

# APORTES AL MODELO HIDROQUÍMICO CONCEPTUAL DE LAS AGUAS TERMALES ENTERRRIANAS

---



*Trabajo de investigación.*

*Director: Dr. Pablo Daniel Mársico*

*Co-directora: Lic. Ivana Elizabeth Zecca.*

**Ente Regulador de los Recursos Termales  
de la Provincia de Entre Ríos.**

**Universidad Autónoma de Entre Ríos  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Sede Gualeguaychú  
Lic. en Gestión Ambiental**

*Gualeguaychú, 2016*

## CONTENIDO

APORTES AL MODELO HIDROQUÍMICO CONCEPTUAL DE LAS AGUAS TERMALES ENTRERRIANAS.....	1
Contenido.....	2
Resumen.....	5
Palabras clave.....	5
Integrantes del equipo de investigación.....	5
OBJETIVOS.....	6
General:.....	6
Específicos.....	6
MARCO TEORICO.....	6
ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO.....	7
Antecedentes Geológicos.....	11
METODOLOGÍA Y MATERIALES A EMPLEAR.....	13
GPS.....	13
Técnica del muestreo.....	14
Etiquetas.....	14
Sonda mutiparamétrica.....	14
Cintas reactivas para medir pH.....	15
Alcalinidad.....	15
Espectrofotómetro.....	15
Fotómetro de llama.....	17
Análisis estadístico de la información hidroquímica.....	18
Análisis de conglomerados o de Clusters.....	18
Componentes Principales.....	18
SOFT PLOT CHEM.....	19
EL MEDIO FISICO.....	20
La provincia de Entre Ríos.....	20
<i>Clima</i> .....	20
<i>Precipitaciones</i> .....	20
<i>Vientos</i> .....	20
<i>Áreas de tornados en la República Argentina</i> .....	21
<i>Humedad</i> .....	21
<i>Presión</i> .....	21
<i>Temperatura</i> .....	21
<i>Regiones Geomórficas</i> .....	22

<i>Edafología</i> .....	22
GEOLOGÍA.....	25
Unidades Litológicas.....	25
Aguas Superficiales .....	26
Río Uruguay .....	26
Aguas subterráneas.....	26
<i>Ambiente de acuíferos en sedimentos de la Formación Paraná.</i> .....	26
<i>Ambiente de acuíferos en la Formación Salto Chico</i> .....	27
Condiciones Geotécnicas .....	27
Sismicidad.....	28
FACTORES BIÓTICOS .....	29
<i>Fauna y Flora</i> .....	29
Ambiente socio - económico.....	30
<i>Agricultura</i> .....	30
<i>Ganadería</i> .....	30
<i>Minería</i> .....	30
<i>Industria</i> .....	31
<i>Medios de Comunicación</i> .....	31
<i>Energía Eléctrica</i> .....	31
<i>Turismo</i> .....	31
<i>Demografía</i> .....	32
<i>Entre Ríos y el Mercosur</i> .....	32
PERFORACIONES ESTUDIADAS.....	33
Aspectos geológicos e hidráulicos.....	35
Columnas estratigráficas y descripción litológica.....	36
Período Precámbrico.....	37
Período Pérmico .....	39
<i>Formación Piramboia (Walther, 1911)</i> .....	39
<i>Formación Yaguarí/Buena Vista (Padula y Mingramm, 1968)</i> .....	39
Período Triásico superior .....	41
<i>Formación Botucatú (Castellanos 1965)</i> .....	41
Períodos Jurásico superior - Cretácico inferior .....	43
<i>Basaltos de Serra Geral e intercalaciones arenosas (Derby, 1879) - (Fourous 1904)</i> .....	43
Período Cretácico .....	45
<i>Formación Mariano Boedo (Mingramm, 1965)</i> .....	45

Período Terciario .....	46
<i>Formación Fray Bentos</i> (Lambert, 1940) .....	46
<i>Formación Olivos</i> (Groeber, 1961) .....	46
<i>Formación Paraná</i> . Bravard, 1858) .....	46
Período Cuaternario .....	48
<i>Formación Hernandarias</i> .....	48
<i>Grupo Pampa</i> . (Auge 2002) .....	48
ASPECTOS HIDROQUÍMICOS.....	51
Área hidroquímica 1 .....	53
Área hidroquímica 2 .....	57
Área hidroquímica 3 .....	58
Análisis estadísticos.....	63
Análisis de Conglomerados .....	63
<i>Análisis de Componentes Principales</i> .....	64
Análisis de los resultados.....	65
PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	64
Programa de Monitoreo Ambiental (PMA).....	64
PMA para el pozo termal y obras complementarias .....	65
Monitoreo de los factores naturales .....	65
Informe de Auditoría Ambiental (IAA).....	68
<i>Modelo de Protocolo de análisis físico, químicos y microbiológicos</i> .....	70
Plan de Información Pública.....	71
Plan de Contingencia – Plan de Contingencia Ambiental (PCA).....	72
Tratamiento de las aguas termominerales .....	75
CONCLUSIONES .....	80
Desde lo geológico .....	80
Desde lo hidroquímico.....	80
Desde lo ambiental.....	80
Recomendaciones .....	81
Divulgación del trabajo .....	81
BIBLIOGRAFIA.....	82
AGRADECIMIENTOS .....	87

---

## RESUMEN

---

Las aguas termominerales son utilizadas desde la antigüedad, reportando beneficios sobre la salud humana estrechamente relacionados con sus propiedades físico-químicas.

Por otro lado, los Complejos Termales se han transformado en un recurso turístico valioso. Se han realizado perforaciones profundas (sobrepasan los 500 m.b.b.p) con el objetivo de explotar aguas termominerales ubicadas en las unidades geológicas más antiguas del subsuelo entrerriano.

Estos sondeos aportaron a los técnicos un gran cumulo de información que aún no se encuentra íntegramente procesada, y por lo tanto, tampoco ha sido compendiada.

Con el presente trabajo se pretende que la hidroquímica del recurso termal comience a ser definitivamente ordenada, para lo cual se realizarán análisis de sales mediante el uso de métodos analíticos como espectrofotometría y fometría de llama, como así también se realizarán sugerencias de gestión que contemplen los ecosistemas involucrados y las leyes ambientales.

Con los productos obtenidos de la investigación se elaboraran tablas y mapas que procurarán ofrecer un aporte al modelo hidroquímico conceptual existente, con el fin mejorar la gestión del recurso estudiado.

Las tareas de investigación y consulta a instituciones y autoridades de prestigio en el tema, sumadas al trabajo de campo realizado con rigor científico, legalizan la validez de los resultados.

---

## PALABRAS CLAVE

---

Aguas termales – Modelo hidroquímico – Gestión ambiental

---

## INTEGRANTES DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

---

- Días Ucha, Eduardo Luis = Asesor
- Mársico, Daniel = Director
- Zecca, Ivana = Co Directora
- Peruzzo, Rubén = Asesor Interno
- Díaz, María Celeste = Asesora interna
- Antonetti, Cintia - Integrante interina
- González, Elisa Paola - Integrante interina
- Paredes, Gimena - Integrante interina
- Beber Rojas, Valentina - Integrante interina

---

## OBJETIVOS

---

### General:

- Realizar un aporte al modelo hidroquímico conceptual de los acuíferos termales mediante el empleo de nuevas técnicas de análisis.

### Específicos

- Centralizar la información hidroquímica generada por el estudio de las perforaciones.
- Acercar nuevas propuestas para diversificar el uso del recurso hidrogeotérmico.
- Proponer criterios de manejo del efluente identificando acciones que puedan ser incorporadas a la política de gestión actual (Leyes provinciales 9678 y 9714).
- Brindar nuevos elementos de juicio para la planificación integral de futuros trabajos exploratorios atendiendo a preservar los ecosistemas involucrados.
- Disponer de un inventario actualizado del quimismo de los recursos termales disponibles, y mapeo integral del territorio provincial respecto del mismo.

---

## MARCO TEORICO

---

Las aguas termominerales conocidas y utilizadas con fines sanitarios y recreativos desde épocas remotas, han adquirido gran relevancia por su importancia en la industria turística.

El concepto de aguas termales involucra una amplia variedad del recurso respecto de su composición físico-química tal como la profundidad de su yacencia, la temperatura, la salinidad que varía desde efluentes dulces hasta aquellos de alta mineralización y también el contenido microbiológico.

La provincia de Entre Ríos ha sido pionera en la explotación del subsuelo profundo y la aplicación de instrumentos legales que garanticen una gestión responsable de dicha actividad.

Numerosos estudios realizados por organismos públicos y emprendimientos privados han contribuido a caracterizar los aspectos hidroquímicos tan complejos y diversos, pero sin atenerse a un protocolo estandarizado., por lo cual la información arrojada de dichos estudios se encuentra dispersa y carece de puntos de referencia.

Esta situación motiva a docentes de la carrera Gestión Ambiental que pertenece a la Unidad Académica Facultad de Ciencia y Tecnología de UAdER a iniciar un Trabajo de Investigación que requiere de la participación de numerosos actores de distintas disciplinas. En primer lugar el Dr. Mársico es Geólogo y miembro del ERRTER, así como titular de las Cátedras Gestión Recurso Suelo y Geología ambiental; la Lic. Zecca dicta las Cátedras de Sistemas de Medición, Control y Mitigación y el Proyecto Final Integrador; el Mg Peruzzo es Bromatólogo, dicta la cátedra de Gestión Recurso Agua; la Bioquímica Díaz dicta Química General. Se incorporaron alumnos de la Licenciatura y como Asesor el Dr. Días Ucha, Ing. en Recursos Hídricos, dicta cátedra en la UNER. Si bien el trabajo

En el marco de la carrera hay un interés específico en formalizar propuestas de **gestión ambiental** para distintos recursos, emprendimientos y actividades antrópicas. Esto se aplica a la actividad termal e implica necesariamente desarrollar una metodología de trabajo que a grandes rasgos se basa en efectuar un relevamiento de los distintos efluentes de la Provincia de Entre Ríos, realizar un estudio analítico de la composición físico-química de las **aguas termales**, procesar los datos obtenidos y proponer un **modelo hidroquímico** que correlacione y estandarice la forma de caracterizar dichos acuíferos. Este modelo deberá respetar la plena aplicación de las leyes ambientales vigentes a fin de lograr una explotación del efluente conforme con el entorno natural, sin comprometer

su vulnerabilidad ni la disponibilidad de los demás recursos, tal que responda a un proceso responsable de gestión aplicada al ambiente o gestión ambiental.

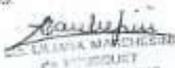
## ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Siguiendo a Mársico 2013, las primeras referencias sobre la composición físico química de las aguas subterráneas alojadas en los acuíferos profundos del territorio provincial datan del momento mismo que se iniciaron las perforaciones, Federación 1994, Hasta entonces solo se conocía la hidroquímica de los recursos termales alumbrados en el sector noroeste de la República Oriental del Uruguay y la de los acuíferos más someros de la provincia.

Paralelamente al aumento de las perforaciones, también se han incrementado los trabajos realizados en este sentido, encontrándose informes elaborados por profesionales con incumbencia en la materia, laboratorios de renombre nacional e internacional, centros de estudios de la provincia e incluso organismos internacionales.

Como ya se ha mencionado, la información obtenida se encuentra dispersa y carece de correlación ante un protocolo estandarizado respecto a la composición de las aguas termales.

Las figuras 1 a y b ejemplifican lo dicho.

MUNICIPALIDAD DE GUALEGUAYCHÚ LABORATORIO DE OBRAS SANITARIAS "Lic. María Eugenia Goldaracena"	
<u>Análisis Microbiológico de Agua</u>	
Protocolo N°: 436B	
Muestra remitida por el Geólogo Mársico Daniel.	
Identificada: agua de pozo termal.	
Lugar de extracción: Basavilbaso.	
Fecha de recepción: 17 de agosto de 2005.	
<b>ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO</b>	
G. Aerobios totales UFC/ml PCA- 37°C- 48 hs.	5
B. Coliformes totales NMP/100 ml -57 °C - 48 hs.	< 3
Escherichia coli / 100 ml.	ausencia
Pseudomonas aeruginosa / 100 ml.	ausencia
<b>ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO</b>	
<b>DETERMINACIONES</b>	<b>Resultados</b>
pH:	7,60
Turbiedad UNT:	3,1
Sedimento:	escaso (sales)
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) mg / l:	< 0,10
Amoníaco (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) mg / l:	< 0,05
Nitratos ( NO <sub>3</sub> ) mg / l:	< 1
Cloruros (Cl <sup>-</sup> ) mg / l:	38500
Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> ) mg / l:	80
Dureza Total ((CaCO <sub>3</sub> ) mg / l:	10600
Calcio (Ca) mg/l:	3900
Magnesio (Mg) mg/l:	210
Sulfato ( SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) mg / l:	3100
Hierro Total (Fe <sup>3+</sup> ) mg / l:	< 0,3
Sodio (Na) mg/l:	25600
Potasio (K) mg/l:	130
Conductividad mho. cm <sup>-1</sup> :	95000
Gualeguaychú, 22 de agosto de 2005.	
 MARIANA MARCHESINI Lic. en BIODIVERSIDAD Lic. en QUÍMICA	
Laboratorio de O.S.M. - Av. 2 de abril y Puerto Argentino (2820) Gchú. Entre Ríos. Tel. 03446-427644 LAB. OBRAS SANITARIAS	



# LIAQuim

LABORATORIO INTEGRAL DE ANALISIS QUIMICOS INDUSTRIALES Y AGROPECUARIO

URQUIZA 1877 - TEL. (0343) 431-7900 - (3100) PARANA - ENTRE RIOS

## PROTOCOLO DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

FECHA: 29/11/07

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DE DIAMANTE -

OBJETO: Analisis Fisicoquímico de Agua

MUESTREO: Realizado por el SOLICITANTE - Fecha de RECEP de Muestra: 26/11/07

RÓTULO: MUESTRA N° 1: AGUA POZO TERMAL -

### VALORES HALLADOS:

#### Analisis Preliminar

	UNIDADES	MUESTRA I	CAA*
Residuo a 105°C	mg/l	300.000	1.500
Dureza Total	mg/l	43.470	400**
Alcalinidad Total	mg/l	34,2	--
Conductividad	µ.S	519.000	--
pH		6,10	6,5-8,5

#### Ensayos de Mineralización

CATIONES	meq/l	mg/l	CAA*mg/l
Hierro	trazas	Trazas	0,30
Calcio	714,40	14.280,00	200
Magnesio	155,00	1.860,00	150
Sodio	3.347,80	77.000,00	--
Potasio	18,70	730,00	--
TOTAL CATIONES	4.235,90	93.870,00	
ANIONES	meq/l	mg/l	
Carbonatos	ausentes	Ausentes	--
Nitratos	ausentes	Ausentes	45
Bicarbonatos	0,70	42,10	--
Sulfatos	17,00	814,40	400
Cloruros	4.300,00	152.650,00	350
TOTAL ANIONES	4.317,70	153.506,50	

#### Ensayos de Contaminación

	UNIDADES	MUESTRA I	CAA*
Materia Orgánica	mg/l	--	Ausencia
Nitritos	mg/l	Ausentes	0,10
Amonio	mg/l	Ausente	0,20
Arsénico	mg/l	Ausente	0,05

\*Valores máximos aceptados por CAA Art 982 - Res Msy AS n° 494 del 7.07.94

\*\* 0-50 ppm AGUA BLANDA/ 100-150 ppm AGUA LIGERAMENTE DURA/ > 300 ppm AGUA MUY DURA

NOTA: para realizar las diferentes determinaciones fue necesario realizar diluciones importantes, que puede llevar a obtener resultados que registren un % de Error mayor al esperado.

Lic. en Quím. Lidia Viale  
MP 7515

Fig. 1 b

Por todo lo expuesto, a continuación solo se hará mención de aquellos trabajos considerados como referentes por ser los únicos que agruparon varios centros termales.

En primer término se destacan las investigaciones realizadas por expertos cubanos en el año 2002 en las ciudades de Federación, Concordia (Vertientes de la Concordia o Concordia 1), Colón, Villa Elisa, Chajarí y La Paz con el estudio denominado "El turismo, la salud y la industria especializada a partir de los recursos termales de la provincia de Entre Ríos", donde se determinaron los componentes físico-químicos, presencia de elementos radioactivos como Radón 222 y Radio 226 y parámetros bacteriológicos.

En las tablas 1a, 1b y 1c se observan los resultados alcanzados.

<b>Tabla 1a. Resultados de los análisis físico/químicos</b>		
<b>Normativa CODEX ALIMENTARIUS</b>		<b>Muestras del pozo termal COLON</b>
<b>Elementos</b>	<b>Límites máximos permisibles</b>	<b>PT-5</b>
Cobre	1 mg/L	< 0.01
Manganeso	0,5 / 2 (*)	< 0.006
Zinc	5	< 0.01
Borato, como H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	30	1.86
Materia orgánica ,como O <sub>2</sub>	3	< 3
Arsénico total	0.01 / 0.08 (*)	0.113
Bario	0,7 / 1 (*)	0.024
Cadmio	0,003 / 0.005 (*)	< 0.005
Cromo	0,05	< 0.02
Plomo	0,01 / 0.1 (*)	< 0.10
Mercurio	0,001/ 0.03 (*)	< 0.02
Selenio	0.01 / 0.04 (*)	< 0.04
Fluoruro	2	0.75
Nitrato	45	< 10
Sulfuro, como SH <sub>2</sub>	0.05	< 1.0
Antimonio	0.005 / 0.08 (*)	< 0.08
Níquel	0.02	< 0.01
Nitrito	0.02/ 0.03 (*)	< 0.03
Cianuro	0.07	< 0.03
Observaciones	(*) Límites aceptados en la Norma cubana NC:2:1996 para aguas minerales naturales	Los contenidos de Arsénico son superiores a los establecidos

<b>Tabla 1-b Concentración de Radón-222 y Radio-226. Federación. Entre Ríos</b>			
<b>Determinación</b>	<b>Agua</b>		<b>Aire</b>
	<b>Bq.m<sup>-3</sup></b>	<b>nCi.L<sup>-1</sup></b>	<b>Bq.m<sup>-3</sup></b>
Concentración de Radón-222	92 976.0	2.51	202 781.0
Concentración de Radio-226	14 109.0	0.38	-

**Tabla 1-c. Resultados de los parámetros bacteriológicos en las fuentes termales**

Localidad	Bacterias Totales UFC/ml	Índice Coli NMP/100ml	Índice Coli Fecal NMP/100ml	Índice Streptococos fecales NMP/100ml	Índice Pseudomonas Aer. NMP/100ml	Índice Clostridium NMP/100 ml
Colón	30	2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
Federación	50	2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
Chajarí	35	2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
La Paz	60	2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
Concordia	65	2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
Villa Elisa	60	2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2

Otro aporte importante lo realizó Adrian Silva Busso en 1999 con su trabajo *Contribución al Conocimiento Geológico e Hidrogeológico del Sistema Acuífero Termal de la Cuenca Chacoparanaense Oriental Argentina* dedicando todo un capítulo a la hidrogeoquímica de la zona abarcada por el estudio.

El conocimiento hidrogeoquímico del área adquirió relevancia con la redacción del VADEMECUM de AGUAS TERMALES de ENTRE RÍOS (VATER, 2008), elaborado por profesionales de la carrera de Especialización en Termalismo de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Entre Ríos, el Ente Regulador de los Recursos Termales de Entre Ríos (ERRTER), la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), la Comisión Administradora de Fondos Especiales de Salto Grande (CAFESG) y la Autoridad Regulatoria Nuclear (Presidencia de la Nación Argentina) que realizó el dosaje de los elementos radiactivos.

Los trabajos de campo se desarrollaron durante el primer semestre del año 2007 y comprendieron la extracción de muestras de agua y gases de los centros termales de María Grande, Chajarí, Concordia 1, Federación, San José, Colón, Gualaguaychú 2, Villa Elisa, La Paz y Concepción del Uruguay 2.

La labor sirvió además para realizar una caracterización de las aguas termales considerando su mineralización y los iones dominantes, la dureza y la radioactividad entre otros parámetros.

Otro trabajo de relevancia lo realizó la firma PROINSA en el marco de los estudios propuestos por la Secretaría del Acuífero Guaraní en el segundo semestre del año 2006. De los 186 pozos censados, fueron estudiados 9 centros termales provinciales, extrayendo de las perforaciones profundas y de los pozos que suministran agua potable.

Se llegaron a realizar alrededor de 60 analitos entre mediciones "in situ" y determinaciones en laboratorio; entre los primeros es posible mencionar parámetros como pH, Temperatura (T °C), O<sub>2</sub> disuelto, CO<sub>2</sub>, y conductividad eléctrica; para los segundos Alcalinidad Carbonatada y Bicarbonatada, Sólidos totales disueltos, Dureza Total, Aniones Cl<sup>-</sup> y SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, DBO, DQO, elementos trazas como Níquel, Mercurio y Cadmio, estudios microbiológicos de Coliformes totales y fecales, Escherichia Coli, algas y hongos.

Dentro de las últimas intervenciones en la provincia se encuentra la realizada por YPF con el fin de detectar indicios sobre la presencia de hidrocarburos.

Por último se hace referencia a los relevamientos periódicos que realiza la Autoridad de Aplicación provincial (ERRTER) en todos los centros en funcionamiento con una sonda multiparamétrica Hanna HI 929828 determinando pH, T°C, ORP, OD, conductividad, TDS mg/l y salinidad entre otros. (Tabla 2)

**Tabla 2 -Formato de los datos relevados por el ERRTER.**

HI 929828 - 1.0										
Modelo	HI 9828 v2.1									
Id:	751809									
Nombre del lote	Federación									
N. de muestras	47									
Fecha de inicio	21/12/2010									
Hora de inicio	11:13 AM									
Checksum	5794540 - Integridad de los datos verificados									
Fecha	Hora	°C	pH	ORP	OD mg/l	μS/cm	μS/cm A	MOhm·cm	TDS mg/l	Salinidad

A pesar de todos estos estudios hoy podemos asegurar que el conocimiento de los efluentes termales a través de las técnicas analíticas de espectrofotometría y fotometría de llama no posee antecedentes dentro del ámbito provincial, lo cual otorga al trabajo un valor agregado convirtiéndolo en el primero de su tipo.

### Antecedentes Geológicos

Sin duda alguna los antecedentes geológicos constituyen la mayor contribución realizada al conocimiento del subsuelo entrerriano y enumerarlos a todos sería demasiado tedioso; es por eso que en este apartado solo se hará mención de aquellos trabajos que han tratado la geología a nivel regional.

Los primeros estudios realizados en este orden datan del año 1976 cuando se lleva a cabo el Segundo Simposio de Geología Regional Argentina donde autores como Carlos Gentili y Víctor Rimoldi dedicaron todo un capítulo a la descripción de los rasgos geológicos y estructurales de la Mesopotamia Argentina.

Más adelante, nuevos trabajos son compensados en la Geología Argentina de 1999 publicación de la Subsecretaría de Minería de la Nación, Servicio Geológico Minero y el Instituto de Geología y Recursos Minerales.

Merece destacarse la labor de profesionales como Aceñolaza, Auge, Garracino, Santa Cruz, Silva Busso, Iriondo, Tófalo y técnicos de LCV quienes realizaron una valiosa asistencia al conocimiento geológico del subsuelo entrerriano y no menos importante lo ejecutado por la Secretaría del Acuífero Guaraní en el sector nor-oriental de la provincia, realizando transectas geológicas con mapeo de superficie y recolección de muestras.

Por último vale resaltar los aportes realizados por aquellas empresas y profesionales independientes, generadores de la información con la que hoy cuenta la provincia, que con su participación en las perforaciones ya sea en el control geológico como en la realización de las tomografías eléctricas aportaron el material que sirvió de base principal para el desarrollo de la tesis.

En la tabla 3 se hace referencia a estos autores y a los títulos de los informes originales.

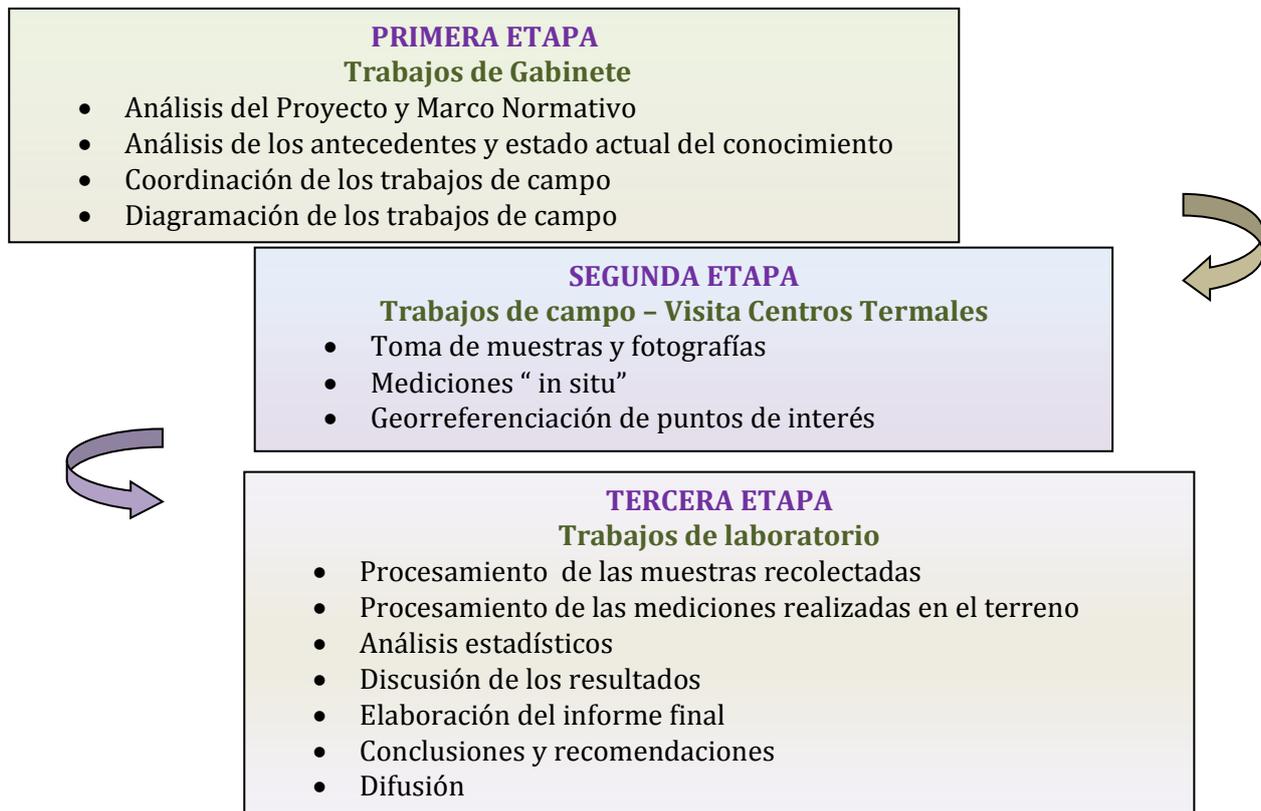
<b>Tabla 3 - Informes originales de las perforaciones estudiadas</b>			
	<b>Perforaciones</b>	<b>Informe y autor</b>	
<b>Entre Ríos</b>	<b>1</b>	Chajarí 1	SEGEMAR- IGRM (2000)
	<b>2</b>	Federación 1	Informe Final de la Perforación - González S. (1994)
	<b>3</b>	Concordia 1 - PRODINTA	GEOCONSULT (1996). Proyecto y dirección perforación de pozo. Concordia. Entre Ríos
	<b>4</b>	Concordia 2 - VERTER	Factibilidad de explotación del recurso termal García, D. (2003) PRODINTA S.A.
	<b>5</b>	Concordia 3 - TERMAS DEL AYUI	Perfilaje Final Perforación Concordia 3 Ponti (2008)
	<b>6</b>	San José 1	Vaccarini L. (2004) Comunicación personal
	<b>7</b>	Colón 1	Informe final Pozo Colón -1(E. R.). Municipalidad de Colón (E.R.) (Benítez 1996)
	<b>8</b>	Villa Elisa 1	Perforación para Captación de Agua Termal (Benítez. 1997)
	<b>9</b>	C. del Uruguay 1 <sup>1</sup>	Informe final ER. C U - 1 (Concepción del Uruguay) (Mársico 2001)
	<b>10</b>	C. del Uruguay 2	Informe Geológico-Técnico Perforación Basavilbaso 1 (Mársico 2007)
	<b>11</b>	Gualeduaychú 1	Informe Final Pozo Gualeduaychú -1. Termas del Guaychú S. A. Gualeduaychú, E.R.(Benítez-Mársico 1999)
	<b>12</b>	Gualeduaychú 2	Informe Final ER. Gychú - 2 (Gualeduaychú) Mársico (2004)
	<b>13</b>	Villaguay 1	Informe Final y Control Geológico Perforación Villaguay 1 (Stockli, F. 2003)
	<b>14</b>	Victoria 1	Informe factibilidad de explotación Parque Temático Termal. Victoria del Agua S.A. Sanguinetti (2008)
	<b>15</b>	Basavilbaso 1	Informe Geológico-Técnico Perforación Basavilbaso 1 (Mársico 2005)
	<b>16</b>	Diamante 1 <sup>1</sup>	Informe Final Perforación Diamante 1 (Mársico 2007)
	<b>17</b>	María Grande 1	SEGEMAR - IGRM Informe Perforación (2001)
	<b>18</b>	La Paz 1	Informe final pozo explotación Geoconsult S.A. (2000)

<sup>1</sup> Nota de los autores: Los pozos C. del U. 1 y ciudad de Diamante se encuentran inoperantes desde hace varios años por motivos que no corresponde describir ya que estos son ajenos al proyecto que se desarrolla.

