diferenciar 6 capas eléctricas cuyos valores de resistividad se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Valores de los SEVs -Nogoyá.
Fuente SEGEMAR 2002

Capas	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	5	Cobertura sedimentaria
2	22	
3	4	
4	2	
5	5	Basaltos
6	3	Sedimentitas

La ciudad de Victoria es otra de las localidades que a principios de la presente década decide sumarse a la propuesta termal de Entre Ríos, para eso encomienda a la firma PROINSA la realización de 3 sondeos eléctricos verticales que le permitan determinar la yacencia de acuíferos termales. Tabla 16

Tabla 16. SEV – Victoria. Fuente PROINSA 2003

Capas	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	17	Cobertura sedimentaria
2	5	
3	18	Basaltos
4	2	Sedimentos
5	754	Basamento resistivo

Durante el mes de Abril de 2005 el municipio de Paraná con el objetivo de localizar niveles portadores de aguas termominerales realiza 3 SEV los valores promedios de campo obtenidos para esta localidad se sintetizan en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados de los SEV-Paraná.
Fuente Resett (2005)

U E.	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	14	Sedimentos suprabásalticos
2	100	
3	24	
4	4	
5	46	Basaltos masivos
6	10	Basaltos c/intercalaciones
7	< 5000	Basamento

En el año 2004 el SEGEMAR llevó a cabo en la localidad de Diamante 4 SEV, que permitieron distinguir tres Unidades Geoeléctricas divididas a su vez en diferentes capas, según se presenta en la tabla 18

Tabla 18. SEVs en la localidad de Diamante.
Fuente: SEGEMAR 2004

U.G	Capa	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1º U.G	1	Valor medio de 15	Sedimentos
	2	de 8 a 11	
	3	1	
	4	1	
2º U.G	5	de 11. a 16	Basaltos
3º U.G	6	1,20 solo en uno de los SEV	

Durante el año 2011 se llevaron a cabo en Villa Urquiza 2 SEV que sirvieron para complementar lo ya realizado por los mismos autores en el año 2004. La tabla 19 presenta los valores promedios de resistividad medidos en el campo de la última intervención

Tabla 19. Valores SEV Villa Urquiza – Fuente: Díaz (2011)

Capa	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	19	Cobertura Sedimentaria
2	6	
3	88	
4	2	
5	545	Basaltos
6	30	Sedimentos
7	2500	Basamento

En el año 1998 en la ciudad de María Grande la empresa CAMSSA. Compañía Argentina de Minería y Sondaje S.A. realizó 9 SEV cuyos resultados promedios se exponen en la tabla 20.

Tabla 20. Valores de la SEV – María Grande.
Fuente Pastore (1998)

Capa	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	10	Cobertura sedimentaria
2	2	
3	86	Basaltos
4	21	Sedimentos
5	155	Basamento

En el año 2011 la ciudad de Federal se suma a las localidades de la provincia que pretende explotar aguas termales, para cumplir con dicho fin se realizan 4 SEV en esta localidad y los resultados se exponen en la tabla 21

Capa	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1*	19	Cobertura sedimentaria
2	264	Basaltos masivos
3	42	Basaltos con intercalaciones
4	2500	Basamento hidrogeológico

En la Tabla 22 se representan los valores máximos y mínimos de los SEV realizados en la localidad de La Paz

Capa	Resistividad (Ohm.m)	Litología
1	4 y 20	Sedimentos suprabasálticos
2	6 y 108	
3	0.3 y 2.2	
4	25 y 130	Coladas basálticas
5	10 y 20	Sedimentitas subyacentes

En Villaguay se han realizado dos campañas con el objetivo de determinar la presencia de formaciones geológicas capaces de contener aguas termales; la primera de ellas se llevó a cabo en el año 1997 y estuvo a cargo de la empresa INGEP SRL; la segunda se llevó a cabo en marzo del año 2001 y la realizó el SEGEMAR (Servicio Geológico Minero de la República Argentina) y cuyos resultados promedios se muestran en la tabla 23.

U.G.	Resistividad (Ohm.m)	Litología
Superficial	11	Cobertura
UG Resistiva	33	

1° Unidad Medio Resistiva	19	Basaltos
Unidad Conductiva	5	Basaltos con intercalaciones
2° Unidad Medio Resistiva	18	Basaltos masivos
Unidad resistiva de fondo	S / D	Basamento hidrogeológico

Otros estudios realizados en la provincia con el mismo fin fueron llevados a cabo por Favetto, A. en el año 2005 en las localidades de San José, Villa Elisa, Aldea San Antonio y Gualeguaychú con un total de 14 sondeos. Los resultados obtenidos confirman las litologías que se han venido exponiendo: formaciones suprabasálticas con resistividades que oscilan entre 12 y 50 ohm-m. Estas sedimentitas sobreyacen a las coladas basálticas de Serra Geral con valores medidos entre los 80 y 200 ohm-m, por último se diferencian de la unidad geoelectrica anterior los sedimentos infrabasálticos a los cuales se le atribuyeron resistividades del orden de 3 y 25 ohm-m.