## METODOLOGÍA Y MATERIALES A EMPLEAR

Teniendo en cuenta que el diseño metodológico es la base para planificar todas las actividades que demanda el proyecto y para establecer los recursos naturales, humanos y financieros, se grafica a continuación la Secuencia Metodológica propuesta para el presente trabajo de investigación.

Esta secuencia implica el análisis del proyecto desde una perspectiva ambiental, y el análisis del mismo con relación a la actividad



### Materiales, instrumentos y técnicas utilizados en el campo y en laboratorio para determinación de los distintos analitos.

#### GPS

Para la georreferenciación de los sondeos se utilizó un GPS modelo Garmin E Trex Legend que además de las características que se enuncian a continuación es uno de los GPS más versátiles; la línea Legend que además de poseer un receptor de alta sensibilidad que le permite mantener la señal en los entornos más complejos, es de fácil manejo y con funciones que lo hacen un instrumento ideal para las tareas de campo planificadas. Fig. 2

**Principal** Tipo: portátil - Campo de aplicación: universal - Software: Garmin - Número de waypoints: 1000 -Número de rutas: 20 - Capacidad del track log: 10.000 puntos - Construido en el mapa: sí - Posibilidad de descargar mapas sí - Computadora



Fig 2 . Receptor GPS en boca de pozo

de viaje: sí - Función Track-Back: sí;

**Pantalla** Tipo: LCD monocromo - Tamaño: 2.7x5.4 cm - Resolución: 160x288 píxeles. - Luz de fondo: sí;

**Características:** Número de canales del receptor: 12 -Precisión de la definición de coordenadas: 5 m - Precisión de velocidad: 0,05 m/s - Exactitud de la determinación de la altura: 10 m - Frecuencia de actualización: 1 hora/s -Tamaño de la memoria interna: 8 MB - WAAS support: sí - Tipo de antena: interna.

**Potencia** Elementos de energía: AA - Número de baterías: 2 - Tiempo de trabajo: 18 hs.

**Interfaces** Conexión: puerto COM - Soporte estándar NMEA 0183: sí;

**Información adicional** Carcasa resistente al agua

**Dimensiones** (WxHxD): 51x112x30 mm;

**Peso:** 150 g;

En <http://es.specsen.com/gps-navigators-garmin/garmin-etrex-legend/> (visita = 11 de Octubre de 2015

### Técnica del muestreo

La toma de muestras se efectuó siguiendo el protocolo de los métodos estándares aplicables en hidrogeoquímica. Se ha evitado en todo momento la contaminación de las muestras, que fueron tomadas como mínimo 15 minutos después de que el pozo fuera puesto en marcha. Sistemáticamente se realizaron medidas in situ de temperatura, conductividad eléctrica, pH y Eh del agua.

De cada punto acuífero se tomaron dos alícuotas en distintas botellas.

### Etiquetas

Todas las muestras fueron etiquetadas en el momento de la toma para su identificación posterior

En cada etiqueta se registraron los siguientes datos:

- Número de muestra.
- Nombre de la localidad donde pertenece cada centro termal.
- Fecha y hora de toma.

Figuras 3 a y 3 b.



Fig. 3 a. Etiquetado

### Sonda mutiparamétrica

Hi 9828 es un sistema multiparamétrico basado en un microprocesador que cuenta con los años de experiencia de Hanna Instruments como fabricante de instrumentos analíticos. Resistente al agua, robusto y de fácil uso es el equipo ideal para medidas de cuerpos de agua en el terreno, ya que permite habilitar la medición de 11 parámetros en la amplia pantalla de gráficos con retroiluminación. Todas las lecturas pueden ser grabadas y asociadas a un área de muestra específica gracias al sistema iButton además de los comentarios que el operador puede ingresar antes o durante las mediciones.

Mide 11 parámetros: pH - mV - ORP - Oxígeno Disuelto (% de saturación y mg/L) - Conductividad - Resistividad - Sólidos Totales Disueltos - Salinidad - Gravedad específica del agua de mar - Presión atmosférica - Temperatura.

Los datos pueden ser trazados y descargados a un PC por medio de un conector USB.

Posee interfaz con 5 idiomas. Características GLP (buenas prácticas de laboratorio).

Es recargable con red eléctrica o desde el encendedor del auto, Puede almacenar hasta 60.000 muestras en 100 registros diferentes.

Figuras 4 a y b.



Fig. 4 a. Instrumental de campo



Fig. 4 b Mediciones en el campo

### Cintas reactivas para medir pH



Fig. 5a. Tira indicadora de pH

Durante la toma de muestras se procedió a medir el pH en boca de pozo mediante la utilización de cintas indicadoras de pH Merk.

Cada tira posee sustancias químicas (indicadores) que al sumergirse en una solución, provocan un viraje de color que depende el pH (la concentración de protones existentes).

Figuras 5 a y b.



Fig. 5b. Medición de pH

### Alcalinidad

La alcalinidad se determinó en laboratorio siguiendo los protocolos establecidos por Standard Methods ya que cubre todos los aspectos de las técnicas de análisis para agua y aguas residuales.

Esta metodología es una publicación conjunta de la American Public Health Association (APHA), la American Water Works Association (AWWA), y la Water Environment Federation (WEF).

### Espectrofotómetro

La **espectrofotometría** es un método analítico que utiliza los efectos de la interacción de las radiaciones electromagnéticas con la materia (átomos y moléculas) para medir la absorción o la transmisión de luz por las sustancias.

Desde Newton sabemos que cuando la luz blanca pasa a través de un prisma se descompone en un espectro de bandas coloreadas (espectro visible), cada una definida por una longitud de onda específica. Así también la principal emisión de los cuerpos es la radiación electromagnética en una longitud de onda determinada, de *manera que cada elemento químico puede absorber y emitir luz de colores*. Esta radiación es factible de medición tal que pueda indicarnos la cantidad de una sustancia o elemento presente en una muestra en estudio.

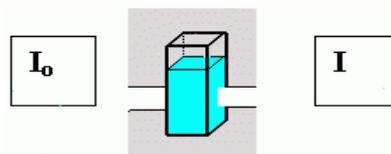
La cantidad de muestra será directamente proporcional a la absorción de luz de una longitud de onda determinada e indirectamente proporcional a la intensidad de luz transmitida.

Para determinar la concentración de la sustancia analizada se aplica la Ley de **Lambert-Beer** o ley general de la espectrofotometría que **permite hallar la concentración de una especie química a partir de la medida de la intensidad de luz absorbida por la muestra**.

La imagen grafica el mecanismo básico de transmitancia, donde:

$I_0$ , es la intensidad de la luz que incide sobre la muestra y que proviene de la fuente.

$I$ , es la intensidad de la luz transmitida por la muestra.



La relación  $I_t / I_0$  se conoce como transmitancia,  $T$ , y es la medida primaria que se realiza en los instrumentos para medir la absorción de luz por parte de una muestra. Si la relación se expresa en forma porcentual, entonces se llama porcentaje de transmitancia:  $\% T = 100 \cdot I_t / I_0$

La luz absorbida sería  $I_0 - I_t$ , es decir, la diferencia entre la intensidad de la luz incidente y la intensidad transmitida después de pasar a través de la muestra

El espectrofotómetro (Figura 6a)

- Ofrece información de una muestra sobre la naturaleza de la sustancia que contiene.
- Señala indirectamente la cantidad de la sustancia a investigar que se encuentra presente en la muestra.



Fig 6a. Espectrofotómetro

Características:

- Display digital. Lectura en porcentaje de transmitancia y absorbancia
- Modos seleccionables por teclado. Admite tubo redondo de 12 mm de diámetro, cubeta de 10 x 10 x 45 mm y semi-micro de iguales dimensiones.
- Rango de longitud de onda: 360 a 1000 nm.
- Sistema óptico: simple haz, red de difracción 1200 líneas/mm.
- Ancho de banda: 10 nm, exactitud:  $\pm 4$  nm, precisión:  $\pm 2$  nm. / Luz espuria:  $< 0.2\%T$  en los 400 nm.
- Rango fotométrico: transmitancia: 0 a 100%T, absorbancia: 0.00 a 2.00
- Linealidad fotométrica:  $\pm 3\%T$ .
- Detector: fotodiodo de silicio.
- Fuente de luz: lámpara halógena 6V 20W.
- Alimentación: 220V 50Hz.

Accesorios: cubeta de 10x10x45 mm de vidrio óptico, porta cubeta y cubeta de calibración, 0%T.

En los instrumentos de simple haz la radiación pasa a través de una sola solución a la vez. En los de doble haz, un haz de radiación pasa a través de la solución problema y otro haz pasa a través de la solución blanco o de referencia.

Para medir la transmitancia en instrumentos de simple haz se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- Sin que llegue luz al detector (paso de luz cerrado) se lleva a cero la indicación del medidor (0% de transmitancia)
- Con la solución blanco o de referencia, se abre el paso de luz y se ajusta el instrumento de modo que mida 100% de transmitancia.
- Se coloca la solución problema y se lee la transmitancia. Figura 6b.

Estas tres operaciones se deben repetir para cada longitud de onda, ya que tanto la salida de la fuente como la respuesta del detector varían con la longitud de onda. Además, la absorbancia del solvente (blanco) puede cambiar con la longitud de onda. La naturaleza secuencial de estos tres pasos también significa que tanto la salida de la fuente como la sensibilidad del detector deben permanecer constantes durante su desarrollo implicando que el voltaje de la fuente y del detector deben ser estables.



Fig. 6b Espectrofotometría en el Laboratorio.

### Fotómetro de llama

La **fotometría** es un tipo de espectroscopia de emisión basada en la disociación térmica (en llama) de elementos que se descomponen en átomos o iones libres en estado gaseoso. La fuente de calor provoca la excitación de los electrones a su nivel más alto de energía, cuando éstos se normalizan y vuelven a su orbital emiten una radiación (fotón) que se encuentra en la región visible del espectro.

El proceso básico sería:



Cada elemento emite radiación en una longitud de onda específica, por lo que de esta forma se pueden diferenciar según su color.

Por ejemplo:

- Bario. Longitud de onda: 554; Color: verde claro.
- Calcio. Longitud de onda: 622; Color: naranja.
- Potasio. Longitud de onda: 766; Color: Violeta.
- Litio. Longitud de onda: 670; Color: rojo.
- Sodio. Longitud de onda: 589; Color: amarillo.

**Componentes:** Fuente de energía radiante.  
Sistema de selección de onda  
Dispositivo para la cubeta de nuestra muestra.  
Detector de energía radiante.  
Dispositivo de lectura de la señal.

Figura 7.



Figura 7. Fotómetro de llama

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN HIDROQUÍMICA

Para la realización de dichos análisis se utilizó el programa InfoStat® en su modalidades de Análisis de Conglomerados y Componentes Principales, por ser éstas las técnicas más adecuadas para el procesamiento de los datos estudiados.

### Análisis de conglomerados o de Clusters

Para este análisis se utilizó el software infoStat (2008) que realiza entre otros tratamientos estadísticos, el agrupamiento de objetos multivariados que son frecuentemente utilizados como método exploratorio de datos con la finalidad de obtener mayor conocimiento sobre la estructura de las observaciones y/o variables en estudio. Si bien es cierto que el proceso de agrupamiento conlleva inicialmente a una pérdida de información ya que se sitúan en una misma clase unidades que no son idénticas (solo semejantes), la síntesis de la información disponible sobre las unidades consideradas puede facilitar considerablemente la visualización de relaciones multivariadas de naturaleza compleja.

El mismo, recurre a técnicas de conglomerados, cuando no se conoce una estructura de los datos “a priori” y el objetivo operacional es identificar el agrupamiento natural de las observaciones. Las técnicas de clasificación basadas en agrupamientos implican la distribución de las unidades de estudio en clases o categorías de manera tal que cada clase (conglomerado) reúne unidades de similitud es máxima bajo algún criterio. Es decir los objetos en un mismo grupo comparten el mayor número permisible de características y los objetos en diferentes grupos tienden a ser distintos.

Para agrupar objetos, InfoStat utiliza el análisis por casos o variables aplicando un algoritmo estadístico- matemático. Los algoritmos o métodos de agrupamiento permiten identificar clases existentes en relación a un conjunto dado de atributos o características.

En distintas áreas del conocimiento se encuentran estos algoritmos bajo diferentes nombres como son clasificación automática, análisis tipológico (del francés “analyse typologique”), análisis de agrupamiento (del inglés “cluster analysis”), taxonomía numérica, etc. Los algoritmos de clasificación pueden dividirse en no jerárquicos y jerárquicos. En las técnicas de clasificación no jerárquicas se desea obtener una única descomposición o partición del conjunto original de objetos en base a la optimización de una función objetivo. Mientras que en las técnicas de clasificación jerárquicas, se pretenden encontrar particiones jerarquizadas, esto es, consecutivamente más finas (o menos finas), luego los objetos son unidos (o separados) en grupos paso por paso.

### Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) permite analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos de una tabla de  $n$  observaciones y  $p$  columnas o variables. El ACP trata de encontrar, con pérdida mínima de información, un nuevo conjunto de variables (componentes principales) no correlacionadas que expliquen la estructura de variación en las filas de la tabla de datos.

El ACP y los gráficos conocidos como BILOT son las técnicas más utilizadas para reducción de dimensión. Dichas técnicas permiten examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables. Con el ACP se construyen ejes artificiales (componentes principales) que permiten obtener gráficos de dispersión de observaciones y/o variables con propiedades óptimas para la interpretación de la variabilidad y covariabilidad subyacente. Los biplots permiten visualizar observaciones y variables en un mismo espacio, y las asociaciones entre ellas.

La variabilidad en los datos puede resumirse y ordenarse a través del análisis o la explicación de la estructura de varianza y covarianza del conjunto de variables en estudio. El **ACP** es una técnica utilizada para ordenar y representar datos multivariados continuos a través de un conjunto de  $d=1, \dots, p$  combinaciones lineales ortogonales normalizadas de las variables originales que explican la

variabilidad existente en los datos de forma tal que ningún otro conjunto de combinaciones lineales de igual cardinalidad, tiene varianza de las combinaciones mayor a la del conjunto de componentes principales. Usualmente se selecciona un número  $d$  mucho menor que  $p$ , para la representación de la variabilidad subyacente. Se espera que dicha reducción de dimensionalidad no produzca una pérdida importante de información. Desde este punto de vista, la técnica de reducción de la dimensión implica una consecuente ayuda en la interpretación de los datos. La primera componente contiene más información (sobre variabilidad) que la segunda, ésta a su vez más que la tercera y así sucesivamente hasta no explicar más variabilidad.

Los gráficos de dispersión **BILOT** construidos a partir de las Componentes Principales se usan para visualizar la dispersión de las observaciones, permiten hacer interpretaciones sobre las relaciones conjuntas entre observaciones y variables, pero la influencia de las variables no es explícita en tales diagramas.

La configuración de los puntos se obtiene a partir de un ACP. Las variables son graficadas como vectores desde el origen. En los biplots construidos, *la distancia entre símbolos* representando observaciones y símbolos representando variables no tiene interpretación, pero *las direcciones de los símbolos desde el origen* sí pueden interpretarse. Las observaciones que se grafican en una misma dirección que una variable podrían tener valores relativamente altos para esa variable y valores bajos en variables u observaciones que se grafican en dirección opuesta. Por otro lado, los ángulos entre los vectores que representan las variables pueden interpretarse en términos de las correlaciones entre variables. Ángulos de  $90^\circ$  entre dos variables indican que ambas variables no se encuentran correlacionadas. Alejamientos de este valor (tanto sea en valores menores como mayores a  $90^\circ$ ) implican correlación (positiva o negativa). Es decir un ángulo cercano a cero implica que ambas variables están fuertemente correlacionadas en forma positiva y un ángulo cercano a  $180^\circ$  entre dos variables indica que ambas muestran presentan una fuerte correlación negativa. Cuando las longitudes de los vectores son similares el gráfico sugiere contribuciones similares de cada variable en la representación realizada. (Díaz, E. Comunicación personal)

## SOFT PLOT CHEM

Los diferentes softwares que se usan para el trabajo con modelos de aguas emplean diagramas hidroquímicos para la correcta identificación de las mismas. Estas representaciones gráficas constituyen una herramienta de trabajo muy eficiente en la interpretación de las propiedades de un agua, así como para hacer comparaciones o correlaciones. También permite ver con facilidad el comportamiento y evolución de un agua en un territorio determinado y a través del tiempo.

En los **Diagramas de Stiff o Poligonales** se representan en escala logarítmica la concentración de aniones (hacia la derecha) y cationes (hacia la izquierda) en semirrectas paralelas, uniendo los extremos de modo que se genera un polígono. Cada semirrecta corresponde a un solo ión y sus concentraciones se expresan en mg/l.

La forma de las figuras resultantes da idea del tipo de agua, se presta a comparaciones y resulta fácilmente demostrativa al insertarlas en mapas hidroquímicos.

## EL MEDIO FISICO

Antes de comenzar con el desarrollo del capítulo referente a los resultados se consideró importante incluir una breve descripción del espacio físico donde se desarrolló el proceso de investigación

### La provincia de Entre Ríos

#### Clima

De manera general la zona pertenece al clima templado húmedo de la llanura, que se caracteriza por su condición de planicie abierta; sin restricciones a la influencia de los vientos húmedos del noroeste y al accionar de los vientos secos y refrigerantes del sudoeste (causantes de los cambios repentinos en el estado del tiempo).

#### Precipitaciones

La provincia de Entre Ríos presenta un clima húmedo de llanura. Su posición geográfica intermedia entre el ecuador y el polo hace que las temperaturas promedio se ubiquen en el rango de templadas, entre 17º al sur y 20º C hacia el norte de la provincia; con un régimen regular de precipitaciones durante todo el año.

De acuerdo a la clasificación de Copen el clima de Entre Ríos es “Ca” templado, húmedo sin estación seca y mesotermal, con veranos calurosos o muy calurosos. Temperaturas del mes más frío entre 0º y 18º C, y del mes más cálido promedios superiores a los 22º C. Según la clasificación de Blair es húmedo por presentar promedios de lluvias entre 1000 y 2000 mm.

En cualquier estación del año o mes puede presentarse sequía o exceso de precipitaciones, por lo tanto le corresponde también la clasificación de clima Isohigro.

#### Vientos

En la Figura 8 se indica la frecuencia de la dirección del viento en las distintas estaciones del año para Entre Ríos.

Se visualiza el predominio marcado durante el año de los vientos NE, como la mayor incidencia en verano y primavera de los vientos N, NE, E y SE y el aumento en el otoño e invierno, sin ser predominantes de los vientos S y SO, lo que se debe a un mayor influjo estacional del sistema de presión del Pacífico y Subantártico.

En general, toda el área se caracteriza por poseer un régimen de vientos con intensidades de suaves a leves, lo que se evidencia en los promedios diarios mensuales que oscilan entre 10 y 12 Km/h.

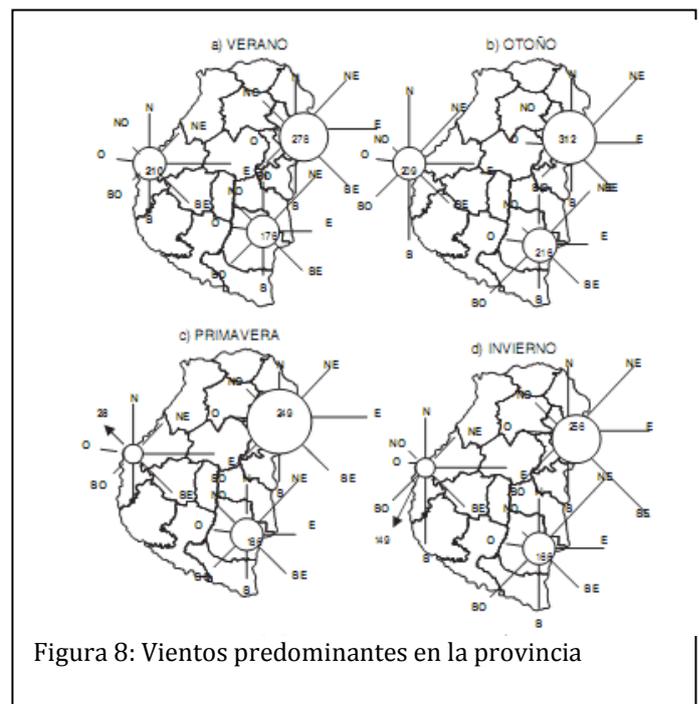
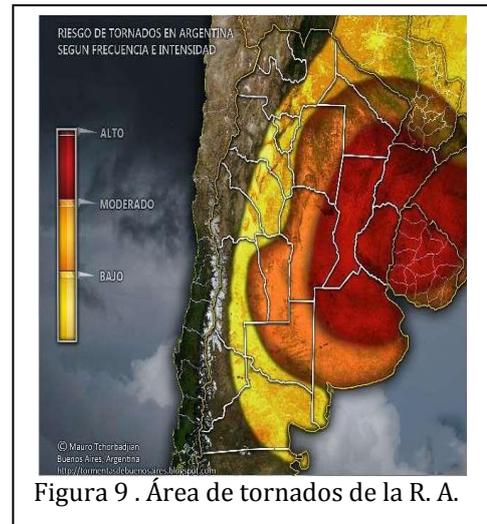


Figura 8: Vientos predominantes en la provincia

### Áreas de tornados en la República Argentina

En la figura 9 se representa la zonificación de las áreas de tornados de acuerdo a su intensidad y frecuencia.



### Humedad

Los valores de humedad en esta provincia son elevados. El promedio anual en la ciudad de Paraná es de 73%. Los meses con mayor promedio son abril, junio y julio con 79% mientras que enero y diciembre presentan el menor promedio con 65%. En Concordia el promedio anual es también del 73% con un máximo promedio en junio con 81% y un mínimo promedio en enero con 62%. En Gualeguaychú el promedio anual es de 75% con un máximo promedio en junio con 83% y un mínimo del 64% promedio en enero. Los meses de invierno son los más húmedos con frecuentes periodos de nieblas y neblinas matinales

### Presión

Los promedios anuales de presión atmosférica a nivel del mar, otorgan una media de unos 1014 hpa en todas las estaciones de medición. Así el promedio anual en Paraná es de 1014,5 hpa, en Concordia de 1014,8, en Gualeguaychú de 1014,2 y en Mazaruca de 1014,4 hpa.

Los meses cuyos promedios son mayores resultan ser los de invierno. En julio el promedio en Paraná es de 1018,8 hpa, en Concordia de 1019,2 y en Gualeguaychú de 1018,4 hpa. En tanto que enero es el mes con menor promedio de presión (Paraná 1010,0 hpa, Concordia 1010,1 hpa, Gualeguaychú 1009,5 hpa y Mazaruca 1009,3 hpa)

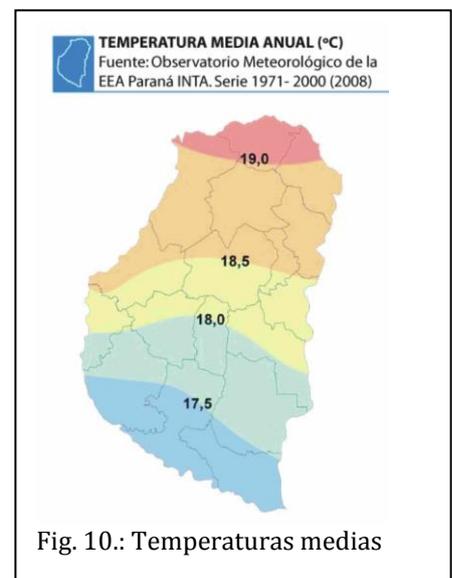
### Temperatura

En la provincia, se desarrollan las cuatro estaciones del año. La temperatura media anual de Paraná es de 18°, de Gualeguaychú 17,6°, en Concordia de 19,0, en La Paz de 19,6° y en Mazaruca al sur de la provincia de 17,3°.

Las invasiones de aire polar, normales en invierno, provocan heladas, en algunos casos fuertes, especialmente en la campiña, en donde las temperaturas llegan a descender varios grados debajo 0°.

En verano las temperaturas más altas llegan a ubicarse entre 34° y 38°.

Figura 10.



### Regiones Geomórficas

Pese a la importancia que tiene la morfología superficial de la provincia de Entre Ríos no existen antecedentes de estudios geomorfológicos sistemáticos, por lo menos desde el punto de vista geológico.

Debido a la influencia directa sobre las actividades agrícolas, se han hecho estudios por parte del INTA sobre todo considerando la relación morfología-suelos-erosión. En el trabajo "Geomorfología de Entre Ríos" se distinguen siete regiones a saber: Figura 11.

- Región 1 - Depósitos antiguos del río Paraná
- Región 2 - Superficie Feliciano-Federal
- Región 3 - Faja arenosa del río Uruguay
- Región 4 - Lomadas loésicas de Crespo
- Región 5 - Colinas de Gualeguaychú
- Región 6 - Área de Rosario del Tala
- Región 7 - Complejo deltaico

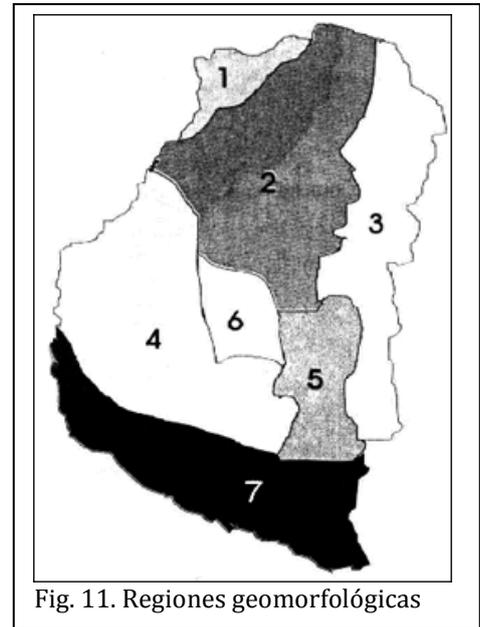


Fig. 11. Regiones geomorfológicas

### Edafología

#### Generalidades

Se describen los suelos que cubren la superficie de la provincia de Entre Ríos a nivel de Orden, por considerar que esta clasificación es suficiente a los objetivos del presente informe.