CONCLUSIONES

La aplicación del método resulta conveniente por su bajo costo frente a otras técnicas, y confirman la presencia de las unidades geológicas prospectadas. Los métodos geofísicos de superficie, tanto el sondeo eléctrico vertical (SEV) como el sondeo magnético telúrico (SMT) han demostrado la aptitud y poder resolutivo para caracterizar los ambientes y sus profundidades, determinados por las resistividades y espesores de las distintas capas eléctricas resultantes de la interpretación por métodos informáticos basados en software de amplia y reconocida difusión. Los contrastes existentes en las mediciones permite diferenciar claramente las tres grandes unidades geológicas que conforman el subsuelo de la provincia: los sedimentos infrabasálticos, las coladas de Serra Geral y las sedimentitas que las sobreyacen. En cuanto a estas últimas las variaciones de resistividad observadas en el intervalo definen la presencia de distintas litologías capaces de albergar acuíferos más someros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al esfuerzo y empeño de aquellos municipios, empresas y

profesionales que apostaron a la búsqueda de un recurso que hasta unos años atrás se suponía inexistente y que hoy gracias a ellos fue posible contar con la información que es volcada en este trabajo.

A las autoridades del directorio del Ente Regulador de Termas de la provincia por haber permitido el acceso y uso de la Base de Datos de la Institución conforme a lo establecido en el Decreto 1169 - Directiva 29/07 del Poder Ejecutivo Provincial que da derechos de acceso a la información pública dentro del ámbito provincial

BIBLIOGRAFÍA

- Ainchil, J. y Giusso, E. M., (1996) Perforación hidrotermal profunda en Villa Elisa (ER) el ajuste de la factibilidad geoelectrica y los criterios interpretativos. 1° Congreso Nacional de Hidrogeología. Universidad Nacional del Sur. Actas: 97-103, Bahía Blanca
- Ainchil, J., Giusso, M. (1994) Prospección geoelectrica para el proyecto de aguas termales - Municipalidad de Villa Elisa UNLP - FCAYG
- Ainchil, J. 2003 Prospección geoelectrica con fines hidrotermales en Gualeguay. Entre Ríos. Universidad Nacional de La Plata. Inédito.
- Agua y Energía Eléctrica (1995) Dirección de Promoción Minera e Hidrogeológica Aprovechamiento del recurso termal en el corredor del río Uruguay. Puerto Yerúa .Inédito.
- Bewley L.V. (1934) Theory and Tests of the Counterpise. American Institute of Electrical Engineers, Transactions of the (Volume:53 , Issue: 8)
- Díaz, E. L., Dalla Costa, O. A. (2006) Estudios geoelectricos para alumbramiento de aguas termominerales en Santa Ana. Licitación privada N° 06/2006, 19 páginas. Inédito.
- Díaz, E. L., Dalla Costa, O. A . (2011) Estudios para la realización de una perforación de explotación con fines termales en la ciudad de Federal. FUNDAGRO. Paraná. Entre Ríos. Inédito.
- Díaz, E. L., Dalla Costa, O. A . (2011) Estudios para la realización de una perforación de explotación con fines termales en la localidad de Villa Urquiza. Inédito
- Favetto A., Pomposiello C. (2004) "Estudio geofísico para la evaluación del recurso geotérmico en el establecimiento La Soñada S.A". Concepción del Uruguay, Entre Ríos. Serie Informes Especiales INGEIS 2004. Inédito.
- Favetto, A. et al. (2005) Estudio geofísico aplicado a la evaluación del recurso geotermal en el sudeste de Entre Ríos. Rev. Asociación Geológica Argentina
- GEOCONSULT S.A. (1996) Prospección hidrotermal por métodos geoelectricos en la ciudad de La Paz. Inédito
- GEOCONSULT S.A. (1998). Prefactibilidad de explotación del recurso hídrico termal Proyecto Villa Zorraquin Concordia. Entre Ríos .
- INGEP S.R.L (1988). "Método Geoelectrico por corriente continúa SEV en la localidad de Chajarí - Configuración simétrica de Schlumberger". INGEP S.R.L. Inédito.
- INGEP SRL. (1992) Estudio geofísico para la evaluación de Acuíferos Profundos en Federación (Entre Ríos).Inédito
- Orellana, E (1984). Prospección Eléctrica por corriente continúa. Editorial Paraninfo, Madrid. 523 pp.
- Pastore, S. (1998) Estudios geofísicos acuíferos profundos. Municipalidad de la ciudad de María Grande. CAMSSA. Compañía Argentina de Minería y Sondaje S.A. Inédito
- Ponti, N. (2003). Prospección geoelectrica para determinación de aguas termales en la localidad de San José. Inédito
- PROINSA (2003). Prospección geoelectrica para la detección de acuíferos profundos en Victoria. Comitente Sol de Victoria S.A. Inédito
- SEGEMAR (2001). Prospección Geoelectrica. Zona Villaguay, provincia de Entre Ríos. Informe Final. Inédito
- SEGEMAR (2002) Evaluación del recurso geotérmico en la zona de Gualeguaychú, provincia de Entre Ríos. Área Pueblo Belgrano. Inédito.
- SEGEMAR (2002) Proyecto de perforación termal en la localidad de Nogoyá, provincia de Entre Ríos. Estudio de Prefactibilidad, Informe complementario síntesis geofísica
- SEGEMAR. (2003). "Evaluación del recurso geotérmico en la zona de Basavilbaso, Entre Ríos. Consideraciones geofísicas". SEGEMAR Departamento de Geotermia Inédito.
- SEGEMAR (2004) Proyecto de perforación termal en la localidad de Diamante, Entre Ríos. Estudio de Prefactibilidad. SEGEMAR Departamento de Geotermia 2004.-
- Resett, R. S. (2005) Estudio de Prefactibilidad para la explotación del recurso termal. Municipalidad de Paraná. Entre Ríos. Inédito.
- Resett, R. S. (2008) Estudio de Prefactibilidad para la explotación del recurso termal. Municipalidad de Ubajay. Entre Ríos. Inédito.