#### Molisoles

Estos suelos, ubicados en una franja paralela al río Paraná, ocupan aproximadamente 1.550.000 hectáreas, (un 20% del área provincial). Se encuentran en parte de los departamentos La Paz, Paraná, Diamante, Victoria, Nogoyá y Gualeguay. A nivel de Subgrupo de suelos, se deben distinguir dos situaciones:

1. Argiudoles típicos (Brunizems)
2. Argiudoles vérticos (Brunizems vertisólicos)

Los primeros, con loess como material madre, son los que se encuentran más cercanos a la costa del río Paraná, en una peniplanicie ondulada, con pendientes de elevado gradiente. Son suelos muy dinámicos donde la morfogénesis predomina sobre la pedogénesis, lo que hace que por lo general sean menos profundos que sus similares del resto de la pampa húmeda. Se caracterizan por presentar una buena capa arable con horizonte superficial de espesor variable de acuerdo al grado de erosión, bien estructurado y con alto porcentaje de arcillas en los horizontes subsuperficiales.

Son los más aptos para uso agrícola en todo el ámbito provincial, aunque con ciertas limitaciones entre las que se deben mencionar la presencia de un horizonte B<sub>2</sub> textural con mayor porcentaje de arcilla que el horizonte A (horizonte superficial) y el relieve ondulado (ambas características condicionan su susceptibilidad a la erosión).

Los segundos se presentan hacia el este, donde el loess se va mezclando con limos calcáreos. Los mismos se encuentran en una pendiente ondulada pero de menor gradiente que la región anterior. En su parte superficial son los similares a los Argiudoles típicos pero en los horizontes profundos

presentan características de Vertisoles. Las tierras que presentan este tipo de suelo son aptas para uso agrícola siendo su limitante la gran susceptibilidad a la erosión.

### **Vertisoles**

Los suelos de este orden son los de mayor distribución en la provincia de Entre Ríos. Ocupan aproximadamente 2.750.000 has, que representan un 34,5%. Se encuentran presentes en parte de los departamentos Feliciano, La Paz, Federación, Federal, Tala, Concepción del Uruguay, Concordia, Colón, Nogoyá, Villaguay, Gualeguaychú y Gualeguay.

Se desarrollan sobre una peniplanicie ondulada a muy suavemente ondulada y los materiales originarios son limos calcáreos de origen palustre o lacustre. Las características de estos suelos se refieren a aquellas inherentes al alto contenido de arcillas expansivas. Por lo general son suelos muy oscuros, negros, con un elevado contenido de arcillas con tendencia a contraerse y expandirse al variar su grado de humedad.

En función del uso se pueden hacer tres diferenciaciones:

1. Vertisoles del Sudeste y Noroeste
2. Vertisoles del Centro – Sur
3. Vertisoles del Norte y Noreste

Los primeros son, dentro de los suelos que constituyen este Orden, los más aptos para uso agrícola no continuado. Lino, sorgo y girasol son los cultivos más comunes. La erosión en estos suelos es por lo general leve pero su susceptibilidad a la misma es grande si no se hace un correcto manejo de los mismos, especialmente con cultivos de escarda.

En los segundos, el uso agrícola es algo limitado debido a que los procesos erosivos son más acentuados y la susceptibilidad a ella es mayor. En los últimos, (vertisoles hidromórficos) si bien ni se evidencian problemas de erosión, el uso agrícola es más limitado que en los anteriores debido a su mal drenaje, excepto cultivos de arroz y eventualmente sorgo.

### **Alfisoles**

Dentro de la provincia, este orden de suelos cubre aproximadamente 850.000 has, que equivalen al 11% de su superficie. Se ubican en las áreas altas planas o muy suavemente onduladas del centro y centro norte (departamentos Feliciano, La Paz, Federal, Tala, Paraná y Villaguay).

A nivel de subgrupo se distinguen dos tipos:

1. Ocracualfes típicos (Planosoles)
2. Ocracualfes vérticos (Planosólicos)

Los primeros se encuentran en áreas planas, sin red de drenaje definida, con horizontes superficiales someros y lixiviados con un cambio muy abrupto del horizonte subsuperficial que es muy denso, oscuro y arcilloso, prácticamente impermeable e impenetrable para las raíces.

Son suelos que muestran muy restringida aptitud para los cultivos ya que los rendimientos son bajos y hay mucho riesgo de fracaso total o parcial de las cosechas. No tienen problemas de erosión pero el drenaje deficiente y las condiciones físicas adversas constituyen una limitación muy severa. Los segundos se encuentran en áreas con pendientes muy suaves.

Cuando el gradiente supera el 1% su susceptibilidad a la erosión constituye una gran limitante. Si bien su aptitud para uso agrícola es algo mejor que la de los anteriores, el mismo debe ser esporádico por el riesgo de erosión. Dentro de la provincia, este orden de suelos cubre aproximadamente 850.000 has, que equivalen al 11% de su superficie. Se ubican en las áreas altas planas o muy suavemente onduladas del centro y centro norte (departamentos Feliciano, La Paz, Federal, Tala, Paraná y Villaguay).

A nivel de subgrupo se distinguen dos tipos:

1. Ocracualfes típicos (Planosoles)

## 2. Ocracualfes vérticos (Planosólicos)

Los primeros se encuentran en áreas planas, sin red de drenaje definida, con horizontes superficiales someros y lixiviados con un cambio muy abrupto del horizonte subsuperficial que es muy denso, oscuro y arcilloso, prácticamente impermeable e impenetrable para las raíces. Son suelos que muestran muy restringida aptitud para los cultivos ya que los rendimientos son bajos y hay mucho riesgo de fracaso total o parcial de las cosechas. No tienen problemas de erosión pero el drenaje deficiente y las condiciones físicas adversas constituyen una limitación muy severa.

Los segundos se encuentran en áreas con pendientes muy suaves. Cuando el gradiente supera el 1% su susceptibilidad a la erosión constituye una gran limitante. Si bien su aptitud para uso agrícola es algo mejor que la de los anteriores, el mismo debe ser esporádico por el riesgo de erosión.

## Entisoles

Abarcan unas 650.000 has y equivalen a un 8% del área provincial. Se localizan sobre una franja irregular en la costa del río Uruguay de ancho variable entre 2 y 30 km. (Departamentos Federación, Concordia, Colón y Concepción del Uruguay). Se distinguen dos tipos o casos:

1) Suelos arenosos rojizos profundos.

2) Suelos arenosos pardos. El primer caso corresponde a suelos que se encuentran irregularmente distribuidos (en forma de lenguas) hasta cota 35 sobre el nivel del mar. Son los más aptos para forestación y plantaciones de citrus.

Sus limitaciones principales son la baja fertilidad y la baja capacidad de retención de agua, lo que los hace prácticamente ineptos para uso agrícola.

Los segundos se ubican entre los 35 y 55 metros sobre el nivel del mar. Son arenosos, con material arcilloso de profundidad variable. Su aptitud para uso agrícola es mayor que los anteriores por que tanto su fertilidad como su capacidad de retención de agua, también son mayores.

A pesar de ser típicos para la zona de transición entre los arenosos rojizos profundos y los Vertisoles, se los encuentra también en otras áreas de la provincia como por ejemplo la desembocadura de los arroyos Feliciano, Las Conchas, Clé, Nogoyá y los ríos Gualeguay y Gualeguaychú.

## Delta

Los suelos de esta unidad abarcan unas 1.600.000 Has. lo que equivale a un 20,5% del área provincial. Ubicados en un típico ambiente deltaico es factible encontrarlos bajo una de estas dos condiciones:

1. Prácticamente todo el año bajo agua y consecuentemente con una capa de materia orgánica sin descomponer, de profundidad variable, que no los hace aptos para uso agrícola.
2. Mejorados a través de obras de ingeniería (endicamientos, sistemas de drenaje) que permiten esperar rendimientos satisfactorios de forestales y algunos cultivos principalmente hortícola

En las figuras 12 a y b se muestran de manera general los tipos de suelo que se encuentran en el territorio provincial.

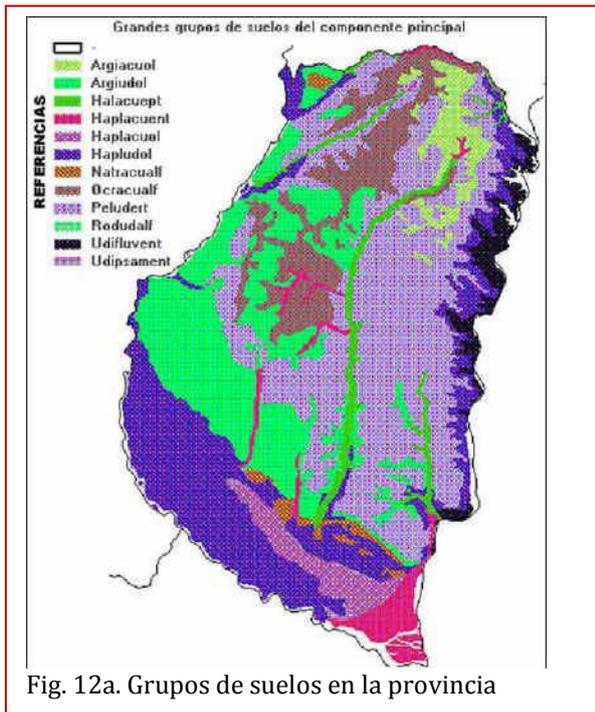


Fig. 12a. Grupos de suelos en la provincia

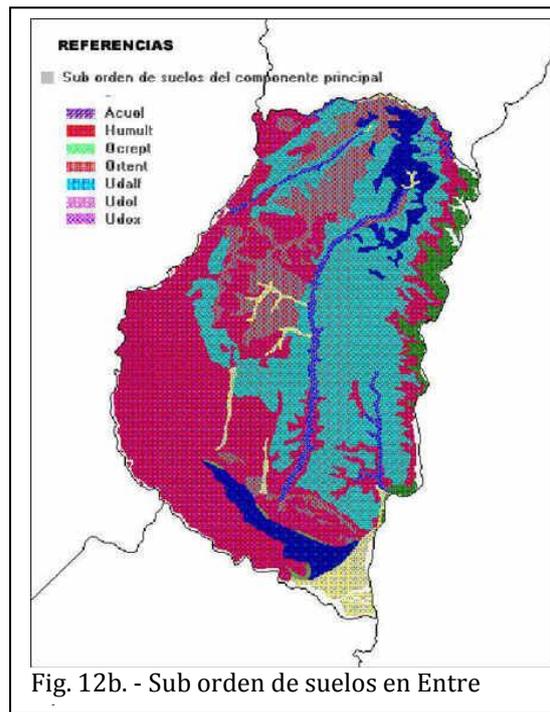


Fig. 12b. - Sub orden de suelos en Entre



## GEOLOGÍA

### Unidades Litológicas

Este ítem resulta sustancial para el desarrollo del proyecto, por lo cual en este apartado solo se incluirá un mapa (Figura 13) indicando las litologías superficiales más importantes a nivel provincial, dejando para más adelante una descripción más detallada.

En el mapa se ha obviado el suelo edáfico y el aluvio - coluvio de los arroyos menores. y se representan rocas que abarcan periodos geológicos que van desde el Jurásico superior hasta el Holoceno.

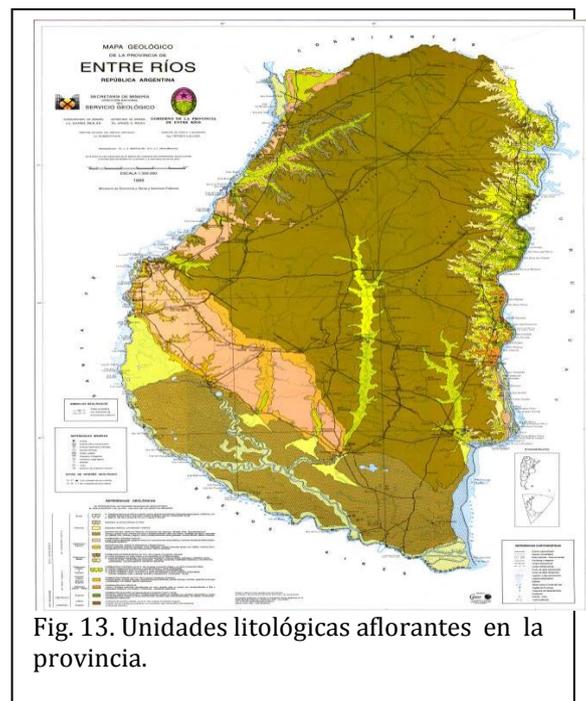


Fig. 13. Unidades litológicas aflorantes en la provincia.

## HIDROLOGÍA

### Aguas Superficiales

La provincia de Entre Ríos se caracteriza, tal cual lo sugiere su nombre, por una rica y nutrida red hidrográfica. (Figura 13). Un rasgo morfológico importante, íntimamente ligado a la hidrografía, lo constituye el Delta formado en la desembocadura del río Paraná.

El mismo tiene un desarrollo longitudinal de más de 300 km y un ancho promedio de 60 km lo que hace un área de aproximadamente 15.000 km<sup>2</sup>.

A continuación se describen los cursos más importantes de la provincia y que fijan el límite este, oeste y sur de la provincia, los ríos Uruguay y Paraná respectivamente.

#### Río Uruguay

El río Uruguay es uno de los más importantes de América del Sur. Ubicado en las Cuenca del Plata, nace en territorio brasileño en la “Sierra do Mar” como resultado de la confluencia de los ríos Pelotas y Canoas. Después de transitar por algo más de 2.200 Km desemboca en el río de la Plata tras unirse al río Paraná Bravo a la altura de la localidad uruguaya de Nueva Palmira.

Su cuenca, de unos 365.000 km<sup>2</sup> es compartida entre Brasil, Uruguay y Argentina. En sus nacientes tiene una altitud de 700 m.s.n.m. descendiendo a 154 m s.n.m. cuando comienza a oficial de límite entre Argentina y Brasil.

Se trata de un río de régimen muy irregular con crecidas invernales y estiajes de verano. Antes de que se cerrara la presa de Salto Grande, el curso natural del río en el sector argentino podía dividirse en cinco tramos (Iriondo, 1991).

En el tramo superior el río corre por un cañón meándrico angosto insertado en la “llanura basáltica”.

A la altura de la localidad de Monte Caseros el río sale del cañón hacia una llanura aluvial de unos 5 km de ancho y que se extiende por 70 km.

En el tercer tramo el curso natural del río se hacía más escarpado (a la altura de la localidad de Chajarí) identificándose por un conjunto de rápidos de unos 100 km de largo que se manifiestan hasta algunos kilómetros aguas debajo de Concordia.

A continuación, el río entra en una llanura aluvial de 150 km de longitud, con un cauce móvil con gran cantidad de islas y bancos en continuo desplazamiento. A lo largo de este tramo se puede identificar una amplia terraza aluvial.

El quinto tramo, o curso inferior, se desarrolla desde Gualeguaychú hasta la desembocadura. Está afectado por la marea del río de la Plata y frecuentes sudestadas. El cauce se ensancha hasta alcanzar unos 10 km y no se observa la presencia de islas. Presenta forma de estuario largo y angosto.

### Aguas subterráneas

De manera similar a lo que se mencionaba para la geología, la hidrogeología e hidroquímica profunda de la provincia constituyen uno de los argumentos sobre el cual está basada la tesis por tal motivo en los siguientes párrafos solo se mencionaran las características más importantes de los reservorios suprabasálticos.

Siguiendo el criterio de Fili (1994), expuesto en el trabajo “Investigaciones geohidrológicas en la Provincia de Entre Ríos” se pueden considerar distintos ambientes hidrogeológicos.

#### ***Ambiente de acuíferos en sedimentos de la Formación Paraná.***

En la Formación Paraná de edad Miocena y origen marino se aloja un importante acuífero que se extiende por todo el Oeste y Sudoeste de la provincia. Se manifiesta como unidad acuífera desde la ciudad de Paraná hacia el Sur.

La secuencia alternante de arcillas de color predominantemente verde a verde azulado con arenas silíceas ha permitido la presencia en estos últimos niveles de un acuífero de salinidad variable desde moderadamente bajas a altas.

Su explotación para consumo humano es destacada en Paraná y algunas localidades vecinas emplazadas entre ésta y Diamante.

Su límite oriental no está aún definido. Filí (1994) lo extienden hasta el río Gualeguay pero esto no está fehacientemente comprobado pues no hay que olvidar que el origen de esta unidad geológica es marino, más precisamente producto de una ingesión, por lo cual la línea de costa y la franja litoral son de formas irregulares.

Para este acuífero se han referido valores de conductividad hidráulica de hasta 35 m/día; caudales característicos ( $Q_c$ ) de 4 a 6 m<sup>3</sup>/h/m y valores de salinidad (variables en corta distancia) de entre 750 y 2.000 mg/litro.

### ***Ambiente de acuíferos en la Formación Salto Chico***

Ocupa el sector nor oriental de la provincia de Entre Ríos entre los ríos Gualeguay y Uruguay hasta la altura de la ciudad de Gualeguaychú por el Sur.

La Formación Salto Chico, de edad Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior, está compuesta por depósitos fluviales de distinta granulometría y espesores de hasta 100 metros.

El acuífero que aloja esta formación es de alto rendimiento hidráulico y baja salinidad. Su explotación para riego de cultivos de arroz se ha realizado sin una adecuada planificación, con un gran desconocimiento de las extracciones y recargas del sistema y sin ningún tipo de control en lo que respecta a diseños, eficiencia e interferencia de pozos por parte de la autoridad competente. Esto ha llevado a un estado de preocupación debido al marcado descenso de los niveles piezométricos respecto a aquellos que se registraban en los tiempos en que la explotación de esta unidad recién comenzaba.

Caudales totales del orden de los 100 m<sup>3</sup>/seg a lo largo de 100 días ininterrumpidos de bombeo dan una idea de la magnitud de la extracción realizada a través de unos 1500 pozos irregularmente distribuidos en el área.

A los ambientes citados, se agregan otros dos: “Ambiente de acuíferos en sedimentos de la llanura aluvial del río Guayquiraró” y el “Ambiente de acuíferos del valle aluvial y Delta del Paraná”.

La existencia del segundo sería correcta, sobre todo si se plantea desde el punto de vista morfológico, dejando de lado el aspecto estratigráfico hasta aquí considerado, ya que la característica principal en este ambiente es la presencia de niveles acuíferos de dispar origen, rendimiento y calidad, debido a la compleja dinámica a la que fue sometida el área con numerosas ingresiones y regresiones algunas de las cuales no superan los 25.000 años de antigüedad.

En lo que respecta al ambiente referido para la llanura aluvial del río Guayquiraró, se cree que este ambiente es perfectamente asimilable al de la Formación Ituzaingó por sus características tanto sedimentarias como hidráulicas.

## **Condiciones Geotécnicas**

En la provincia de Entre Ríos, los factores climáticos, geológicos, hidrogeológicos y geomorfológicos permiten identificar distintos ambientes, cada uno de ellos susceptibles a procesos dinámicos de erosión/sedimentación, movimientos en masa (derrumbes, deslizamientos, etc.), entonces teniendo en cuenta la influencia que ejerce cada factor es posible diferenciar algunas propiedades geomecánicas de las formaciones geológicas de la provincia

## Propiedades geomecánicas del subsuelo provincial

- Fm Puerto Yeruá (Sección superior)  
F (ángulo de rozamiento interno) : 29° – 32°  
c (cohesión) : 1,00 - 1,20 Kg/cm<sup>2</sup>
- Fm Salto Chico (Superior)  
F (ángulo de rozamiento interno) : 34°  
c (cohesión) : 0,05 – 0,08 Kg/cm<sup>2</sup>
- Fm Salto Chico (Inferior)  
F (ángulo de rozamiento interno) : 8°  
c (cohesión) : 0,80 Kg/cm<sup>2</sup>

## Sismicidad

En la figura 14 se muestra la zonificación del país establecida por el INPRES - CIRSOC 103 donde es posible ubicar el área del proyecto dentro del contexto nacional

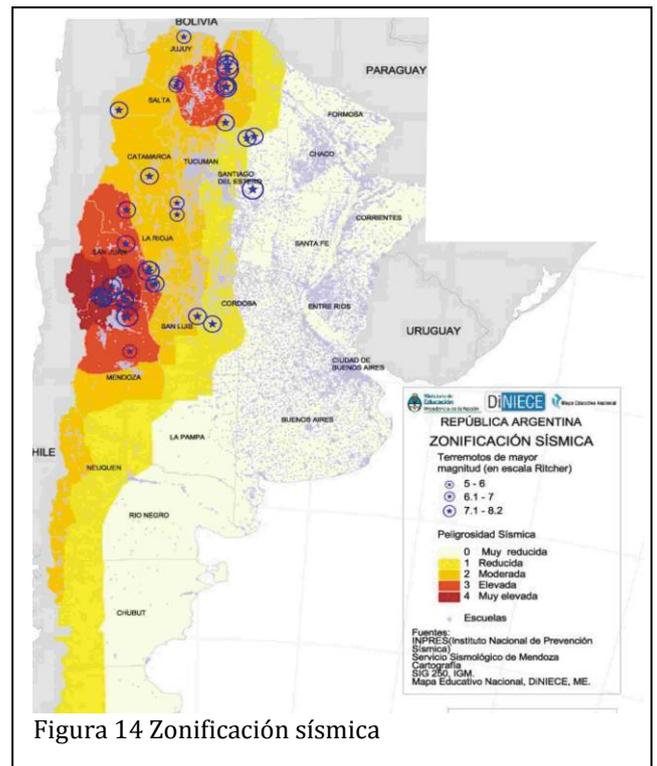


Figura 14 Zonificación sísmica

## FACTORES BIÓTICOS

### *Fauna y Flora*

Seguidamente se mencionan las especies que habitualmente habitan los campos de la provincia y que en general se relacionan con la fauna de la Provincia Pampeana; mientras que otras solo aparecen en las selvas marginales de la zona ribereña y concuerdan con el dominio Chaqueño y Paranaense.

Entre los marsupiales encontramos a la comadreja overa, la comadreja colorada y la comadreja. Los quirópteros son numerosos y hay además zorros, zorrinos, y hurones. Son conspicuos también la vizcacha y los roedores como el tucu-tucu, el cuis, el carpincho y varias especies de ratas. Entre los cérvidos se destacan el ciervo de los pantanos, el venado de las pampas y dos especies de corzuelas. se encuentran algunos edentados como la mulita grande y el tatú de rabo molle.

Los reptiles están representados por las tortugas de agua. Entre las serpientes se han observado ejemplares de boas, ñacaninas, cascabel y yará.

Hay también lagartijas del género hamodonta, iguánidos y algún anfisbénido. Entre los batracios hay principalmente sapos, escuerzos y ranas.

Los vertebrados pisciformes son en su mayoría subtropicales. Se pueden citar como representantes endémicos a varias mojarras, el dorado, bogas, palometas, el manguruyú, el surubí, el patí, tarariras ó dentudos

De las aves al ser muy numerosas solo se mencionaran las más abundantes. Entre las arborícolas encontramos la cotorra común, carpinteros, el hornero y un género de cabecita negra, la tijereta, el benteveo, la calandria, zorzal, naranjero y tordo..

En las estepas y montes bajos es muy probable encontrar, perdices, martinetas, atajacaminos y coludos por mencionar solo algunos.

La fauna de insectos es muy variada, hay hormigas, escorpiones y también abundan las arañas. Entre los crustáceos de agua dulce son comunes las especies Aegla y Tridactilus.

La vegetación se encuadra fitogeográficamente dentro de la Provincia Pampeana, Distrito Uruguayense, con excepción de las costas, que sustentan comunidades serales de selvas marginales pertenecientes a la Provincia Paranaense, Distrito de las Selvas Mixtas (Cabrera, 1976).

La Provincia Pampeana es la de mayor extensión en Entre Ríos, y se caracteriza por la predominancia absoluta de gramíneas. Entre las hierbas no gramiformes hay una serie de géneros primaverales muy constantes como Gamochaeta y Adesmia. Entre los arbustos son comunes los géneros Hesmia, Baccharis y Eupatorium.

Hay también avances de la Provincia del Espinal, Distrito del Ñandubay con especies arbóreas semixerófilas, pero tanto la vegetación leñosa como la arbustiva y herbácea han sido casi totalmente eliminadas por la actividad agrícola, establecida desde el siglo pasado en la Pampa húmeda.

Sin embargo, debido a las pendientes pronunciadas cercanas a las costas de los cursos de agua (y en menor medida a la presencia de algunos materiales geológicos formadores de suelos poco aptos para la agricultura), se ha respetado y conservado en parte la zona de las selvas marginales, caracterizadas por la abundancia de especies propias de la cuenca más alta del río Gualeguaychú e introducidas por la acción del mismo río en una faja muy angosta de la costa.

En estas selvas marginales son características las especies hidrófilas con un estrato arbóreo y otro arbustivo dominantes, acompañados por enredaderas, helechos y plantas epifitas. La composición típica se observa especialmente sobre el río Paraná, mientras que en los arroyos la actividad humana ha modificado o prácticamente eliminado la vegetación natural.

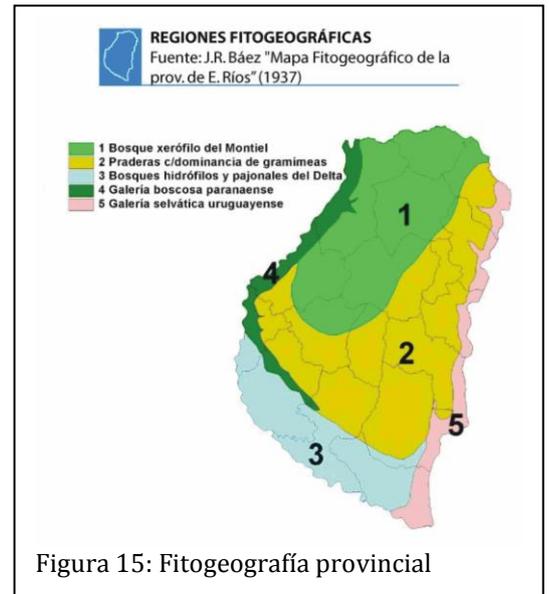
Entre las especies arbustivas y herbáceas altas es posible encontrar chilca, paja de techar, y plumacho o pampa-grass.

Entre los árboles hidrófilos son comunes el guayabo colorado, el guaranina, el viraje, el ombú, el sauce criollo y el ceibo.

Hay también especies arbóreas del monte semixerófilo que si bien no son dominantes, constituyen avances del espinal. Estas viven entremezcladas con los árboles hidrófilos y, principalmente en los bordes de caminos y alambrados. Suelen hallarse: algarrobo negro, ñandubay, tala, chañar y cina-cina.

En predios agrícolas abandonados (campos duros) cercanos a la costa aparecen renovales de espinillo y algunos ejemplares de chañar.

En la figura 15 se delimitan las regiones fitogeográficas de la provincia



### Ambiente socio - económico

Seguidamente se presenta una síntesis de los factores que más inciden en el desarrollo económico provincial.

#### Agricultura

El crecimiento permanente en el laboreo y las hectáreas sembradas, como así también los excepcionales rindes que se obtienen de sus tierras, han colocado a la provincia en una posición importante en la producción de granos dentro de las provincias no pampeanas.

Entre los cultivos más importantes que se desarrollan en los campos del suelo entrerriano sobresalen la soja, el arroz, maíz, sorgo, girasol, lino y trigo.

La citricultura cuenta con una asentada tradición sobre todo en la costa del río Uruguay y está dedicada a la producción de naranjas, pomelos, mandarinas y limones que en parte son exportados a Europa y en parte se utilizan para la elaboración de jugos naturales tan codiciados en la actualidad.

#### Ganadería

Otra de las tradicionales producciones entrerrianas es la ganadera, que a partir de la supresión de la fiebre aftosa y de otras enfermedades, ha cobrado un nuevo impulso generándose un importante número de nuevas colocaciones para las carnes vacunas en los mercados más prestigiosos como el de la Unión Europea, el de los Estados Unidos y el del Sur de Brasil.

La actividad avícola se encuentra dentro de los principales vectores económicos del país.

Con un gran desarrollo en la costa del río Uruguay e importantes núcleos productivos en el resto del territorio, la crianza de aves se encuentra integrada con los procesos de faena y comercialización, a través de varias empresas madres, muchas de ellas líderes, que proveen todo el paquete tecnológico a los criadores.

#### Minería

Entre Ríos posee una importante actividad extractiva de minerales de tercera categoría, es decir, no metalíferos, destinados exclusivamente a la industria de la construcción.

Sobresalen las rocas de aplicación y los minerales no metalíferos. Los rubros principales son: arena, canto rodado, arena silíceo, yeso, arcillas y calcáreos inorgánicos, y triturados pétreos.

### Industria

El sector industrial provincial se encuentra en constante expansión con la elaboración de diversos tipos de productos que son derivados tanto al comercio nacional como internacional. Las fajas costeras del río Uruguay y Paraná son las que concentran actividad industrial de la provincia.

Constantemente y con el fin de intentar un paulatino crecimiento de la productividad, las autoridades gubernamentales han desarrollado programas específicos, que permiten conformar una aceptable oferta exportable en lo referido a precios internacionales.

La provincia también presencié el incremento del precio de la tierra como consecuencia de la llegada de inversiones no solo de empresas nacionales sino también de multinacionales.

### Vías de enlace y red vial

En la figura 16 se muestran las principales vías de comunicación de la provincia, tanto nacionales como provinciales con un total de 2650 kilómetros de rutas asfaltadas.

Se vincula con la provincia de Santa Fe a través del túnel subfluvial Silvestre Begni y por el puente Victoria Rosario. Con Buenos Aires lo hace por el complejo ferroviario Zárate - Brazo Largo.

Con la hermana República Oriental del Uruguay existen tres puntos de enlace estos son de norte a sur, el complejo hidroeléctrico Salto Grande, y los puentes General Artigas y General San Martín.

Para el transporte aéreo existen los aeropuertos de la Capital, Concordia y Gualeguaychú y además, otros 13 aeródromos públicos menores.

Entre Ríos está comunicado con el Atlántico a través de los puertos de ultramar ubicados en Concepción del Uruguay, Diamante e Ibicuy, todos ellos administrados por la provincia.



Figura 16 Red vial entrerriana

### Medios de Comunicación

La provincia cuenta con más de 45 medios gráficos provinciales; 3 canales de televisión por aire, 27 por cable, 10 emisoras de radio AM y 53 de FM.

### Energía Eléctrica

La central hidroeléctrica de Salto Grande de administración binacional, produce el 99,9% de la energía generada, con una potencia instalada de 1.418.000 KW, con un suministro total, de 5.444.000 MWh, de los cuales corresponden a la Argentina casi el 60%, participando con un 40% de la comercialización en el mercado nacional.

### Turismo

Naturalmente y por la disposición del relieve se distinguen tres corredores turísticos que se corresponden con los tres ríos más importantes de la región: el Paraná, el Gualeguay y el Uruguay. Cada uno de ellos dotado de características propias tan diversas como el relieve en el que nacen. El atractivo turismo de la provincia de Entre Ríos se encuentra, principalmente, en la zona costera de ambos ríos, donde se disfruta de la práctica de las actividades náuticas y de la pesca; además cuenta con edificios y centros de gran valor histórico.

En los últimos años y a raíz de la apertura de los centros termales se ha visto incrementado el número de visitantes tanto nacionales como extranjeros que buscan este tipo de opción turística.

### ***Demografía***

La población total de la provincia de Entre Ríos según los datos del último censo es de 1.235.994 habitantes concentrados principalmente en los departamentos de Paraná, Concordia, Concepción del Uruguay y Gualeguaychú.

### ***Entre Ríos y el Mercosur***

En enero de 1995 entró en vigencia el acuerdo de conformación del bloque del Mercado Común del Cono Sur. Los países integrantes del MERCOSUR, son Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, han logrado potenciar el intercambio comercial y económico en forma exponencial, tanto entre ellos como con terceros países.

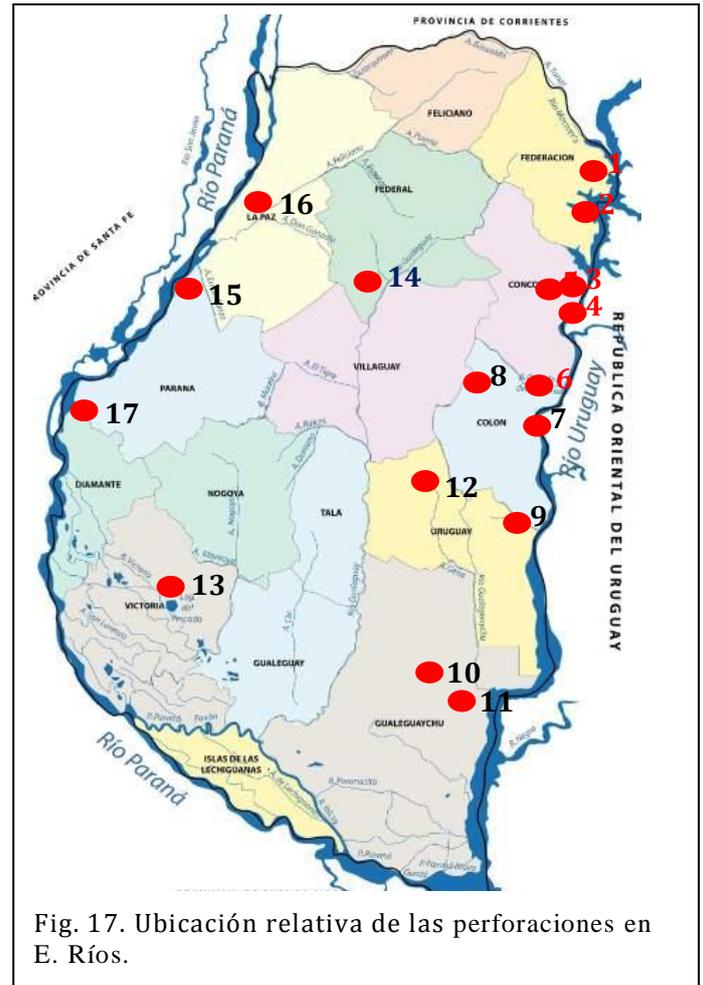
## PERFORACIONES ESTUDIADAS

En la propuesta metodológica es de fundamental importancia coordinar y diagramar los trabajos de campo.

Para ello no se deben perder de vista los objetivos generales y específicos del trabajo de investigación, pero también la factibilidad de realizar los estudios de campo. En base a estas premisas y habiendo adquirido información pertinente, organizado los equipos de trabajo y la vinculación con los laboratorios, se decidieron estudiar las perforaciones que a continuación se detallan.

### Perforaciones estudiadas

En el siguiente mapa (figura 17) se representan las localidades entrerrianas que cuentan con emprendimientos termales y en la tabla 4 la georreferenciación de cada una de ellas.



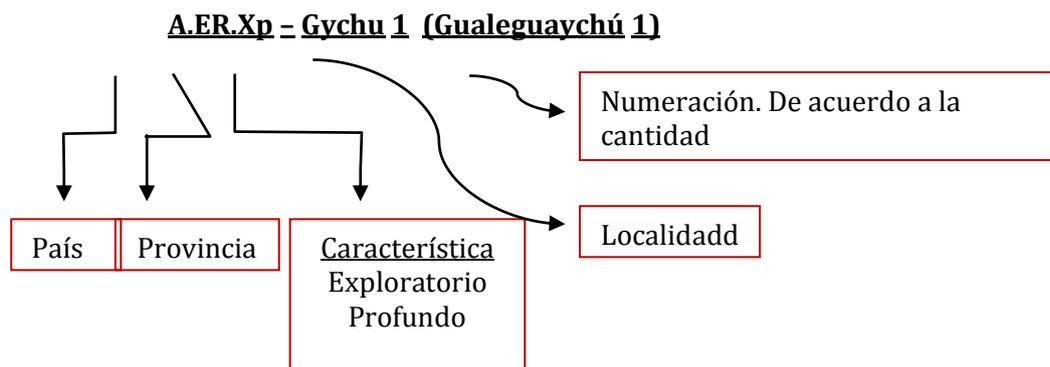
**Tabla 4** Georreferenciación de las perforaciones

Perforaciones		Ubicación	
<b>Entre Ríos</b>	<b>1</b>	A.ER.Xp.Chjr 1 - Chajarí 1	30° 44' 46.43" S    58° 00' 46.16" O
	<b>2</b>	A.ER.Xp.F. 1 - Federación 1	30° 58' 39.00" S    57° 55' 38.82" O
	<b>3</b>	A.ER.Xp.Cdia 1 - Concordia 1	31° 17' 47.51" S    58° 0' 12.11" O
	<b>4</b>	A.ER.Xp.Cdia 2 - Concordia 2	31° 19' 15.88" S    58° 0' 34.74" O
	<b>5</b>	A.ER.Xp.Cdia.3 - Concordia 3	31° 15' 15" S    57° 57' 17" O
	<b>6</b>	A.ER.Xp.SJ.1- San José 1	32° 11' 29.55" S    58° 09' 51.04" O
	<b>7</b>	A.ER.Xp.Cln 1 - Colón 1	32° 12' 34.65" S    58° 8' 51.35" O
	<b>8</b>	A.ER.Xp.VE 1 - Villa Elisa 1	32° 7' 41.24" S    58° 26' 19.00" O
	<b>9</b>	A.ER.Xp.CU 1 - C. del Uruguay 1*	32 ° 27' 02.8" S    58°17'33.6 " O
	<b>10</b>	A.ER.Xp.Gychu 1 - Gualaguaychú 1	32° 59' 9.0" S    58° 36' 35.8" O
	<b>11</b>	A.ER.Xp.Gychu 2 - Gualaguaychú 2	33° 01' 0.7 " S    58° 28' 48.8" O
	<b>12</b>	A.ER.Xp.Basso 1 - Basavilbaso 1	32° 23' 15.64" S    58° 53' 52.56" O
	<b>13</b>	A.ER.Xp.Vcria 1 - Victoria 1	32° 38' 53.30" S    60° 07' 20.15" O
	<b>14</b>	A.ER.Xp.Vguay - Villaguay 1	31° 51' 5.4" S    59° 01' 32.07" O
	<b>15</b>	A.ER.Xp.MaGde.1- María Grande 1	31° 39' 30.56" S    59° 55' 55.15" O
	<b>16</b>	A.ER.Xp.LPz. 1 - La Paz 1	30° 45' 27.43" S    59° 39' 19.8" O
	<b>17</b>	A.ER.Xp.Dnte. 1 - Diamante 1*	32° 03' 42.09 " S    60° 37' 26.10" O

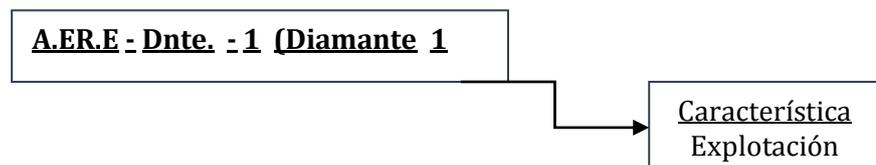
\*No fue posible el muestreo debido a que el sondeo no poseía el equipo de bombeo

Seguidamente se expone la denominación técnica adoptada para los sondeos (Tabla 2.3) ya que hasta ahora se ha realizado sin sentido técnico; por lo que se propone poner énfasis en el uso de siglas y nombres de pozos para evitar el empleo incorrecto de los mismos y no referirse por igual a dos o tres pozos de una misma cuenca.

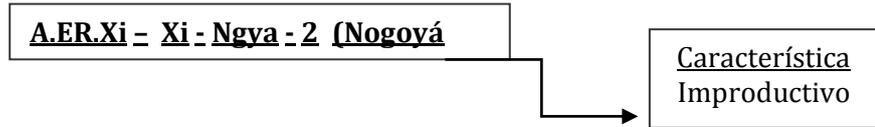
Siguiendo a Robles (2002 a) se propone un modelo de la denominación para los pozos termales de la provincia



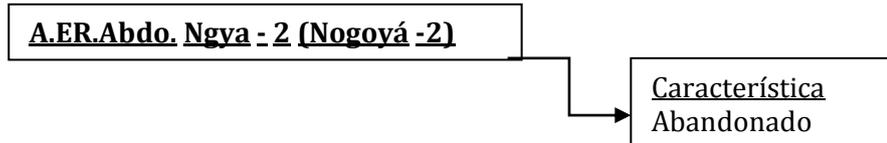
**Pozos exploratorios:** Tienen por finalidad el alumbramiento del recurso. Una vez terminado y de acuerdo al resultado obtenido, se los clasificará como "pozo productor o de explotación sustituyendo la sigla Xp por la letra E



En el caso que el resultado sea negativo se lo denominará pozo exploratorio improductivo (Xi).



Cuando el pozo sea abandonado por razones técnicas u otras cuestiones deberá ser denominado con la sigla que indique esta



### Aspectos geológicos e hidráulicos

Antes de comenzar con la descripción de los aspectos hidroquímicos, objetivo propio del estudio y como se mencionara más arriba se consideró conveniente incluir algunos aspectos geológicos de la provincia pues ya nadie duda que la mineralización de la aguas termominerales responde a la yacencia de las mismas dentro de las formaciones geológicas del subsuelo profundo de la provincia.

#### Unidades Geológicas y rocas del subsuelo provincial

En el siguiente esquema (figura 18) se sintetiza sobre la conformación geológica del mismo para luego describir las características litológicas e hidráulicas de las formaciones geológicas que componen cada una de estas unidades.

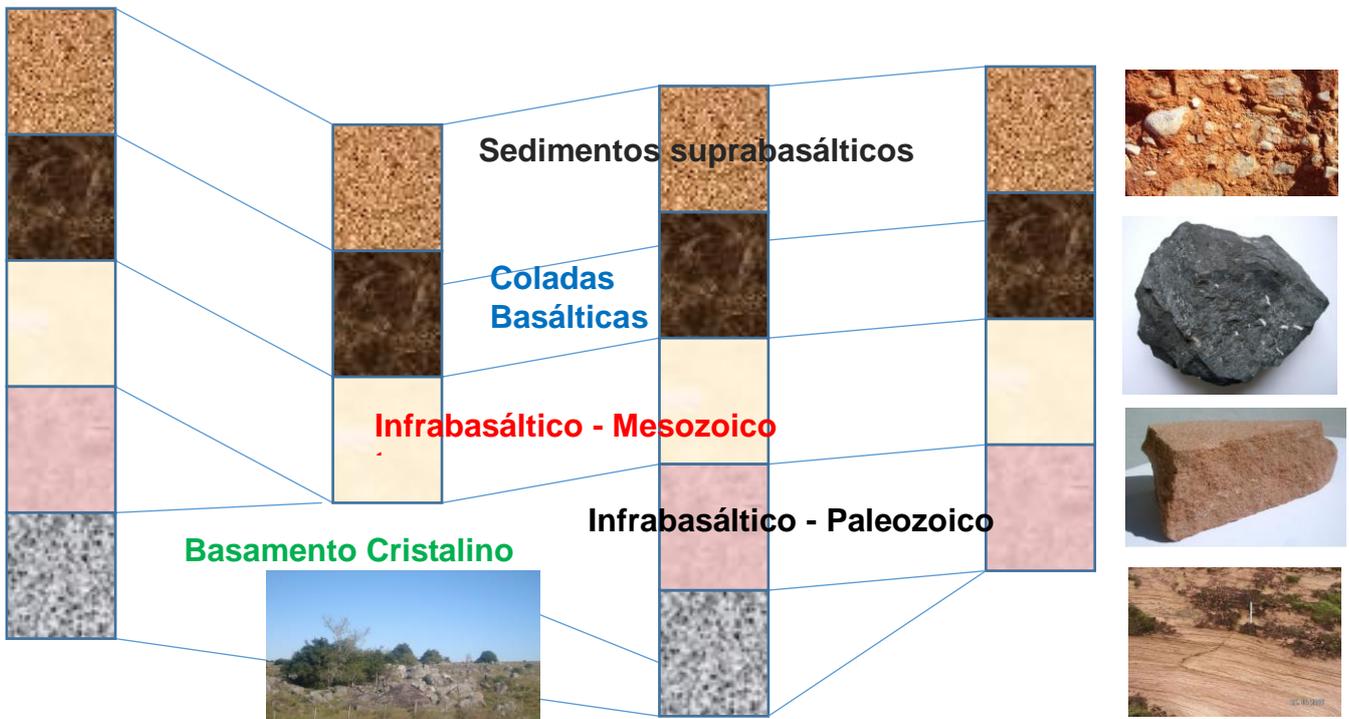


Figura 18

## Columnas estratigráficas y descripción litológica

Siguiendo a Iriondo (1987) y a Mársico (2011) en las tablas 5a y 5b se detalla la estratigrafía propuesta para el territorio provincial considerando dos sectores: oriental y .

Tabla 5a - Columna estratigráfica propuesta para el borde occidental		
Formación	Edad	Período
Suelo Actual	Holoceno	Cuaternario
Grupo Pampa	Pleistoceno Medio a Superior	
Ituzaingó	Pleistoceno inferior Plioceno Superior	
Paraná	Mioceno Superior Plioceno Inferior	Terciario
Olivos	Mioceno	
Mariano Boedo	Superior	Cretácico - Jurásico +
Serra Geral y Miembro Solari?	Inferior	
Yaguari/Buena Vista?	Superior	Pérmico

Tabla 5b- Columna estratigráfica propuesta para el borde oriental		
Formación	Edad	Período
Suelo actual	Holoceno	Cuaternario
Hernandarias	Pleistoceno Medio	
Salto Chico	Pleistoceno inferior Plioceno Superior	
Paraná	Mioceno Plioceno	Terciario
Fray Bentos	Oligoceno Mioceno	
Puerto Yerúa	Superior	Cretácico Jurásico
Serra Geral y Miembro Solari	Inferior	
Botucatú/ Tacuarembó	Superior	Triásico
Piramboía*	Superior	Pérmico
Yaguari/Buena Vista		
Basamento Cristalino**		Precámbrico

\*Solo en pozos ubicados sobre el SAG

\*\* Perforaciones en San José, Colón, Concepción del Uruguay 1 y 2 y Gualeguaychú 1 y 2.

## Cronoestratigrafía del área en estudio

En relación a la toponimia utilizada para la designación de estas unidades se hace la salvedad que la misma involucra términos no solo de los utilizados en la Argentina sino también del Brasil y Uruguay como es el caso de las formaciones Botucatú y Buena Vista respectivamente. Tal denominación se empleó por ser la más conocida y utilizada en el contexto provincial. La correlación propuesta se basa además en dividir el territorio provincial en 3 áreas como se planteará más adelante en el apartado referido a la hidroquímica.

### Período Precámbrico

Basamento cristalino (Padula y Mingramm, 1968).

De edad precámbrica, alumbrado en las perforaciones del sector centro - suroriental de la provincia en los pozos de: Gualaguaychú 1 y 2; Concepción del Uruguay 1 y 2; San José 1 y Colón 1.(Fig.19)

El techo del mismo en su punto más cercano a la boca de pozo se encontró a una profundidad de 460,00 m.b.b.p. en los sondeos realizados en la localidad de Concepción del Uruguay seguido por los pozos de San José y Colón evidenciando los movimientos telúricos que provocaron el levantamiento del bloque que daría origen al “Alto de Concepción del Uruguay” (Benítez- Mársico 2000). En la tabla 6 se consigan los espesores perforados.



Fig. 19. Cutting del basamento cristalino 950 m.b.b.p. - A ER.Xp C del U 2 (2005)

Tabla 6. Cotas del basamento cristalino

Perforación	Techo basamento	Profundidad final m.b.b.p.	Espesor perforado en metros
Gualaguaychú 1	988,00	1000,00	12,00
Gualaguaychú 2	815,00	825,00	15,00
C del U 1	460,00	1220,00	760,00
C del U 2	460,00	511,70	51,70
San José 1	865,00	885,00	20,00
Colón 1	890,00	1502,00	616,00

### Hidráulica

Las estructuras que permiten la acumulación y movimiento de agua en rocas ígneas efusivas y cristalinas se definen como conductores hidráulicos a diferencia de los medios con porosidad primaria donde el término es acuífero. Aunque existen algunos antecedentes de caudales extraídos del basamento cristalino en la R. O. del Uruguay, los caudales aportados desde estas rocas en la perforación C del U 1 como se verá más adelante, hacen que las posibilidades acuíferas para el basamento cristalino, son más que escasas por lo cual se considera al mismo como basamento hidrogeológico de la cuenca.

Para las rocas que conforman el basamento cristalino y que ya han sido descritas la capacidad de almacenar agua va a depender principalmente del grado de fracturación que tenga la roca, el tipo, el tamaño y la interconexión que exista entre estas

### Tipo y tamaño de fractura

La relación entre almacenamiento de agua y tipo de fractura, permite distinguir cuatro casos:

- **Diaclasas de tensión:** localizadas principalmente en las crestas y los senos de los pliegues isoclinales.
- **Fracturas de tensión:** debido aun buen desarrollo de las redes de fracturas y su interconexión se generan grandes espacios de circulación y almacenamiento dentro del cuerpo rocoso.
- **Fracturas de corrimiento:** permiten el almacenamiento de grandes volúmenes de agua en el macizo rocoso debido a que dos o más fallas se cortan formando ejes de intersección con grandes espacios o cavernas.
- **Fracturas por descompresión:** se originan por la pérdida de carga litostática en los cuerpos ígneos y metamórficos por erosión o falta de las unidades sobrepuestas generando una serie de fracturas horizontales o subhorizontales paralelas a la superficie, que funcionarían como colectores del flujo circulante. Montañó (2001). Citado por Mársico 2007.

Estos dos últimos casos explicarían la presencia de agua dentro del basamento cristalino como lo muestran los ensayos realizados (Tabla 7) por la firma Huincan S.R.L. en 1997 en el pozo anteriormente citado.

Tabla 7 - Ensayos en el pozo A.ER. Xp C. del U. 1 - Huincan SRL 1997					
Parámetros	Ensayo N°1	Ensayo N°2	Ensayo N°3	Ensayo N°4	Ensayo N°5
Tramo	1217/ 1046,09	1046,26 / 828,99	828,03/723,77	721,06/492,59	490,48/391,45
Tiempo de Fluencia	3:15 hs	19,15 hs	18:15 hs	2:35 hs	5:12 hs
Presión de fluencia Inicial	11,60 Kg./cm <sup>2</sup>	34,57 Kg./cm <sup>2</sup>	4,95 Kg./cm <sup>2</sup>	16,42 Kg./cm <sup>2</sup>	19,86 Kg./cm <sup>2</sup>
Presión de fluencia final	21,19 Kg./cm <sup>2</sup>	82,33 Kg./cm <sup>2</sup>	67,62 Kg./cm <sup>2</sup>	24,06 Kg./cm <sup>2</sup>	37,24 Kg./cm <sup>2</sup>
Caudal por pistoneo	Sin entrada	4,45 lt/h	Nivel agotado	Semiagotado	5000 lt/h

**Ensayo 1** = Reservorio de baja presión, mala permeabilidad, muy baja transmisibilidad

**Ensayo 2** = Reservorio de buena presión, buena permeabilidad, buena transmisibilidad

**Ensayo 3** = Reservorio de mala permeabilidad, baja capacidad de aporte y pobre recuperación

**Ensayo 4** = Reservorio con baja capacidad de aporte y baja permeabilidad

**Ensayo 5** = Reservorio con buena capacidad de aporte, buena permeabilidad, muy buena transmisibilidad de presión y fluido.

Los ensayos solo se realizaron en el basamento cristalino y no se consideraron para el estudio los aportes provenientes de los basaltos -

### Sedimentos infrabasálticos

Estas rocas constituyen la secuencia sedimentaria más antigua conocida a la actualidad y su presencia fue determinada por los sondeos que se mencionan en la Tabla 3.18 e inferida previamente de manera indirecta por los estudios geofísicos realizados:

## Período Pérmico

### Formación Piramboia (Walther, 1911)

Las sedimentitas de esta formación indican ambientes lacustres, fluviales y eólicos y como se ha mencionado anteriormente se los considera presente en las perforaciones realizadas en las localidades de Federación y Concordia.

### Formación Yaguarí/Buena Vista (Padula y Mingramm, 1968)

De edades pérmica superior / triásica inferior respectivamente su presencia en el ámbito de la provincia aún plantea dudas pues se carece de muestras aptas para su datación. Para la primera de las nombradas es posible interpretar condiciones de sedimentación en ambientes de planicies subacuáticas y subaéreas relacionadas a bahías, en donde existían cuerpos de aguas salobres a dulces. Para la segunda se mencionan condiciones de sedimentación fluviales, de ríos relativamente poco caudalosos y de tipo braided. (Goso 2001). Figura 20

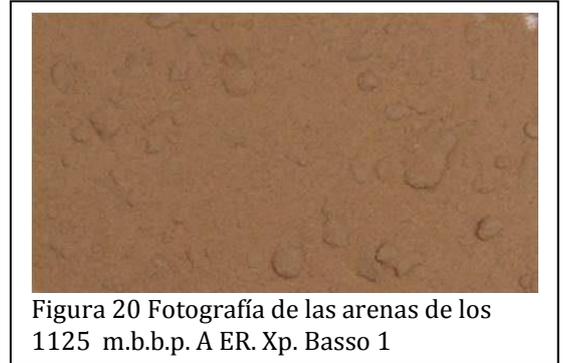
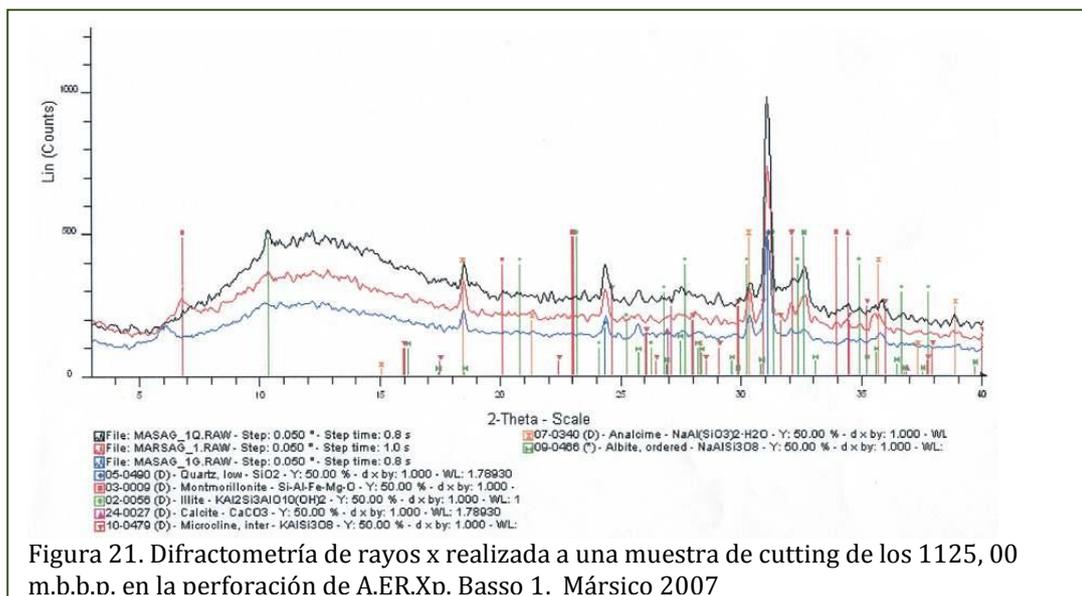


Figura 20 Fotografía de las arenas de los 1125 m.b.b.p. A ER. Xp. Basso 1

Los sedimentos de la sección infrabasáltica de algunas perforaciones estudiadas, sobre todo las del sector occidental han sido atribuidos con dudas a estas Formaciones hasta tanto se dispongan de análisis petrográficos y de datación más completo a pesar de que en la difracción de rayos x (Figura 21) de una muestra de esta sección aparecen componentes litológicos asimilables a la primera de las mencionadas.



## HIDRAULICA

Estos sedimentos estarían condicionando el comportamiento hidráulico de la formación constituyéndose en un acuífero de bajo rendimiento y baja transmisividad.

Seguidamente y a modo de ejemplo se incluye un ensayo de formación a pozo abierto (DST) realizado por la empresa Halliburton (1998) en el sondeo A.ER.Xp.Gychú 1 una vez finalizados los trabajos de exploración.

Fondo: 1000,5 m.b.b.p. (Nota: posiblemente pozo cerrado en 945 m.b.b.p.)

Ancla: 714 m.b.b.p.  
Pakers: 704,36 y 706,14 m.b.b.p.  
Porta Memora: 710,98 m  
Hydrospring Teste Valve: 700,35  
Tramo ensayado total: 294.m

### Tiempos de ensayo y flujos:

Primer flujo: 32' Primer Cierre: 7,30 hs.

Burbujeo instantáneo, constante, moderado a fuerte (aire); débil al final. Presión máxima de fluencia aproximada en superficie: 24 # (libras/pulgadas<sup>2</sup>).

Segundo flujo: 10' Burbujeo instantáneo, constante, débil.

No se realizó segundo cierre. -

### Observaciones:

El anclaje de la herramienta se realiza en el único lugar posible, más cercano al acuífero; sobre el último basalto. Hasta el fondo del pozo el calibre esta en un promedio de 12", (304 mm). -

Luego de varios intentos, a distintas profundidades, finalmente el ancla fijó en la posición señalada.

La bajada y sacada de la herramienta de ensayo fue normal.

Caudal: Recuperó aproximadamente 3000 lts. de lodo con densidades variables entre 1,030 y 1,080. gr./lts.

Nivel del fluido: 12 m bajo boca de pozo.

Presión de capa estimada: con densidad media 1,050 para 706 m.b.b.p: 74,13 kg./cm.

Presión hidrostática normal : 70,6 Kg/ cm, con densidad 1,0001.

### Pronóstico de superficie

En caso de ser el fluido agua, el pozo sería surgente o semisurgente.

### Presiones registradas (lecturas de campo, tomadas s / gráficos)

- Presión hidrostática inicial: 82,8 kg./cm<sup>2</sup>      Temperatura: 89,8 °F
- Presión de flujo inicial (per): 30,6 Kg/ cm<sup>2</sup>      Temperatura: 89,8 °F
- Presión de flujo final 1er: 73,08 kg./ cm<sup>2</sup>      Temperatura: 89,5 °F
- Presión del Primer Cierre: 76,32 kg./ cm<sup>2</sup>      Temperatura: 89,5 °F
- Presión de flujo inicial (2<sup>do.</sup>): 73,44 kg./ cm<sup>2</sup>      Temperatura: 89,5° F
- Presión de flujo final (2<sup>do.</sup>): 75,65 kg./ cm<sup>2</sup>      Temperatura: 89,5° F
- Presión hidrostática final: 76,32 kg./ cm<sup>2</sup>      Temperatura: 89,5° F

### Análisis de campo

Buena presión de flujo. La entrada de fluidos disminuye a medida que el sondeo se va llenando. La entrada es muy escasa al final. El pozo tiende a "ahogarse". La buena presión de reservorio estabiliza rápidamente y su valor es levemente superior a la hidrostática normal.

### Pronósticos:

Buena permeabilidad del tramo ensayado y buena recuperación de la presión de reservorio, estabiliza rápidamente; indicativo de un reservorio muy amplio. Posible daño de formación.

Demasiado lodo en el pozo para remover en un ensayo. (Volumen estimado 20 m<sup>3</sup>; volumen desplazado 3,0 m<sup>3</sup> en ½ hora.

### Ensayo final de terminación

Luego de entubado y engravado el pozo; se bajó herramienta con barra lisa y punta jet (4 orificios de 1/2 "); hasta los 948 m.b.b.p.

Por un problema operativo en boca de pozo, al desengancharse la columna de sondeo, se produce la caída de la misma desde los 948 m.b.b.p. a los 966 m.b.b.p. Este inconveniente generó una maniobra con punto de pesca en 18 m.b.b.p.; con resultados positivos en el segundo intento.

Superado este problema se comienza con la inyección de agua limpia suministrada por el Parque Industrial para el lavado del pozo, produciendo un desplazamiento del fluido de inyección con agua.

Esta operación duró varios días; entre el 23/12/98 y el 28/12/98, en forma gradual se fue levantando la herramienta hasta la zona de caño ciego. (Mársico 2006)

“El informe de DST nos permite realizar los siguientes comentarios:

- 1) El volumen total de fluido que ingresó a la sarta fue de aproximadamente 2,8 m<sup>3</sup>. Realizando un promedio de caudales basados en la diferencia de pendientes nos muestra valores iniciales de alrededor de 130 m<sup>3</sup>/día, debido al efecto de la implosión, declinado luego a valores de 10 m<sup>3</sup>/día.. Dado que el pozo no resultó surgente estos valores no deben ser tomados como representativos.
- 2) La presión extrapolada de la formación, con un análisis de Herner, nos arroja un valor de 1062 psi. a 711 m de profundidad y 1089 psi. a 730 m de profundidad, donde parece comenzar la zona de interés. Del mismo análisis se obtienen datos de permeabilidad de 2,38 md con presencia de algo de daño reflejado en el valor de Skin.
- 3) La presión hidráulica que alcanzó a levantar la columna de agua fue de 1056 psi lo que arroja un cálculo de densidad promedio de la mezcla de 1060 g/cm<sup>3</sup>. Si llenáramos el pozo con agua de 1000 g/cm<sup>3</sup>, tendríamos 60 psi a favor de la formación que podría esperarse como presión de fluencia.
- 4) Basándonos en características de formación calculadas y presiones alcanzadas, se simuló curvas de declinación para dos diferentes presiones de fondo fluyentes (900 y 1037 psi), lo cual nos muestra que la capacidad o caudal de aporte de la capa (730 a 740 m), estaría en el orden de 2,4 a 7,2 m<sup>3</sup>/día. Cabe resaltar que estos valores provienen de una simulación y uso de ecuaciones de flujo netamente matemáticas, por lo tanto su uso debe ser considerado con mucho cuidado, ya que no siendo posible realizar mediciones de flujo en el campo. La temperatura registrada en el punto de fijación del packer fue de 31.7 °C.

Por encima de 700 m el perfil no permite identificar claramente zonas con potencial de producción de agua a pesar de observarse posibles arenas con buenos valores de porosidad (600 a 615 m) que ameritan un estudio más detallado, contando con información complementaria de ayuda” (Halliburton 1998)

## Período Triásico superior

### **Formación Botucatú** (Castellanos 1965)

Ha sido registrada con seguridad en los sondeos realizados en las perforaciones de Chajarí; Federación y Concordia y se han hallado evidencia de litologías asimilables a esta formación en la perforación de San José y Colón. Estas sedimentitas de origen eólico fueron el producto de la consolidación de un gran paleodesierto que ocupó un gran territorio de los países de Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay.( Fig 22)

## Hidráulica

Por su litología y los ensayos hidráulicos realizados a posteriori de los trabajos exploratorios convierten a ambas formaciones en acuíferos de buen rendimiento aunque de una transmisividad media.



Figura 22 - Arenisca de la formación Botucatu

En la tabla 8 se definen el techo y la base de la sección geológica descripta

Tabla 8- Sedimentos infrabasálticos en la provincia de Entre Ríos			
Perforación	Techo	Base	Espesor perforado en metros
Galeguaychú 1	729,00	988,00	259,00
Galeguaychú 2	635,00	815,00	180,00
Basavillaso 1	1062,00	1257,92	159,92
Colón 1	715,00	890,00	175,00
San José 1	760,00	865,00	105,00
Villa Elisa 1	942,00	1030,00	88,00
Concordia 1	972,00	1170,00	198,00
Concordia 2	1015,00	1142,00	127,00
Concordia 3	1011,00	1230,00	219,00
La Paz 1	820,00	1001,00	181,00
Federación 1	812,00	1260,00	448,00
Villaguay 1	1294,00	1356,50	62,00
Chajarí 1	666,00	811,00	145,00

## Períodos Jurásico superior - Cretácico inferior

### **Basaltos de Serra Geral e intercalaciones arenosas** (Derby, 1879) - (Fourous 1904)

Las descripciones generalizadas de los basaltos muestran que se trata de:

- Basaltos alterados castaños rojizos, con pátinas de óxido de hierro, cuarzo y microcristales de máficos, anfíboles y piroxenos y minerales claros, plagioclasas y algunos feldespatos potásicos, moderada consolidación, aislados minerales verdes, cloritas- zeolitas?.
- Basaltos de color gris medio, gris levemente verdoso, equigranular, fractura fresca, máficos y plagioclasas, con presencia de cuarzo translucido.
- Basaltos gris oscuro a negro, fractura fresca, equigranular, microcristalino, escasos minerales claros, predominan los minerales máficos, consolidado. (Figura 23)

Esta disposición estaría indicando una diferenciación magmática en la misma colada, como consecuencia de un lento enfriamiento. (Benítez, J. 2000)



La figura 24 es una imagen de interestratificaciones arenosas y arcillosas arenosas de coloración pardo rojiza que aparecen *en todos los perfiles de los pozos estudiados*.

Vista bajo la lupa binocular se trata de arenas cuarzosas finas a medianas y raramente gruesas de buena selección. Individuos de cuarzo, generalmente hialino, subangulares a subredondeados y a veces redondeados de coloración rojiza. Hay presencia de arcillas caoliníticas, con impregnaciones ferruginosas.



Todo el conjunto se interpreta como una sucesión de diferentes eventos volcánicos, genéticamente vinculados, probablemente a la apertura atlántica. La presencia de sedimentos clásticos y/o alteraciones de las coladas indican interrupciones del ciclo magmático, exposición subaérea e instalación de un régimen continental fluvio-eólico, semidesértico. La edad de ambas unidades estratigráficas corresponden al Jurásico - Cretácico de acuerdo a las dataciones realizadas en los basaltos en otros lugares de la cuenca en la República Argentina (153 +/- 5 m. a.). (Herbst y Santa Cruz, 1985).

En la tabla 9 se consigna el techo y la base de los basaltos considerando conjuntamente las intercalaciones arenosas.

Tabla 9- Basaltos de Serra Geral			
Perforación	Intervalo de las coladas		Espesor perforado en metros
	Techo	- Base	
Diamante 1	720,00	1554,00	834,00
Victoria 1	727,00	1050,00	323,00
Gualeduaychú 1	473,00	729,00	256,00
Gualeduaychú 2	450,00	635,00	185,00
Concepción del U 1	282,50	460,00	177,50
Concepción del U 2	250,00	460,00	210,00
Basavilbaso 1	523,20	1062,00	538,80
Colón 1	225,00	715,00	490,00
San José 1	285,00	760,00	475,00
Villa Elisa 1	348,00	942,00	594,00
Concordia 1	60,00	972,00	912,00
Concordia 2	48,00	1015,00	967,00
Concordia 3	40,00	1008,00	968,00
La Paz 1	478,00	820,00	342,00
María Grande 1	602,00	1375,00	773,00
Villaguay 1	444,00	1294,00	850,00
Nogoyá 1	650,00	1450,00	800,00
Federación 1	47,00	812,00	765,00
Chajarí 1	112,00	666,00	554,00

### Hidráulica

El almacenamiento de agua dentro de las coladas basálticas y sus intercalaciones como ya se ha explicado puede responder a dos cuestiones, una relacionada a la fracturación y su interconexión dentro de la propia colada y la otra a la presencia de estas últimas.

Es necesario aclarar que los parámetros hidráulicos en este tipo de medio son considerados impredecibles debido a la discontinuidad que presenta el mismo. Por lo tanto es posible definir a este tipo de rocas como las acuífugas basales de los sistemas acuíferos que se desarrollan por encima de las mismas. (Silva Busso 1999).

### Cobertura sedimentaria

Continuando con la descripción de la cronoestratigrafía de la provincia se hace referencia de las formaciones geológicas que abarcan desde el periodo Cretácico a la actualidad

Las rocas que la conforman constituyen el resultado final del relleno sedimentario del sector en estudio que se han ido depositando sobre las rocas efusivas ocultando gran parte de la actividad tectónica que tuvo la provincia

Con espesores que van desde los 40 metros, perforación A.ER.Xp. Cdia 3, hasta alcanzar los 727,00 m.b.p. en el sondeo de Victoria cubren todo el territorio provincial presentando, como ya se ha hecho referencia, litologías muy variadas.

En la tabla 10 se detallan los espesores perforados

Tabla 10- Cobertura sedimentaria de la provincia de Entre Ríos			
Perforación	Intervalo de la cobertura		Espesor
Diamante 1	0,00	720,00	720,00
Victoria 1	0,00	727,00	727,00
Gualedguaychú 1	0,00	473,00	473,00
Gualedguaychú 2	0,00	450,00	450,00
Concepción del U 1	0,00	282,50	282,50
Concepción del U 2	0,00	250,00	250,00
Basavilbaso 1	0,00	523,20	523,20
Colón 1	0,00	225,00	225,00
San José 1	0,00	285,00	285,00
Villa Elisa 1	0,00	348,00	348,00
Concordia 1	0,00	60,00	60,00
Concordia 2	0,00	48,00	48,00
Concordia 3	0,00	40,00	40,00
La Paz 1	0,00	478,00	478,00
María Grande 1	0,00	602,00	602,00
Villaguay 1	0,00	444,00	444,00
Federación 1	0,00	47,00	47,00
Chajarí 1	0,00	112,00	112,00

## Período Cretácico

### **Formación Mariano Boedo** (Mingramm, 1965)

En el subsuelo del área de estudio y dadas sus características se la ha correlacionado con lo que Stappembeck denomina "Capas de Paiva" y hacia el este del río Paraná con las sedimentitas de las Formaciones Yerúa (Cretácico Inferior) y Pay Ubre (Cretácico Superior). El conjunto representa sedimentación ocurrida en ambientes marinos someros, litorales a lacustres marginales, palustres con sectores donde también es posible identificar sedimentos representativos de planicies aluviales. Ello incluiría una sedimentación continua que va desde el Cretácico superior hasta, por lo menos, el Eoceno. (Yrigoyen, 1975).

En esta unidad geológica predominan areniscas finas a medianas de coloración variada, predomina el cuarzo sub redondeado a sub angular y como minerales secundarios aparecen algunos máficos.

### **Hidráulica**

La litología mencionada le confiere las características de un acuitardo.

### **Formación Puerto Yerúa** (De Alba y Serra, 1959)

De edad Cretácica superior y de naturaleza subdesértica estacional aflora en la margen occidental del río Uruguay en la localidad homónima.

Reconocida en todos los pozos del sector oriental de la provincia está conformada por areniscas, arcillas y limos de colores castaños y castaños rojizos moderados en capas intercaladas en todo el espesor formacional.

El componente principal de las arenas es el cuarzo cristalino y a veces los granos presentan tinción por óxidos de hierro, dominan las formas equidimensionales y son subangulares a subredondeadas con una buena selección y escasos máficos. Figura 25.



Figura 25 Fragmentos de la Formación Puerto Yerú

### **Hidráulica**

Debido a la extensión regional que presenta esta unidad geológica se comporta como un acuífero libre en las áreas de afloramiento y confinado cuando subyace a las rocas de la Formación Fray Bentos.

## **Período Terciario**

### **Formación Fray Bentos** (Lambert, 1940)

Estos sedimentos fueron atribuidos al Mioceno (Herbt) y al Oligoceno (Bertolini J. C.) aunque ambos autores coinciden en que se trata de una formación de tipo continental de clima semiárido estacional. Dicha formación se encuentra presente en todos los sondeos del sector oriental de la provincia.

En el campo se han descripto para esta formación, calcáreos de dureza y coloración variable, aunque predominan los castaños, aparecen intercalados con niveles de arena mediana a fina, de buena selección y granos subangulares a subredondeados y a veces redondeados de cuarzo. Hay tinción por óxidos de hierro.

Hacia los niveles inferiores se suceden intercalaciones de arcillas y arenas medianas a finas de coloración castaña rojiza, granos de cuarzo de selección moderada a media y de formas subangulares a subredondeados.

### **Hidráulica**

Silva Busso (1999) le confiere un carácter acuitardo y/o acucludo

### **Formación Olivos** (Groeber, 1961)

En general se la asigna edad del Mioceno inferior hasta el Oligoceno; estos sedimentos son interpretadas como pertenecientes a un ciclo continental dominado por sedimentación fluvial que en conjunto habría ocurrido en el lapso Eoceno superior- Mioceno inferior a medio. (Yrigoyen, 1975).

Como sucede con la formación suprayacente, está integrada por una sección superior predominantemente arcillosa y otra inferior, arenosa. En las descripciones litológicas se señalan arcillas de tonalidades rojizas muy plásticas y con presencia de carbonatos.

### **Hidráulica**

En su trabajo Regiones hidrogeológicas de la Republica Argentina Auge (2004) le otorga características hidráulicas de un acuífero confinado de baja productividad

### **Formación Paraná.** Bravard, 1858)

La Formación Paraná alumbrada en las perforaciones del centro oeste de la provincia como Villa Elisa, Basavilbaso, Villaguay, María Grande La Paz y Victoria representa una importante trasgresión del mar sobre el territorio continental. Aceñolaza (1976) (Figura 26)

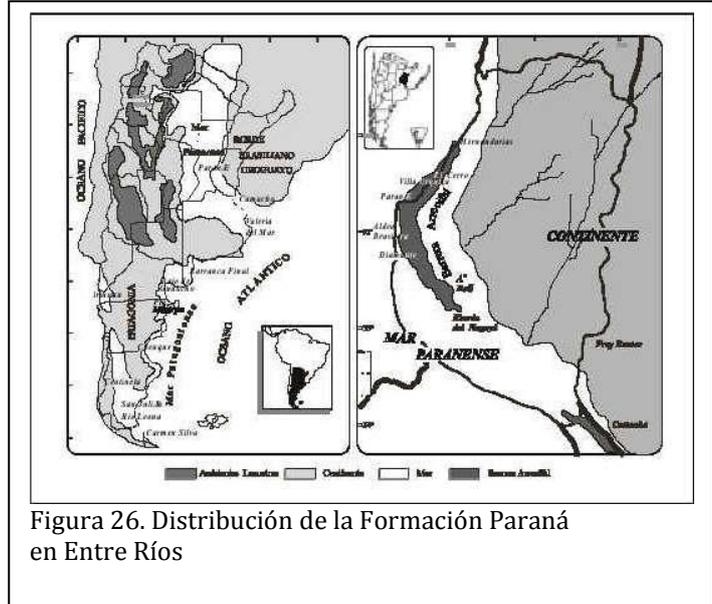


Figura 26. Distribución de la Formación Paraná en Entre Ríos



Figura 27 - Arenas arcillosas de la Formación Paraná

De la base al techo es posible reconocer arcillas verdes compactas, arcillas pardas con algo de yeso, arenas grises, finas y medianas, con intercalaciones discontinuas de arcilla verde, algo arenosa y, finalmente arcillas verdes y arenas arcillosas. (Figura 27)

### Hidráulica

Para Auge (2004) estas sedimentitas se comportan como un acucluido en la sección inferior y acuífero en la superior.

### **Formación Ituzaingó / Salto Chico.** Rimoldi, (1963) - De Alba, (1953)

De origen continental fluvial a las formaciones mencionadas se le asigna edad pliocénica – pleistocénica. Algunos autores las correlacionan con las arenas Puelches de la provincia de Buenos Aires y Santa Fe.

A los efectos de este texto a las formaciones Salto Chico e Ituzaingó se las considera en conjunto por su semejanza litológica y su posición estratigráfica, sin embargo es importante mencionar que estas unidades aún hoy se encuentran en constante estudio y revisión y es posible que se trate de variaciones faciales o ciclos fluviales del mismo evento sedimentario.



Figura 28. a Corte de la formación Salto Chico



Figura 28 b Corte de la formación Salto Chico

Está conformada por arenas de grano medio a fino, de colores amarillentos, ocráceos y rojizos y a veces blanquecinas. El cuarzo aparece como material predominante, incoloro, de granos redondeados a subredondeados y buena selección. Como minerales secundarios bajo lupa binocular se observan, granos de ópalo y calcedonia. Aparecen además rodados de tamaño guija varicolores. Presenta pequeñas intercalaciones de arcillas castañas y arcillas limosas de igual coloración. (Figura 28 a y b).

### **Hidráulica**

Con buenos caudales de extracción que oscilan entre los 60 a 800m<sup>3</sup>/h y a veces hasta los 1200 m<sup>3</sup>/h, el carácter de acuífero semiconfinado se debe a que sus características hidroquímicas muchas veces reciben la influencia del aporte vertical de la Formación Hernandarias.

## **Período Cuaternario**

### **Formación Hernandarias**

De edad Pleistocénica y descrita por Iriondo (1987) como sedimentitas lacustres-palustres depositadas en clima semiárido estacional seco

Esta unidad geológica se encuentra cubriendo gran parte del territorio provincial y en las perforaciones dentro de este ámbito se describieron calcáreos de color castaño claro con niveles de arcillosos interdigitados muy plásticos y de coloración gris clara.

### **Hidráulica**

Esta formación, es considerada como un acuicludo aunque en su parte cuspidal se puede comportar como una acuitardo de carácter local alcanzando a suministrar entre 1 y 2 m<sup>3</sup>/hora. (Michelson H 2001)

### **Grupo Pampa. (Auge 2002)**

Conformado por Pospampeano o también conocido como Formación Querandí.

Está integrado por dos secciones:

La superior se trata de una arena muy fina a limosa de tonalidad gris oscura. La inferior una arcilla plástica gris verdosa que se apoya directamente sobre el Pampeano.

## Hidráulica

La primera de las nombradas actúa hidráulicamente como un acuífero de baja productividad y contiene a la capa freática.

La sección inferior apunta hacia un comportamiento acucludo pero con comunicación vertical.

**Pampeano** está integrado por limo arenoso y arcilloso con intercalaciones calcáreas en forma de tosca, de origen eólico y muy semejante a un loess se encuentra cubriendo la mayor parte de la provincia. (Figura 29).

## Hidráulica

Acuífero libre que en profundidad pasa a ser semiconfinado. (Auge 2004)

Se comporta hidráulicamente como un acuífero de mediana productividad.

Depósitos recientes y actuales:

Comprenden un conjunto de sedimentos limo-arcillosos, limo-arenosos y arenosos finos, de distribución irregular y espesores que, en general, no superan los 4 o 5 m.

En conjunto estos depósitos son llamados por algunos hidrogeólogos Acuífero Epipuelche (Sala, J. M. y M. Auge, 1970) que además de la capa freática o libre presenta otros niveles productivos de carácter semiconfinado a semilibre.



Figura 29. Fotografía del cutting de los sedimentos cuspidales de un sondeo correspondientes al Pampeano y Pospampeano

En la tabla 11 se resume el comportamiento hidráulico de las formaciones aludidas y en la tabla 12 los resultados de las primeras pruebas hidráulicas realizadas en las perforaciones estudiadas.

<b>Tabla 11 - Comportamiento hidráulico de la unidades geológicas</b>	
<b>Basamento cristalino</b>	Conductor hidráulico - Porosidad de fractura
<b>Sección Infrabasáltica</b>	Acuitardo - Transmisividad bajas
<b>Sección interbasáltica</b>	
Basaltos propiamente dicho	Conductor hidráulico -Porosidad de fractura
Intercalaciones clásticas	Acuífero de baja transmisividad
<b>Sección suprabasáltica</b>	
Hernandarias	Acuitardo
Salto Chico	Acuífero
Paraná	Acuífero
Fray Bentos	Acuitardo
Puerto Yerúa	Acuífero

<b>Tabla 12- Parámetros hidráulicos de los ensayos iniciales</b>				
<b>Pozos</b>	<b>Nivel Estático</b>	<b>Nivel Dinámico</b>	<b>Caudal (Q) m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Caudal específico</b>
Diamante 1	135,00	185,00	17,00	0,34m <sup>3</sup> /h/m
Victoria 1	47,00	65,63	50,00	S/D
Galeguaychú 1	Surgente		7,00	5,3
Galeguaychú 2	45,00	85,00	25,00	S/D
Concepción del Uruguay 1	30,00	90,00	50,00	3,69
Concepción del Uruguay 2	40,00	75,00	20,00	S/D
Basavilbaso 1	42,00	90,00	60,00	S/D
Colón 1	Surgente		145,00	14,27
San José 1	Surgente		12,00	S/D
Villa Elisa 1	-12,50	-5,47	75,00	7,12
Concordia 1 Proyecto Piloto	-66,11	47,72	272,00	14,79
Concordia 2	Surgente		150,00	S/D
Concordia 3	Surgente		90,00	S/D
La Paz 1	Surgente		50,00	S/D
María Grande 1	52,59	31,71	16,00	S/D
Villaguay 1	2,35	11,79	18,00	2,47
Chajarí 1	Surgente		300,00	S/D
Federación 1	-57,00	-30,00	385,00	11,21

---

## ASPECTOS HIDROQUÍMICOS

---

El conocimiento de las aguas que subyacen en el interior de la corteza va mucho más allá del simple análisis de ese líquido al que a temperatura ambiente denominamos agua

Está de más decir que las características fisicoquímicas de este recurso es la base para la existencia de la vida y aunque parezca inverosímil la característica más importante de un agua subterránea sea precisamente lo que no es agua; es decir, los demás compuestos químicos que contiene disueltos o en cualquier otra forma. Estos no solo determinan en muchos casos los posibles usos del recurso sino que además son la mayor expresión de su historia.

Al igual que en un libro lo menos importante es el papel, la fisicoquímica del agua subterránea es el texto que permite leer los procesos que ha sufrido el agua desde que se infiltró hasta su muestreo, el tipo de terreno que ha atravesado y los procesos de mezcla y contaminación. (Enric Vázquez-Suñé 2009 modificado)

Esta composición físico - química de las aguas termominerales del subsuelo profundo de la provincia conllevan una serie de variaciones y modificaciones en función de las características hidrogeológicas de las formaciones que las contienen y los factores climáticos a los que estas unidades han estado expuestas en el área de recarga.

A lo largo de su trayectoria el flujo el agua subterránea modifica su composición debido a las condiciones físicas y químicas del medio por el que circula, que obligan a mantener el equilibrio termodinámico entre la composición del agua y los minerales constitutivos de las rocas que contienen el acuífero. Por lo tanto, se considera que la hidroquímica de las aguas contenidas en los reservorios es consecuencia de las características y magnitud de las variables citadas.

Siguiendo a Mársico (2013) se señalan las Áreas Hidroquímicas de la Provincia, la formación geológica que las contienen y los resultados obtenidos de los ensayos realizados durante el proceso de investigación.

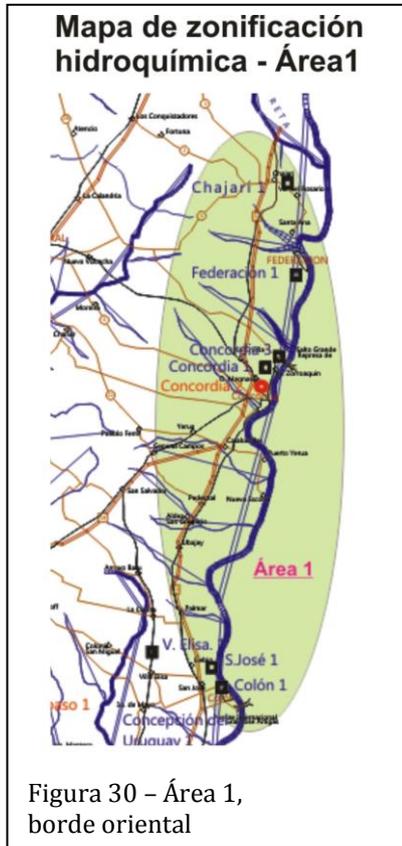
En una primera parte se presentan en la tabla 13 de manera general las características químicas de las aguas termales entrerrianas para luego diferenciarlas de acuerdo a su yacencia

<b>Tabla 13 - Sondeos clasificados según la mineralización del recurso</b>			
<b>Pozos perforados</b>	<b>Elementos predominantes</b>	<b>Mineralización</b>	<b>Área</b>
Diamante 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Fuerte	<b>Área Hidroquímica 3</b>
Victoria 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - Ca <sup>++</sup>	Fuerte	
La Paz 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup>	Fuerte	
Villa Elisa 1 y 2	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Fuerte	
María Grande 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - Carbonatada	Fuerte	
Villaguay 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - Ca <sup>++</sup>	Fuerte	
Basavilbaso 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - Ca <sup>++</sup>	Fuerte	
Gualeguaychú 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - Ca <sup>++</sup>	Levemente Cloruradas-Sódicas	<b>Área Hidroquímica 2</b>
Gualeguaychú 2	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Levemente Cloruradas-Sódicas	
Concepción del Uruguay 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - Ca <sup>++</sup>	Levemente Cloruradas-Sódicas	
Concepción del Uruguay 2	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - Ca <sup>++</sup>	Levemente Cloruradas-Sódicas	
Colón 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - Bicarbonatada	Dulce	<b>Área Hidroquímica 1</b>
San José 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - Bicarbonatada	Dulce	
Concordia 1 Proyecto Piloto VERTER	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - Ca <sup>++</sup>	Dulce	
Concordia 2 - Villa Zorraquin	Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup> - Bicarbonatada	Dulce	
Concordia 3 - Hotel Ayuí	Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup> - Bicarbonatada	Dulce	
Chajarí 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - Bicarbonatada	Dulce	
Federación 1	Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - Bicarbonatada	Dulce	

Fuente Mársico 2013

## Área hidroquímica 1

En este sector se encuentran los centros termales de Chajarí, Federación y Concordia, San José y Colón donde los sondeos extraen el recurso del área que abarca el Sistema Acuífero Guaraní en el territorio provincial. (Figura 30 y tabla 14 )



Perforación	Área de aporte	SAG
Chajarí 1	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	Si
Federación 1	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	Si
Concordia 1	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	Si
Concordia 2	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	Si
Concordia 3	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	Si
San José 1	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	Si?
Colón 1	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	Si?

### Presentación de los resultados

En las tablas 15 a y b se consignan las determinaciones de los parámetros físicos y las determinaciones realizadas en laboratorio para el Área 1.

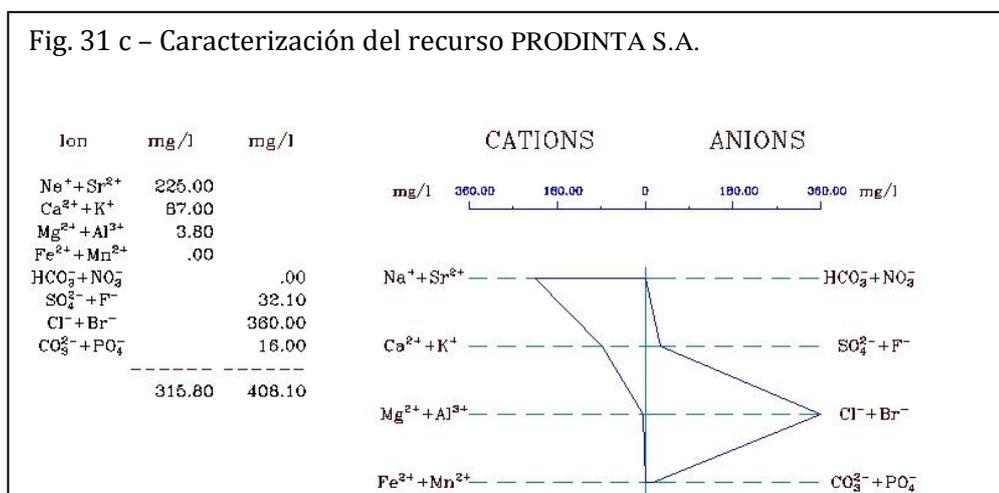
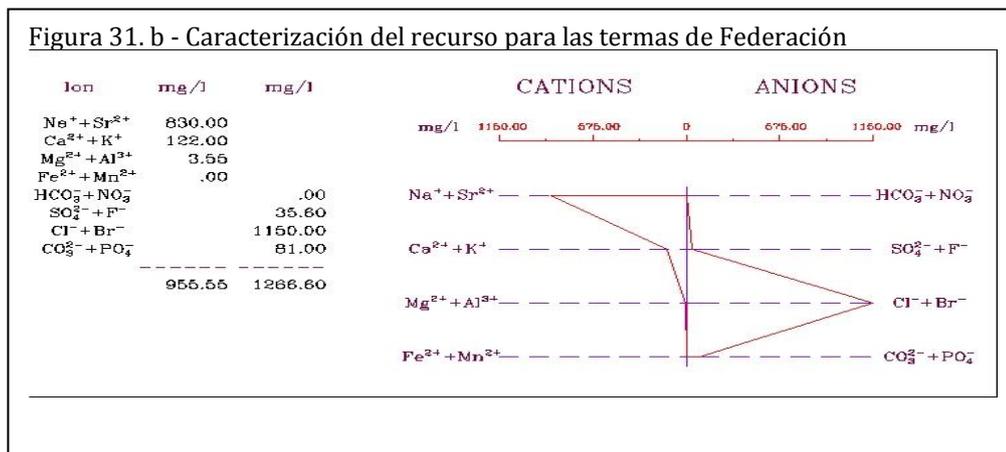
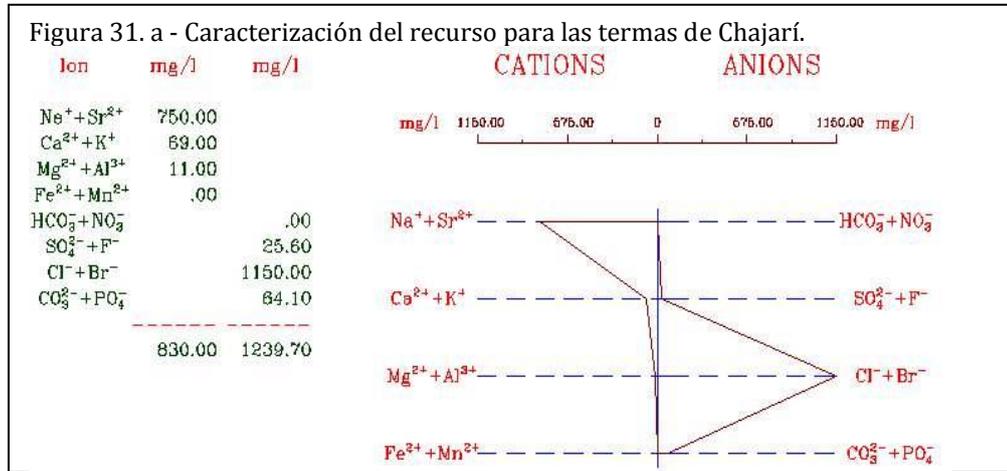
Aspecto	Límpido - Transparente
<b>Color</b>	Incolora
<b>Olor</b>	Inodora
<b>Sabor</b>	Insípida

Centro Termal	Tabla 15 b- Elementos Mayoritarios Área 1							
	Analitos	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe
	Unidad	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm
Chajarí	Valor	4	1150	65	11	750	25,60	< 0,1
Federación		17	1150	105	3,55	830	35,60	4,70
Concordia 1 PRODINTA		3	360	84	3,80	225	32,10	0,30
Figura 31. a - Caracterización del recurso para las Concordia 2 - VERTER		7,2	375	86	3,32	227	32,20	0,4
Concordia 3- AYUI		9,90	384,05	85,20	3,90	218,75	26,35	< 0,1
San José 1		4,25	710	74,30	7,15	1900	185	1,30
Colón 1		7	163	15,80	6,35	110	130	2,40

Cloro = expresado como cloruros

Los diagramas de Stiff <sup>2</sup> (Figuras 31 a –g) permitieron caracterizar el efluente termal del área como cloruradas, sódicas.

Diagramas de STIFF utilizados para la caracterización de los recursos en el área 1.



<sup>2</sup> Nota: Como es posible observar en los gráficos el soft tiene la capacidad de procesar mayor cantidad de elementos pero la inclusión de los mismos no estaba prevista dentro de los objetivos de la investigación.

Figura 31 d. Caracterización del recurso V.E.R.T.E.R. S.A.

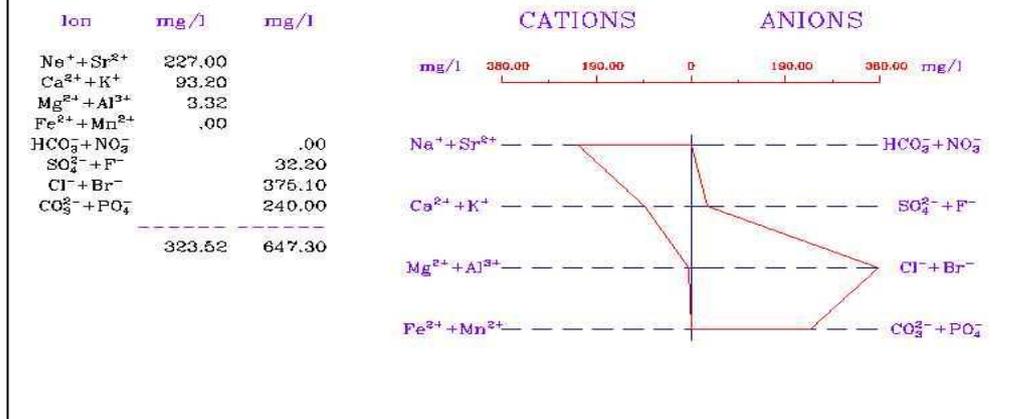


Figura 31. e - Caracterización del recurso para las termas del AYUI

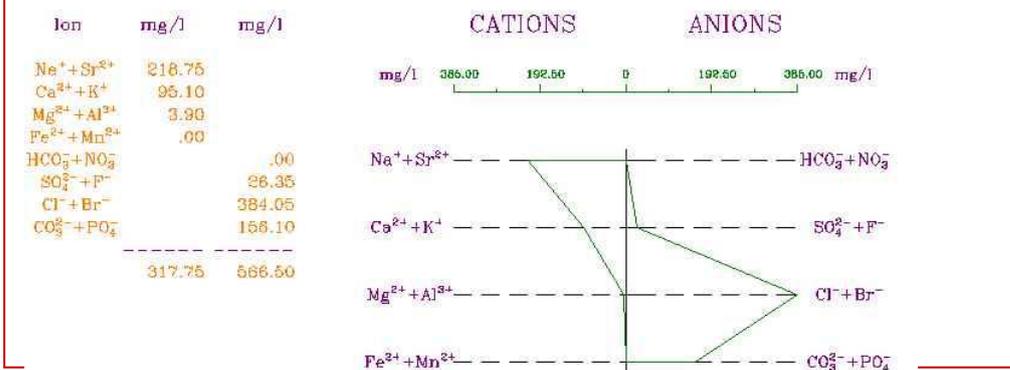
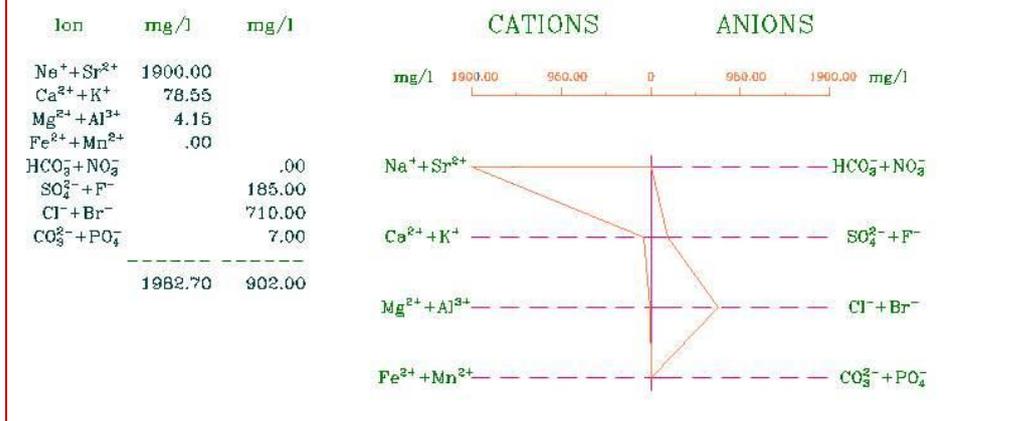
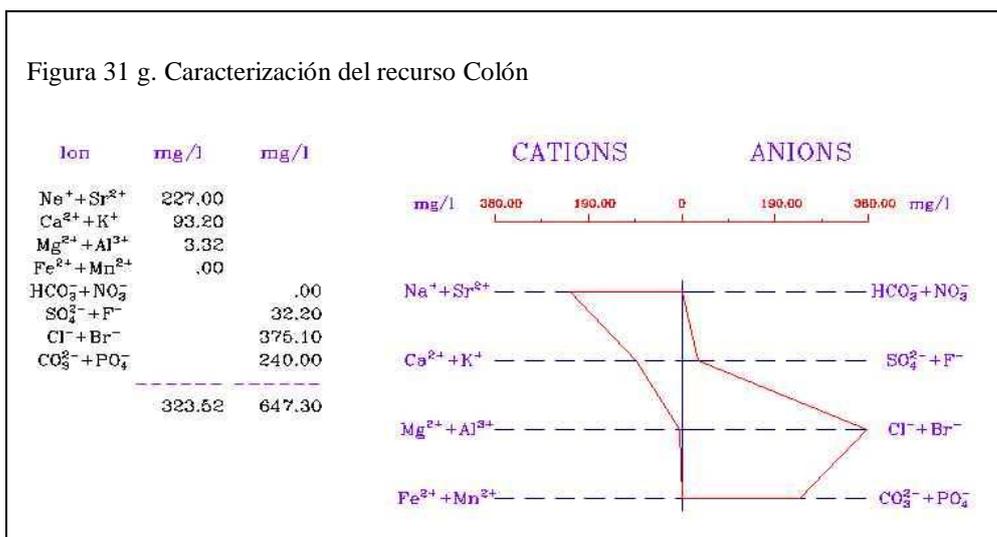


Figura 31 f- Caracterización del recurso en San José





En las tablas 16 y 17 se describen los resultados de las mediciones de campo

Tabla 16- Formato de los datos relevados en el campo					
HI 929828 - 1.0					
Modelo	HI 9828 v2.1				
Id:	751809				
Nombre del lote	Federación				
N. de muestras	47				
Fecha de inicio	21/12/2010				
Hora de inicio	11:13 AM				
Checksum					
Parámetros medidos	pH	Temperatura °C	Conductividad μS/cm	TDS g/l	Salinidad

Centro Termal	Tabla 17 - Parámetros área 1					
	T° C	pH	TDS mg/l	Salinidad	Conductividad μS/cm	Alcalinidad* Mg/l
Chajarí	37,6	7	388	0,37	775	235 mg/l
Federación	40,12	7	455	0,43	910	230 mg/l
VERTER	43,71	7	377	0,32	674	260 mg/l
AYUI	43,29	8	330	0,31	890	330mg/l
PRODINTA	45,63	8	295	0,27	591	254 mg/l
San José	33,7	8/9,	646	0,63	1292	340 mg/l
Colón	26,56	8/9,	654	0,65	1309	255 mg/l

Alcalinidad = Standard Methods\* Ca CO<sub>3</sub>.- Fuente IBRO 2015

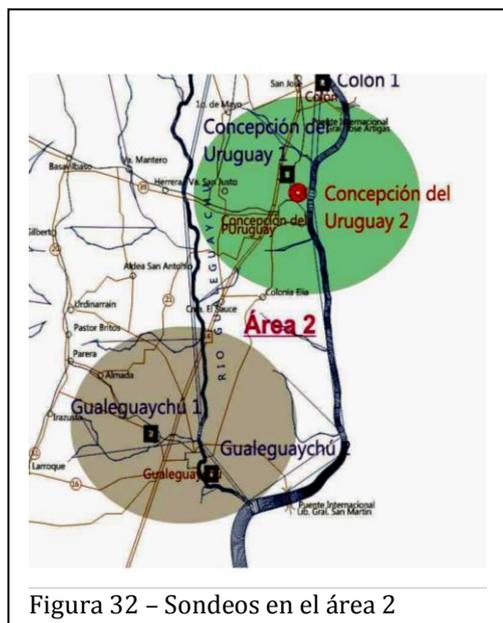
T°c- TDS - Salinidad - Conductividad = Sonda HI 929828

Ph = Cinta colorimétrica

El relevamiento se efectuó entre los meses de Octubre y Noviembre del año 2015 (según el cronograma de actividades) y participaron del mismo personal de la UADER y del ERRTER

## Área hidroquímica 2

Siguiendo la metodología propuesta para el área anterior se consignan los resultados de los sondeos de Gualeguaychú 1 y 2.(Figura 32 y Tabla 18)



Perforación	Área de extracción	SAG
Concepción del Uruguay 1	Basaltos y sus intercalaciones clásticas – Contacto Basalto/Basamento y Basamento	A No
Concepción del Uruguay 2	Basaltos y sus intercalaciones clásticas	No
Gualeguaychú 1	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	B No
Gualeguaychú 2	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	No

La diferenciación entre las denominadas áreas de extracción A y B está basada en que las dos perforaciones de Concepción del Uruguay no atravesaron sedimentos prebasálticos.

En las Tabla 19 a y b se consignan los valores de los parámetros físicos y de los elementos mayoritarios de dos de los centros termales pertenecientes a cada sector por ser estos los que mantienen un régimen constante de explotación en el tiempo

Aspecto	Valor
Límpido - Transparente	Límpido - Transparente
Color	Incolora
Olor	Salino en caliente – Inodora en frío
Sabor	Levemente salina

Centro Termal	Analitos	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe
		Unidad	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Gualeguaychú 1	Valor	420	6200	110	30	4550	1575	< 0,1
Gualeguaychú 2		450	5500	84	133	3600	1800	0,22
C. del U 1		<b>Sin Datos = El sondeo se encontraba sin bomba</b>						

En las figuras 32 a y b se observan los datos obtenidos para Gualeguaychú 1 y 2 respectivamente.

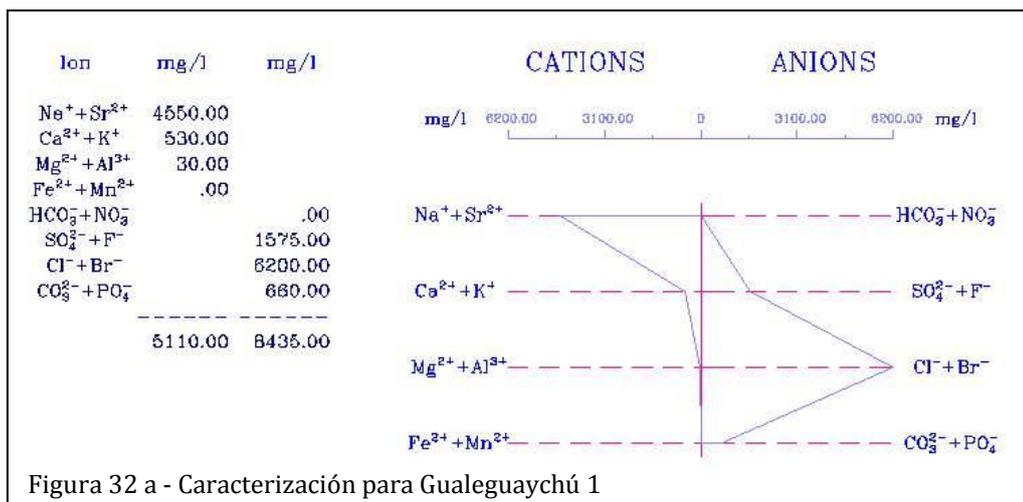


Figura 32 a - Caracterización para Gualeguaychú 1

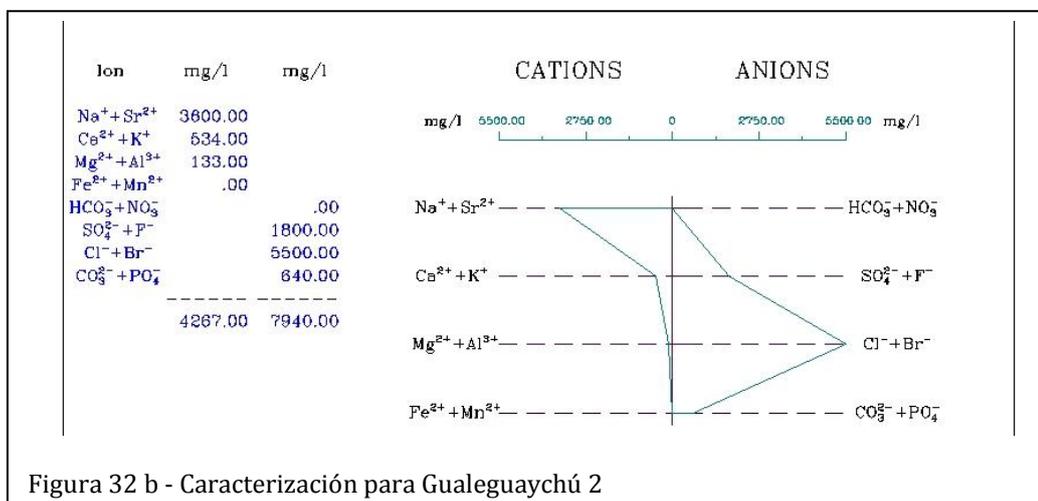


Figura 32 b - Caracterización para Gualeguaychú 2

Dado que en las aguas de este sector el catión más abundante es el Cloro (Cl) seguido en orden de importancia por el Sodio (Na) la relación entre Tabla 20.ambos elementos permite caracterizar a las mismas como sódicas, cloruradas.

Centro termal	Tabla 20.- Parámetros Área 2					
	T° C	pH	TDS mg/l	Salinidad	Conductividad μS/cm	Alcalinidad* mg/l
C. del U 1	Sin datos = No se encontraba instalado el equipo de bombeo					
Gualeguaychú 1	24,81	8	816	9,56	16326,28	44,00 mg/l
Gualeguaychú 2	27,46	8	683	7,85	13662,73	60,00 mg/l

Alcalinidad = Standard Methods \* Ca CO<sub>3</sub>. Fuente IBRO 2015

pH = cinta

T°C- TDS - Salinidad - Conductividad = Sonda HI 929828

El relevamiento se efectuó entre los meses de Octubre y Noviembre del 2015 con personal de la UADER y el ERRTER

### Área hidroquímica 3

En figura 33 se observa la ubicación en el área provincial y en la tabla 21 se señalan las perforaciones realizadas.

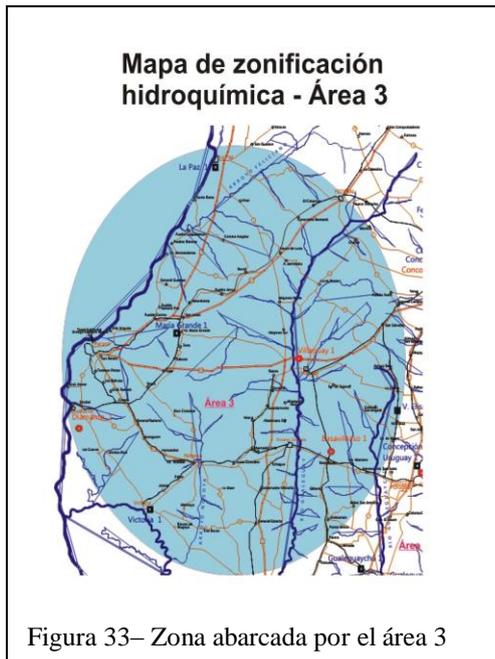


Figura 33- Zona abarcada por el área 3

Perforación	Área de extracción	SAG
La Paz 1	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	No
María Grande	Basaltos y sus intercalaciones clásticas	
Villaguay 1	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	
Basavilbaso	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	
Villa Elisa	Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes	
Victoria	Sedimentos suprabasálticos y techo de los basaltos	
Diamante	Basaltos y sus intercalaciones clásticas	

Los parámetros físicos y los elementos mayoritarios de los complejos termales ubicados en el sector centro occidental de la provincia se presentan en las Tabla 22 a y b respectivamente

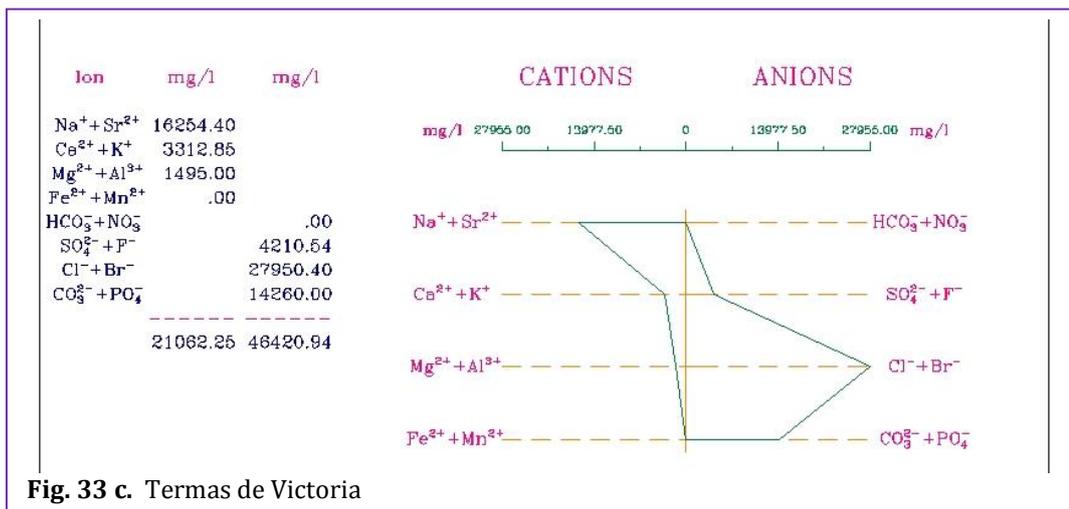
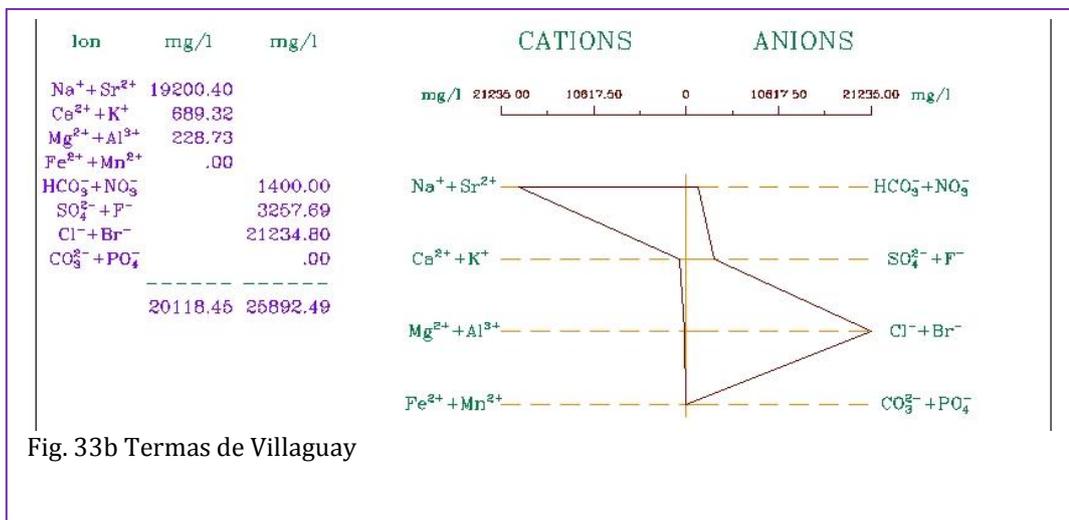
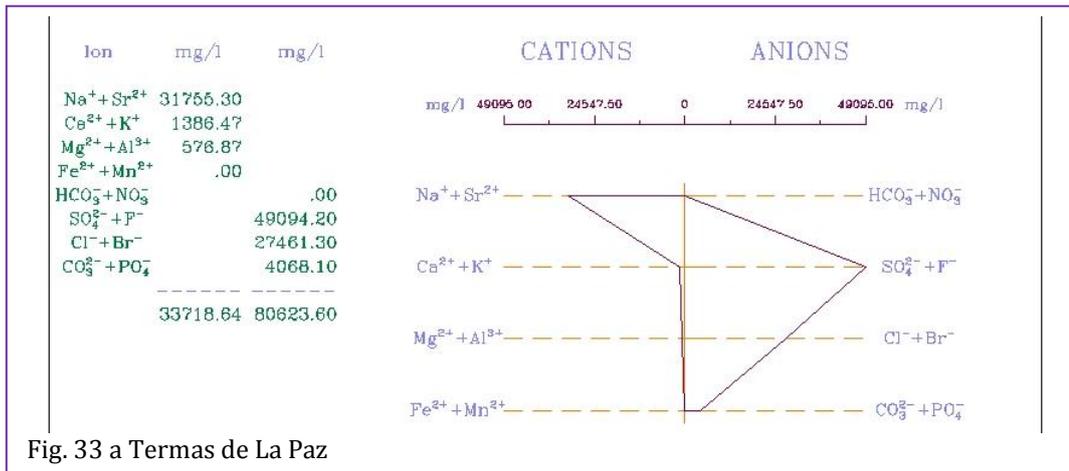
Aspecto	Parámetros Físicos
Color	Límpido - Transparente
Olor	Incolora
Sabor	Salino caliente - Inodora en frío
	Fuertemente Salino

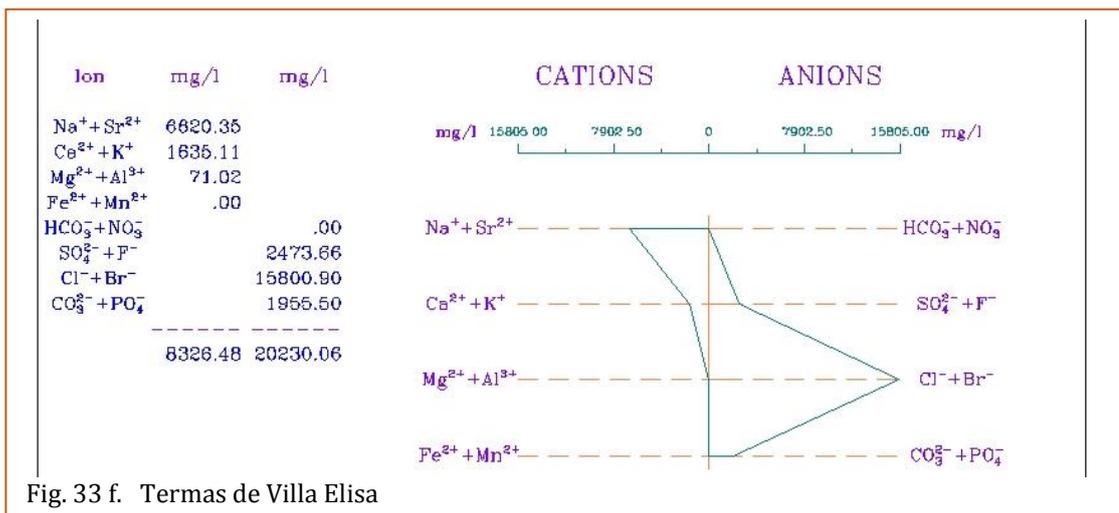
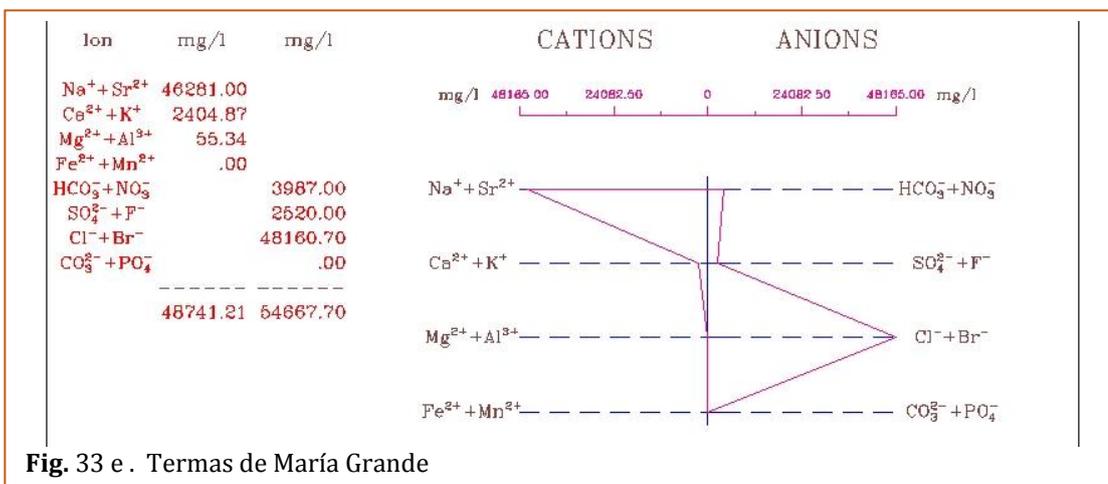
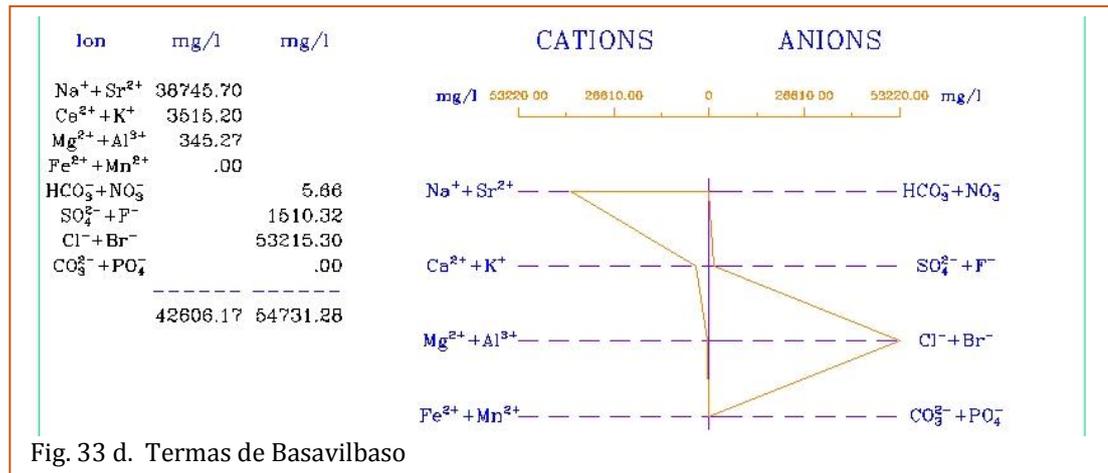
Punto	Analitos	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe
	Unidad	Ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
La Paz 1	Valor	1231,15	27461,26	155,32	576,87	31788,35	S/D	1,17
Villaguay		456,74	21234,84	232,58	228,73	19200,45	3257,69	< 0,1
Victoria		3222,87	27950,36	89,98	1495,00	16254,36	4210,54	6,02
Basavilbaso		2760,20	53215,25	755,00	345,27	38745,67	1510,32	0,44
María Grande 1		2213,00	48160,66	191,87	55,34	46281,00	2520,00	S/D
Villa Elisa 1		1280,86	15800,89	354,25	71,02	6620,35	2473,66	0,15

S/D = sin datos no fue posible su determinación

La perforación Diamante 1 no fue muestreada debido a que el complejo no está habilitado y actualmente carece de bomba

En las figuras 33 a -f se observa la caracterización de los centros termales mediante diagramas de Stiff.





De las figuras 33 a-f que presentan la concentración de los elementos mayoritarios es posible caracterizar a las aguas de esta área como cloruradas sódicas

La Tabla 23 representa los valores obtenidos de las mediciones in situ de los parámetros como T° C,, TDS, conductividad y salinidad, los que fueron, a excepción de la temperatura controlados en laboratorio donde asimismo se determinó la alcalinidad.

Centro Termal	Tabla 23- Parámetros Área 3					
	T° C	pH	TDS mg/lt	Salinidad	Conductividad μS/cm	Alcalinidad* Mg/l
La Paz	38,67	7	62851,67	> 70,00	102586,85	152,92
Villaguay	42,07	7	42149,17	58,41	84298,33	115,36
Victoria	31,47	8	36589,23	50,17	73176,44	82,69
Basavilbaso	39,05	8	38082,92	52,81	76165,42	25,57
María Grande	43,10	7	61744,80	> 70,00	123485,00	38,96
Villa Elisa	36,04	8	16150,33	19,86	32290,74	73,05

Alcalinidad = Standard Methods \* Ca CO<sub>3</sub> - Fuente - IBRO 2015

T °C - TDS - Salinidad - Conductividad = Sonda HI 929828

pH = cinta colorimétrica

El relevamiento se efectuó entre los meses de octubre y noviembre del año próximo pasado cumpliendo con el cronograma previsto. Intervino personal del ERRTER y de la Licenciatura en Gestión Ambiental - Sede GUALEGUAYCHÚ

## ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para la realización de dichos análisis se utilizó el programa InfoStat® en su modalidades de Análisis de Conglomerados y Componentes Principales, por ser estas las técnicas más adecuadas para el procesamiento de datos con las características de los estudiados.

### Análisis de Conglomerados

Los dendogramas por los cuales se presentan los resultados del procesamiento estadístico de los datos de campo muestran el agrupamiento de los mismos por la concentración de sus elementos mayoritarios, mientras que en segundo término permite diferenciar, en función de dichos análisis el grado de relación de los lugares de muestreo (perforaciones).

La figura 34 indica a nivel de elementos mayoritarios que existen correlaciones significativas entre los cloruros y el sodio (primer agrupamiento), el segundo lo constituye el magnesio, potasio y calcio, que luego se vinculan en menor medida con los sulfatos y todos ellos se diferencian significativamente de los primeros lo que resulta congruente dado que son aguas cloruradas sódicas

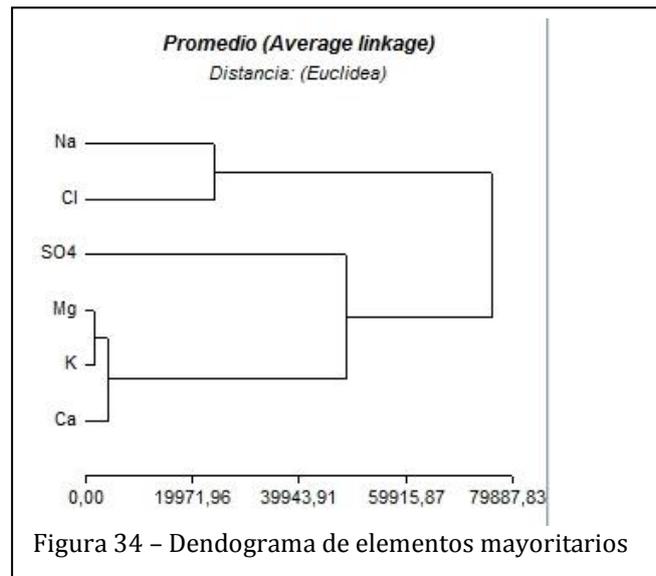


Figura 34 – Dendograma de elementos mayoritarios

En lo que respecta a los agrupamientos en función de las perforaciones, la figura 35, muestra un agrupamiento entre las localidades de Victoria, María Grande, Basavilbaso y La Paz, Villa Elisa y Villaguay que se diferencia claramente de las otras perforaciones.

El agrupamiento que presenta mejor asociación lo constituyen las perforaciones de las localidades de Federación, Concordia, San José y Colón, lo que se explica por el bajo grado de mineralización que presenta el agua alumbrada en dichas perforaciones. Un tercer agrupamiento corresponde a las perforaciones de Gualeguaychú con mineralizaciones intermedias,

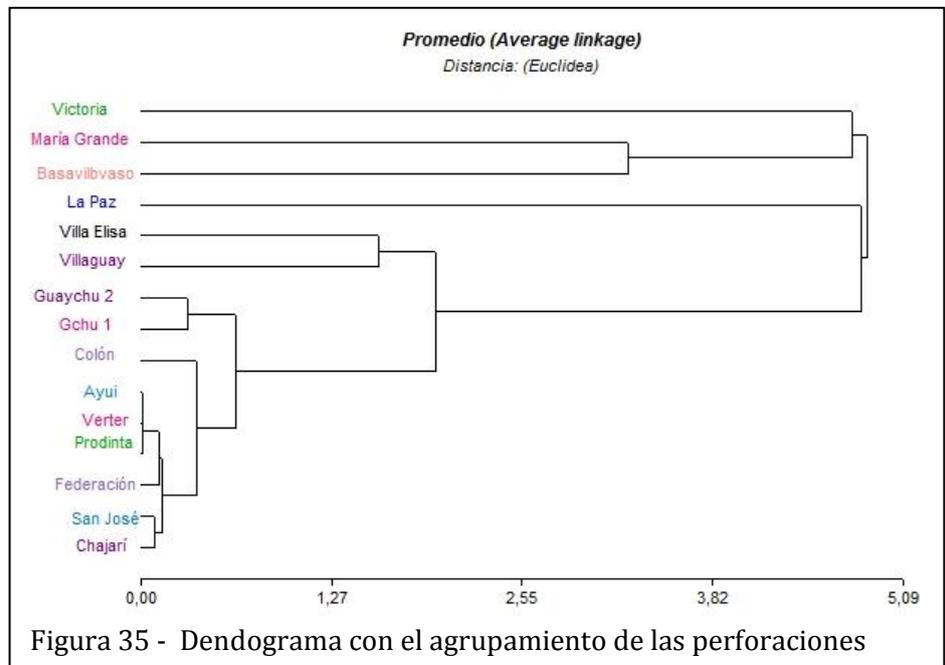


Figura 35 - Dendograma con el agrupamiento de las perforaciones

En síntesis los elementos mayoritarios solo permiten diferenciar tres grupos o asociaciones.

### Análisis de Componentes Principales

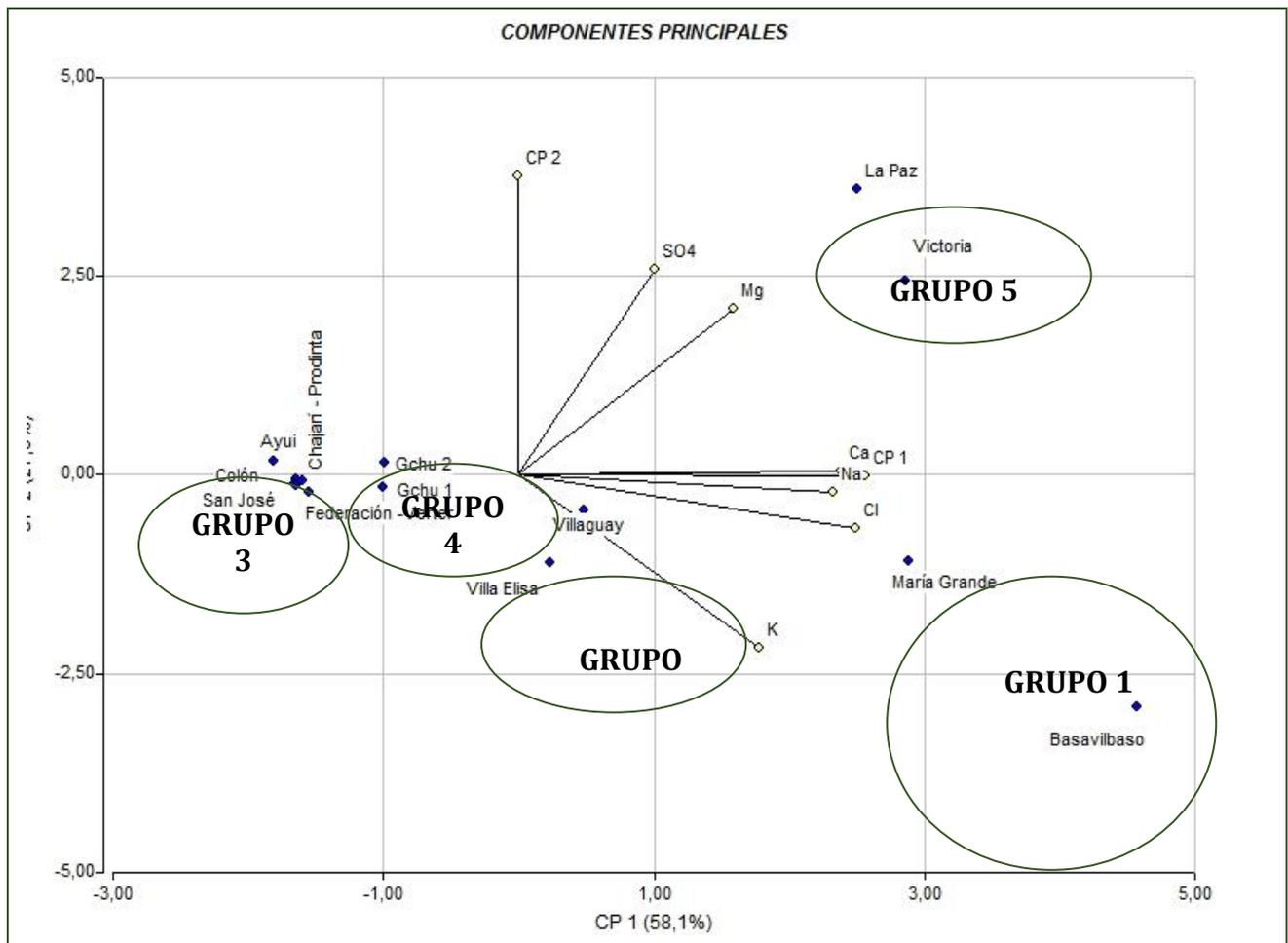
En la Figura 36 se pueden diferenciar **cinco grupos** de aguas en las distintas perforaciones, el **grupo 1** (termas de Basavilbaso y María Grande) controlado por los cloruros, sodio, potasio que se muestran crecientes en el sentido de la Componente Principal 1 (CP1), la que explica el 58,1% de la varianza de la información.

En el mismo sentido y demostrado por los mismos elementos se encuentra el **grupo 2** con las termas de Villa Elisa y Villaguay

En el sentido opuesto con los menores contenidos de dichos elementos mayoritarios se encuentran las perforaciones Chajarí, Federación, Concordia, Colón y San José, las que constituyen el **grupo 3**; intermedia entre los grupos 2 y 3 se encuentran las perforaciones de Gualeguaychú, **grupo 4**, crecientes en ese sentido por el grado de mineralización.

Finalmente y controlado fundamentalmente por los contenidos de sulfatos y en menor medida por el magnesio, se encuentra la perforación de La Paz y Victoria, que constituiría el denominado **grupo 5** Debe señalarse que la componente principal dos (CP2) explica el 27,0 % de la varianza que suministran los resultados analíticos de los elementos mayoritarios

Figura 36 de Componente Principales



## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La figuras 37 y la tabla 24 representan la aplicación del Soft para procesamiento de los datos relevados. El elemento hierro fue excluido del análisis ya que se decidió utilizar la opción Registros completos (círculo rojo)

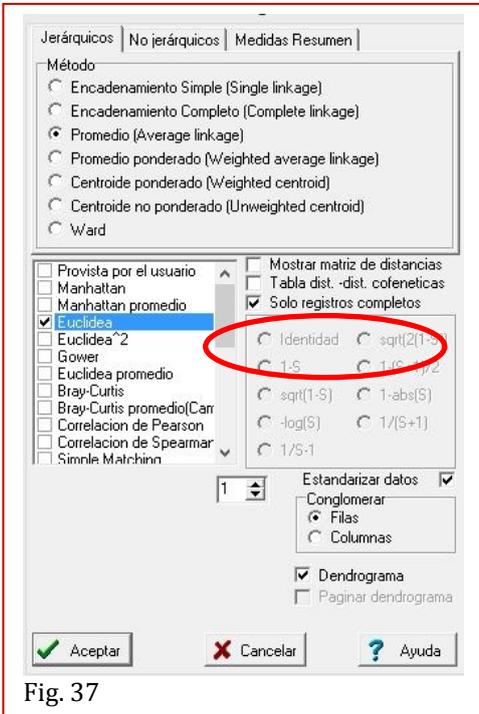


Fig. 37

Prueba									
Caso	Perforacion	Ca	Cl	K	Mg	Na	SO4	CP 1	CP 2
1	Chajari 1	4,00	1150,00	65,00	11,00	750,00	25,60	-1,46	-0,03
2	Federación 1	17,00	1150,00	105,00	3,55	830,00	35,60	-1,38	-0,16
3	PRODINTA	3,00	360,00	84,00	3,80	225,00	32,10	-1,46	-0,09
4	VERTER	7,20	375,00	86,00	3,32	227,00	32,20	-1,46	-0,09
5	AYUI	9,90	384,05	85,20	3,90	218,75	26,35	-1,46	-0,09
6	San José	4,25	710,00	74,30	7,15	1900,00	185,00	-1,42	-0,06
7	Colón	7,00	163,00	15,80	6,35	110,00	130,00	-1,60	0,12
8	Guaychu 1	420,00	6200,00	110,00	30,00	4550,00	1575,00	-0,88	-0,11
9	Guaychu 2	450,00	5500,00	84,00	133,00	3600,00	1800,00	-0,88	0,12
10	Basavilbaso	2760,20	53215,25	755,00	345,27	38745,67	1510,32	4,05	-2,13
11	Villaguay	456,74	21234,84	232,58	228,73	19200,45	3257,69	0,43	-0,32
12	María Grande	2213,00	48160,66	191,87	55,34	46281,00	2520,00	2,55	-0,79
13	La Paz	1231,15	27461,26	155,32	576,87	31788,35	49094,20	2,22	2,64
14	Villa Elisa	1280,86	15800,89	354,25	71,02	1470,54	2473,66	0,21	-0,80
15	Victoria	3222,87	27950,36	89,98	1495,00	16254,36	4210,54	2,53	1,79

Tabla 24

### Conclusiones particulares de la hidroquímica

El procesamiento del conjunto de los componentes mayoritarios a partir de lo señalado por el análisis de los elementos por separado, incorporando la información hidroquímica de este proyecto con su correspondiente tratamiento estadístico multivariado, podemos concluir que en el modelo hidroquímico propuesto es posible diferenciar cinco grupos de efluentes termales.

Es importante mencionar que el procesamiento de los datos solo se realizó teniendo en cuenta los elementos mayoritarios, lo que estaría explicando la similitud en la caracterización del agua alumbrada en los centros termales analizados; es por tal motivo que se recomienda realizar un nuevo muestreo que incluya determinación de elementos minoritarios y trazas para validar el modelo con otros componentes de juicio.

Estos grupos serían:

**Grupo 1** = María Grande: se distancia de los demás muestreos por su alejamiento hacia la derecha, evidenciando una fuerte concentración de elementos mayoritarios, minoritarios y trazas posiblemente debido al sitio de donde es extraído el recurso

**Grupo 2** = La Paz: Al igual que el caso anterior se diferencia del resto por su elevada mineralización, esta desigualdad se encuentra expresada por los valores de conductividad eléctrica que presenta el efluente y las concentraciones de cloruros, sodio y sulfatos.

**Grupo 3** = Villa Elisa - Gualguaychú: Estos dos sondeos si bien difieren al encontrarse en áreas distintas posiblemente se encuentren vinculados por la paridad que existe entre los elementos catiónicos minoritarios y trazas que presenta el efluente.

**Grupo 4** = Federación - Concordia - San José - Colón y Concepción del Uruguay. Centros termales agrupados por la baja mineralización de sus aguas

## PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL

El contraste existente entre un fluido termal y los cursos superficiales donde los primeros son vertidos una vez que fueron utilizados es muy grande. Esta acción hace que el ingreso de dichos efluentes a un sistema hídrico sin el debido tratamiento provoque modificaciones en su condición natural. Estas variaciones se verán reflejadas de dos maneras, una por efecto de la temperatura, que aunque de baja entalpía se convierte en una potencial causa de contaminación termal, repercutiendo principalmente sobre los organismos sensibles a los cambios de temperatura y provocando además un empobrecimiento en la cantidad de oxígeno disuelto en el cuerpo receptor; y la otra, ya sea por incorporación o incremento al medio de elementos químicos diferentes a los originales; comprometiendo de esta manera el normal desarrollo de la biota relacionada a la explotación.

A sabiendas de lo antes enunciado el Grupo de Investigación con la colaboración del Área Técnica del ERRTER ha elaborado el presente Programa de Gestión Ambiental cuyo objetivo principal es el asistir a los centros termales de la provincia proporcionando una serie de planes para que la explotación comercial del recurso que en ellos se realiza se cumpla de manera sustentable con el entorno natural.

### Alcances del PGA

El Plan de Gestión Ambiental (PGA) propuesto constituye el conjunto de procedimientos técnicos que son formulados y deberán ser puesto en marcha durante las Etapas de Exploración y Explotación del recurso.

Este Plan se debe realizar teniendo en cuenta los resultados específicos obtenidos en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y estará conformado por los siguientes apartados:

- *Plan de Monitoreo Ambiental (PMA)*
- *Informe de Auditoría Ambiental (IAA)*
- *Plan de Información Pública*
- *Plan de Contingencias*

### Programa de Monitoreo Ambiental (PMA)

- **Objetivos del PMA**

El PMA deberá incluir medidas y recomendaciones técnicas tendientes a:

- a) Salvaguardar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto,
- b) Garantizar que la implementación del proyecto se lleve a cabo de manera ambientalmente responsable, y
- c) Ejecutar acciones específicas para prevenir y/o corregir los impactos ambientales pronosticados en el EIA.

- **Enfoque Técnico del PMA**

Las medidas planteadas por el PMA serán específicas para el contexto ambiental bajo estudio, apuntando concretamente a evitar, reducir o corregir la intensidad de impactos determinados y proteger los factores ambientalmente sensibles

Este PMA es único y específico para cada proyecto, ya que esta articulado con los resultados obtenidos por el estudio ambiental precedente.

No obstante, y según las circunstancias, se formularán recomendaciones generales para mejorar la práctica constructiva y operativa propuesta. Estas recomendaciones incluyen acciones, procedimientos o rutinas de trabajo que, por sus características generales, no requieren el cumplimiento de la totalidad de los componentes de una medida.

- **Indicadores de Efectividad.**

En todas las medidas se establecerán indicadores que permitan evaluar su grado de efectividad ya sea durante o después de su implementación y dependiendo de que sean continuas o esporádicas. Algunos de estos indicadores pueden coincidir, parcial o totalmente, con las variables a medir en medidas de control o monitoreo. Los indicadores de efectividad estarán expresamente referidos en planillas ad-hoc para facilitar las tareas de fiscalización e inspección por parte de la Autoridad de Aplicación..

## El PMA para el pozo termal y obras complementarias

### Objetivos específicos del PMA

Obtención, a través del instrumental adecuado de parámetros que permitan definir las condiciones actuales de explotación, información que permita la toma de decisiones sobre el manejo y explotación del recurso y preservarlo a través del tiempo.

#### **Monitoreo del pozo, boca de pozo y cañerías:**

Disponer en boca de pozo el instrumental conveniente que permita determinar en tiempo real: temperatura, presión y caudal. Se deberá acondicionar la misma para que sea posible la verificación de los niveles estáticos y dinámicos. Ver anexo

El caudalímetro sugerido tendrá un puerto para ser conectado a una PC por lo que los volúmenes extraídos quedarán registrados y a disposición de la autoridad de aplicación.

Además se dispondrá de manera conveniente la misma para que al realizar cualquier tipo de operación, por ejemplo un muestreo directo, el efluente termal no tome contacto con el medio.

#### **Piletas y cañerías**

Se deberá verificar el estado que presentan las cañerías de conducción del fluido y de las aguas vinculadas a la explotación, como así también de piscinas para baños.

#### **Monitoreo del recurso termal**

En la tabla 25 se detalla la metodología del monitoreo del pozo termal a desarrollar en un Estudio de Impacto Ambiental.

Parámetro y ensayos a realizar	Análisis	Categoría	Frecuencia	Metodología
		Físico - Químico (Normal)	Mensual	Recolección de muestras en envases adecuados
		Bacteriológico	Anual	Recolección de muestras en envases esterilizados y esterilización del grifo
		Físico - Químico Incluye análisis de elementos catiónicos pesados	Bianual	Recolección de muestras en envases adecuados.
Caudal m <sup>3</sup> /h	<b><u>Registros del caudal</u></b> de entrada y salida de las piletas - Al menos diariamente.			
Tº C	Al igual que con el caudal se deberá monitorear la temperatura en todas las piletas: entrada y salida y en tres niveles: fondo, medio y superficie			

### Monitoreo de los factores naturales

## Agua

La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas involucrados es por eso que se propone el monitoreo de las aguas

**Cursos Superficiales:** Análisis Físico- Químico y Bacteriológico

Frecuencia: mensual al menos en 2 puntos:

50,00 mts. y 100,00 mts. Aguas arriba del punto de vertido

50,00 mts. y 100,00 mts. Aguas abajo del punto de vertido

\*Hasta que se determine la efectividad de las medidas implantadas. Luego se realizaran en forma más espaciada en el tiempo pero nunca superando los cuatro meses entre muestreo y muestreo

**Fuentes Subterráneas:** Relevamiento de los pozos de agua potable de la zona más los existentes dentro del complejo.

Frecuencia: trimestral

Metodología: cuando la cantidad existente de perforaciones que son utilizadas para la extracción de agua para consumo supere el número de 3 (tres) los análisis se llevaran a cabo en forma rotatoria.

Para el monitoreo de las aguas asociadas y pozos vecinos se han definido las zonas de protección de los mismos como **Perímetros de Riesgo**<sup>3</sup> en donde se han analizado detalladamente las condiciones hidrogeológicas, hidroquímicas y sanitarias de estos sectores. Figura 38.

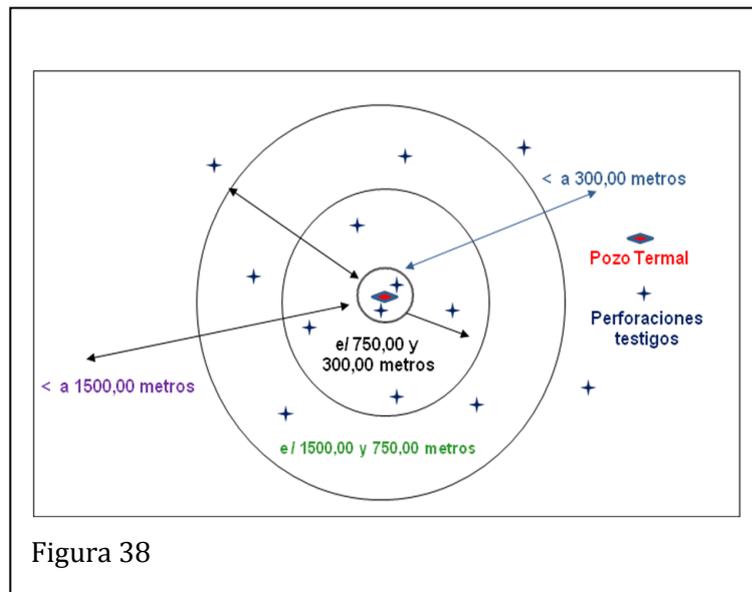


Figura 38

## Suelos

Análisis físico-químicos

Frecuencia: Al inicio de la explotación y luego de manera anual<sup>4</sup>.

## Atmósfera

Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o

<sup>3</sup> Estos perímetros deberán ser ajustados en el tiempo y de acuerdo a los resultados que presenten los informes de monitoreo.-

<sup>4</sup>De acuerdo al tratamiento

móviles, deberán ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para los visitantes al complejo y el equilibrio ecológico

Parámetros a ser observados de acuerdo al tipo de actividad que se desarrolla en cada zona del complejo.

Diafanidad

Calidad.

- Emisión de partículas de polvo
- Emisión de gases

Ruidos

Iluminación nocturna

### **Flora**

Restitución de la flora a medida que se vayan finalizando las diversas etapas.

### **Fauna**

Monitoreo sistemático sobre la fauna que tiene como hábitat el predio y del sitio donde el fluido termal toma contacto con el cuerpo receptor.

### **Monitoreo de los Factores Culturales**

Se llevarán a cabo controles constantes tanto en el Área de Influencia Directa como en la Indirecta; haciendo especial hincapié en:

- Los usos del suelo como territorio
- Los cambios de hábitos en la población
- La salud y seguridad de las personas
- La actividad turística-recreativa
- La economía local y zonal
- La generación de empleos
- La estructura vial
- La provisión de agua potable
- Formas de disposición de los residuos sólidos y semisólidos generados
- Formas de evacuación de efluentes líquidos

**AID Área de Influencia Directa.** Espacio físico donde la probabilidad de ocurrencia de impactos ambientales es máxima, es decir el suceso es prácticamente cierto. En caso de suceder, la magnitud del impacto ambiental será la máxima posible.

**AII Área de Influencia Indirecta.** Espacio físico donde la probabilidad de ocurrencia de impactos ambientales no es máxima y decrece, en general asintóticamente, con la distancia al sitio donde se genera el impacto. En caso de suceder, la magnitud del impacto ambiental siempre será menor a la máxima posible.

## **Informe de Auditoría Ambiental (IAA)**

### **Objetivos del IAA**

El IAA se elabora de forma tal de estructurar y organizar el proceso de verificación sistemático, periódico y documentado del grado de cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas.

Representa, también, un mecanismo para comunicar los resultados al responsable del emprendimiento y para corregir y/o adecuar los desvíos detectados.

A los efectos de dar cumplimiento de lo expresado en ambos planes se efectuarán controles periódicos (no mayores a seis meses) de las condiciones en las que se desarrolla la actividad. El informe será elevado con copia a los responsables del emprendimiento y a las autoridades competentes.

### ***Modelo de Auditoría para la explotación de aguas termales y actividades asociadas.***

#### **Factores Ambientales**

##### **Características físico-químicas**

##### **Fluido Termal**

- Método de evacuación del fluido excedente
- ¿Se mide y se registra el caudal vertido?
- ¿Tiene tratamiento previo?
- ¿Se determina la salinidad a la entrada y la salida?
- ¿Se realizan otros análisis indicar cuáles?
- ¿Cumple con la frecuencia de muestreo?
- ¿Posee gases el fluido? - Características y métodos de registro

##### **Sitio del vertido**

Se realizan análisis

##### **Pozo Productivo y Locación**

- ¿Está cercada la boca de pozo? Finalidad
- ¿Existen programas de control del pozo?
- ¿Posee equipo de bombeo? - Características
- ¿Posee instrumentos de supervisión de variables? - *Detalles*
- ¿Existen pérdidas en la boca de pozo?
- Tipos de cañerías y filtros - *Detalles*

##### **Líneas de conducción**

- Ducto Verificado
- Tipo de cañerías. ¿Enterradas o superficiales?
- ¿Está señalizada la cañería?
- ¿Es eficiente la señalización?
- ¿Tiene cámaras de registros?
- ¿Esta tendida sobre soportes?
- ¿Tiene protección en cruces de cauces y caminos?
- ¿Hay signos de corrosión? ¿Se monitorea la corrosión?
- ¿Existe documentación de su tendido?
- ¿Están actualizados los registros de mantenimiento?

##### **Piletas**

- Número y características de las piletas
- ¿Se monitorean parámetros dentro de las piletas?

- ¿Hay sedimento en las piletas?
- ¿Hay incrustaciones?
- ¿Existe vigilancia médica?
- ¿Se especifican las características y efectos de las aguas termales previa inmersión?
- ¿Existen piletas de peloides?
- ¿Qué otros tipos de baños existen?

### **Aguas vinculadas a la explotación**

- Fuentes Superficiales – Subterráneas
- ¿Cuál es el tipo de recurso vinculado?
- ¿Se realizan ensayos periódicos? ¿Cuáles? ¿Con que frecuencia?

### **Suelos**

¿Se monitorean los suelos?

### **Atmósfera**

¿Existen fuentes contaminantes? Indicar tipo: sonoras, lumínicas, visuales.  
¿Se monitorea su calidad?

### **Factores biológicos**

Existen antecedentes que describan la flora y fauna autóctona?  
¿Están restaurados (o en proceso) el suelo, la flora y la fauna, especialmente las aves?

### **Procesos**

¿Son suficientes las medidas de prevención de contaminación del suelo, agua y atmósfera?  
Fecha de los últimos análisis  
¿Existe un plan de monitoreo?

### **Factores culturales**

- Usos del territorio
- Espacios abiertos y naturales
- Espacios Recreativos, Estéticos y de interés Humanos
- ¿Existen otras actividades que puedan afectar al medio?

### **Servicios e infraestructura**

Descripción de las instalaciones complementarias: Baños – Vestuarios - Otros servicios

- Estructuras
- Red de transporte de pasajeros
- Red de servicios
  - Provisión de agua dulce
  - Provisión de energía eléctrica
  - ¿Se utiliza otro tipo de energía? Especificar
  - Provisión de gas
  - Telefonía
  - Alimentación
- Formas de disposición de residuos sólidos
- Formas de evacuación de efluentes líquidos
- Vías de acceso y caminos interiores

### **Relaciones ecológicas**

- Salinización de recursos de aguas
- Aparición de nuevos vectores - Insectos
- Eutrofización



#### Otros

- DBO – solo para aguas superficiales
- O<sub>2</sub> disuelto
- Presencia de Gases

#### Examen microbiológico

- Bacterias aeróbicas
- Bacterias coliformes
  - Coliformes Totales
  - Coliformes Fecales
- *Pseudomonas aeruginosa*

#### **d. Ocasional**

Análisis completo que se realiza en situaciones particulares o accidentales.

#### **e. Inicial**

Análisis completo que se realiza antes de la explotación de un recurso hídrico

#### **Modelo de Protocolo de Análisis para Suelos no disturbados (Puntos de muestreo)**

pH- Carbonato de calcio - Anión Sulfato - Acidez Intercambiable - Materia Orgánica - Nitrógeno total - Nitrógeno amoniacal - Nitratos - Fósforo asimilable - Calcio intercambiable - Magnesio Intercambiable - Potasio intercambiable - Azufre asimilable - Hierro - Cobre - Manganeseo - Zinc - Boro - Sodio - Bacterias nitrificantes - Algas - Hongos-Microartrópodos - Enzimas

#### **Análisis de Suelo (Físicos, suelo disturbado) (Puntos de Muestreo)**

- Textura
- Densidad
- Humedad (% de saturación).

### **Plan de Información Pública**

Metzler (2010), en su informe, explica la relevancia de la comunicación externa, dado que, es conveniente informar a las partes interesadas de la situación ambiental presente y de las propuestas de mitigación, como también de los logros ambientales obtenidos. De esta forma se demuestra el compromiso con el medio ambiente, lo cual genera confianza en el desarrollo del proyecto termal con la comunidad, el gobierno, las organizaciones ambientalistas y los consumidores.

Siendo la evaluación de impacto ambiental un proceso público, sus resultados serán comunicados a todas las partes interesadas. Esta comunicación tiene por objetivo transmitir informaciones técnicas multidisciplinarias a un público variado y con intereses específicos distintos, además de esto, también busca convencer a las partes interesadas acerca de la viabilidad de la actividad proyectada.

Típicamente el estudio de Impacto Ambiental (IA) como principal documento del proceso de evaluación ambiental, busca comunicar:

- Las intenciones y localización de los componentes del proyecto.
- Los objetivos y justificación de la adopción y ejecución de las obras.
- Las características técnicas y sus alternativas.
- Atributos o condiciones ambientales del área que podrán ser afectadas.
- Impactos que la obra provocará.
- Medidas que puedan ser tomadas para evitar, reducir o compensar los impactos negativos.

Más allá del Informe de IA y documentos obligatorios, esa información puede ser transmitida en diferentes soportes, incluyendo folletos informativos, video, CDs y “sitios” en internet, o en forma oral en reuniones y audiencias públicas.

## **Plan de Contingencia - Plan de Contingencia Ambiental (PCA)**

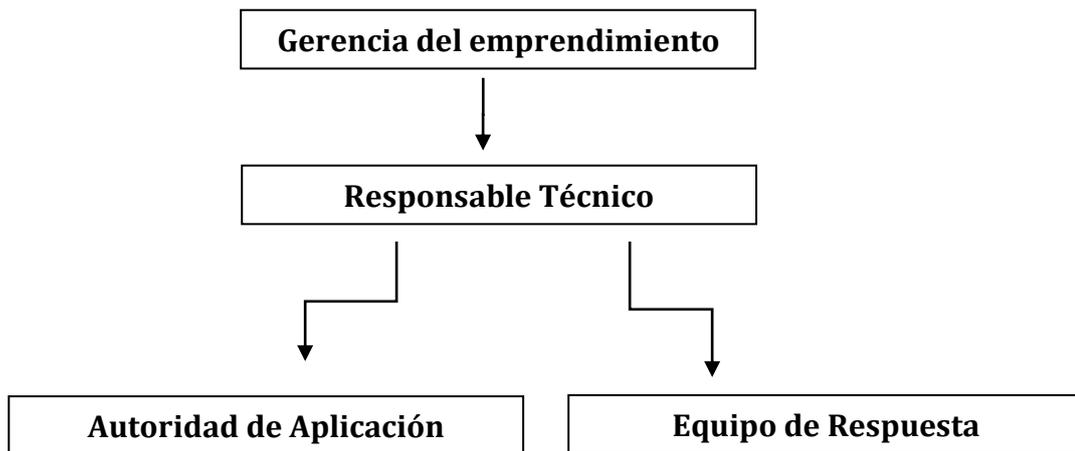
Como parte central del Programa de Gestión se incluye un Plan de Contingencias para los centros termales.

### **Definición**

**Contingencia:** situación de riesgo inherente a las actividades, procesos, productos o servicios, equipos, instalaciones industriales que en caso de ocurrir se convierte en una EMERGENCIA

### **Consideraciones generales**

- Todo PCA tiene como primordial consideración la salvaguardia de la vida y su ambiente natural. Este concepto no debe estar afectado por ningún factor especulativo.
- El Objetivo común de todo PCA es identificar y formular programas y acciones para minimizar los efectos nocivos de una emergencia.
- La tarea global de todo PCA es constituir un grupo idóneo, eficiente y permanentemente adiestrado, este grupo de respuesta es el que debe permitir la correcta aplicación de los medios humanos y materiales que se disponen para el logro del objetivo propuesto. Las tareas que deben realizar son diversas dado que dependen del elemento causante de la Contingencia, del escenario, de las condiciones meteorológicas, geológicas, geográficas, topográficas, culturales, biológicas y otras. Por tal motivo, en el contenido del PCA se incluirán las que se consideran comunes para toda Contingencia como: contención, confinamiento, eliminación, recolección, limpieza, etc.
- El PCA debe constituir una guía de las principales acciones que deben tomarse en una Contingencia, ya que la previsión aumenta la eficiencia de la respuesta.
- El ámbito geográfico de un PCA es el área que puede ser afectada por la mayor Contingencia probable.
- Se debe efectuar un exhaustivo estudio a fin de determinar, sin exclusiones, los recursos y lugares de particular interés o valor que pudieran recibir el impacto de una Contingencia como por ejemplo:
  - Asentamientos humanos
  - Cursos y masas de agua, naturales o artificiales
  - Suelo
  - Acuíferos subterráneos
  - Actividades asociadas.
  - Fauna y flora autóctona
- Se debe informar al personal afectado a las labores de las características de cada uno de los factores de riesgo probables.
- Será conveniente que se dispongan diagramas secuenciales de decisión (ver ejemplo) para acelerar la implementación rápida y eficaz de las acciones correspondientes cuando es detectada la contingencia.



Teniendo en cuenta que es muy alta la probabilidad que el personal de Termas se encuentre disperso dentro del predio en horas de trabajo y las distancias que pueden existir dentro del mismo son considerables se recomienda que exista en todo momento una persona que pueda poner en marcha de manera inmediata el Equipo de Respuesta el cual estará en condiciones de operar durante las 24 horas los 7 días de la semana.

### **Consideraciones particulares**

Hechas estas aclaraciones de carácter general es menester precisar cuál podría ser el lugar de suceso de una Contingencia relacionada con el uso del efluente termal y la preservación del entorno natural donde se desarrolla la actividad, sabiendo que el riesgo más importante que existe es la fuga o derrame del efluente termal; causando como se mencionaba al principio del informe contaminación termal y/o química en el cuerpo receptor.

En la tabla 26 se mencionan estos ámbitos, el alerta temprana y la manera de proceder ante la ocurrencia de una contingencia.

**Tabla 26- IDENTIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS DE UNA EXPLOTACIÓN TERMAL**

Alerta y ámbito	Motivo probable	Afecta	Medidas	
			Agua de alta mineralización	Agua dulce
<b>Perdida de caudal en el pozo de explotación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por rajaduras en la cañería de aislación.</li> <li>• Por derrumbes dentro del pozo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↪ Acuíferos mas someros y formaciones geológicas que los contienen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↪ Dar aviso a la autoridad de aplicación</li> <li>↪ Detener de manera inmediata la explotación.</li> <li>↪ Muestreo del agua en los pozos ubicados dentro de los perímetros de seguridad</li> <li>↪ Bajado de una cámara y un buzo a fin de identificar el sitio afectado y comprobar el fondo del pozo</li> <li>↪ Reparar el daño detectado con la intervención de un equipo perforador y personal especializado en este tipo de tareas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar aviso a la autoridad de aplicación y Equipo de Respuesta</li> <li>• Detener de manera inmediata la explotación para evitar la contaminación termal</li> <li>• Bajado de una cámara y un buzo a fin de identificar el sitio afectado y comprobar el fondo del pozo</li> <li>• Reparar el daño detectado con la intervención de un equipo perforador y personal especializado en este tipo de tareas</li> </ul>
<b>Salinización en superficie</b>	Derrames o filtraciones en piletas y/o cañerías conductoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>↪ Zonas por donde es conducido o depositado el fluido</li> <li>↪ Horizontes subsuperficiales y acuífero libre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↪ Dar aviso a la autoridad de aplicación</li> <li>↪ Dar intervención al Equipo de respuesta y personal especializado en bioremediación</li> </ul>	No corresponde la aplicación de medidas correctoras
<b>Antes de realizar cualquier acción se deberá dar aviso a la Autoridad de Aplicación</b>				

## TRATAMIENTO DE LAS AGUAS TERMOMINERALES

La manera de disponer del efluente termal una vez que ha sido utilizado es una preocupación que se da desde el principio mismo en que se decide llevar adelante la explotación del recurso.

Esta inquietud está basada principalmente en los efectos que puede provocar en el ambiente el vertido de estas aguas, especialmente la potencial contaminación que se le puede originar al cuerpo receptor. Es por esto que dentro del Es.I.A. se dedica un apartado especial donde se presentan y discuten los métodos de tratamiento que es posible realizarle al recurso de manera que la disposición final sea conforme con el ecosistema local.

Básicamente consiste en reinyectar a la misma formación geológica o a acuíferos superiores de similar conformación hidroquímica los excedentes que derivan del uso del agua termal. Requiere de un conocimiento muy preciso de la hidrogeología tanto local como regional ya que se trata de buscar niveles con buena porosidad y sello litostático importante.- Figura 38



Fig. 38. Pozo de reinyección

### Evaporación

Se trata de proceder a realizar la transferencia de agua líquida alojada en un "cuerpo receptor" - lago, laguna, pileta, etc.- hacia la atmósfera.

Demanda conocer

- Radiación total, solar y terrestre.
- Temperatura del aire y de la superficie evaporante.
- Velocidad del viento al nivel de esta superficie y presión atmosférica
- Naturaleza de la superficie.
- Cantidad de agua contenida en la superficie evaporante.

El método resulta eficaz en regiones de climas secos y días con heliofanía prolongada pero tiene la contrapartida de tener que gestionar el residuo salino sobrante. Figura 39.



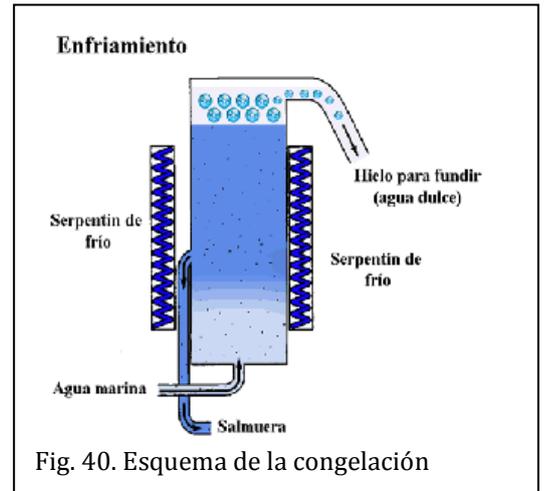
Fig. 39. Pileta de evaporación

### Destilación

Es un proceso que se realiza en varias etapas, en cada una de las cuales una parte del agua salada se evapora y se condensa en agua dulce. La presión y la temperatura van descendiendo en cada etapa lográndose una mayor concentración de la salmuera resultante. Al igual que el caso anterior hay que considerar la disposición del residuo salino.

### Congelación

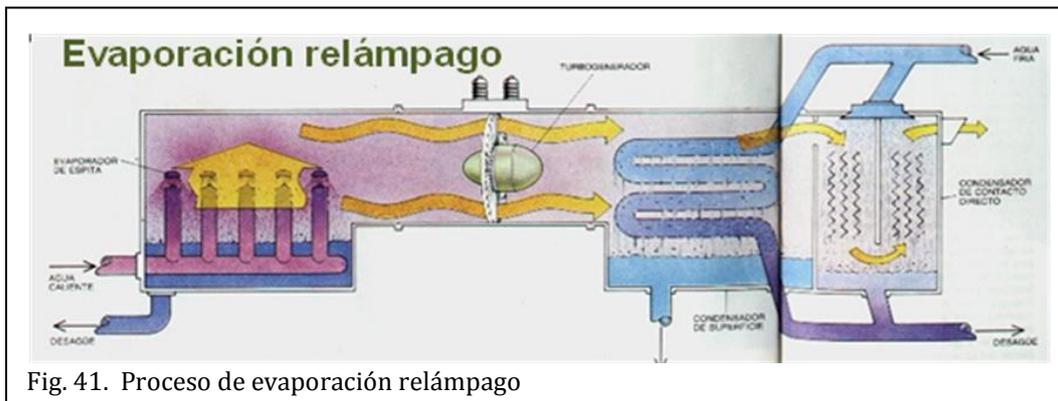
Mediante este proceso se pulveriza el agua en una cámara refrigerada y a baja presión, con lo que se forman unos cristales de hielo sobre la salmuera. Estos cristales son separados mediante el empleo de agua dulce la cual aumenta el volumen por el derretimiento. Figura 40.



### Evaporación relámpago

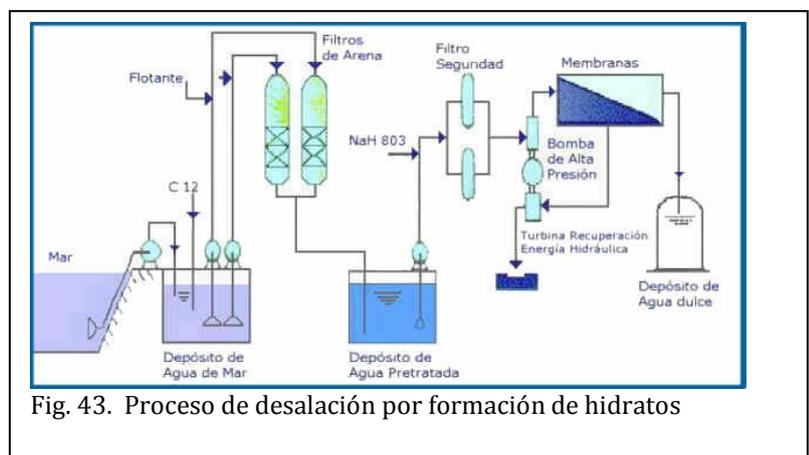
En el proceso de desalinización por evaporación relámpago, el agua es introducida en forma de gotas finas en una cámara a presión baja, por debajo de la presión de saturación. Parte de estas gotas se convierten inmediatamente en vapor, que se condensa, obteniendo agua desalada.

El agua residual se introduce en otra cámara a presiones más bajas que la primera y mediante el mismo proceso de calentamiento, pulverización y evaporación relámpago se obtiene más agua desalada. El proceso se repite hasta alcanzar las concentraciones salinas deseadas. Figura 41.



### Formación de hidratos

En la desalación por formación de hidratos, no utilizada a gran escala, el agua se pone en contacto con sales anhidras muy higroscópicas que incorporan una importante proporción de agua de cristalización. Estas sales hidratadas se retiran, se lavan y se deshidratan de nuevo por acción del calor, obteniéndose agua de gran pureza y las sales anhidras que se pueden reutilizar. Figura 43.



## Decantación

Los volúmenes de agua pero sobre todo la diversidad aniónica de las aguas termales constituyen los principales condicionantes pues implica la construcción de numerosas piletas (se debe tener en cuenta que las mismas no sean muy profundas) a lo que habrá que sumarle las condiciones climáticas de la zona.

El empleo de acelerantes es casi imposible por la mineralización que posee este tipo de recurso y debido a que no todos estos productos actúan de la misma manera bajo las mismas condiciones y en todos los elementos que se encuentran en el fluido. Figura 43.

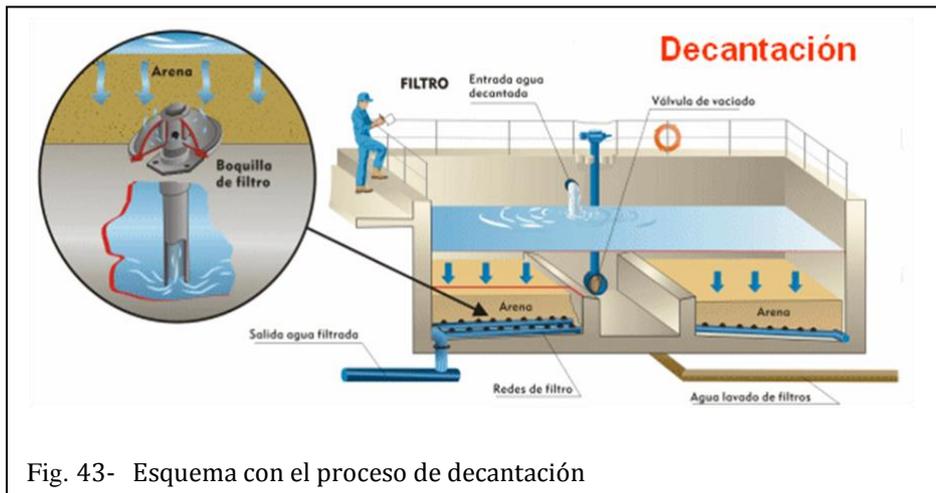


Fig. 43- Esquema con el proceso de decantación

## Osmosis

Cuando dos soluciones con diferente concentración son separadas por una membrana semipermeable (permite el paso de agua pero no de sales), existe un flujo natural de agua de la parte menos concentrada a la parte más concentrada para igualar las concentraciones finales.

Este proceso puede invertirse aplicando una presión externa mayor a la presión osmótica haciendo circular el agua de la solución más concentrada a la menos concentrada, resultado de un lado las sales y del otro lado el agua purificada con bajo contenido salino.

La ósmosis inversa exige que los niveles de sólidos en suspensión y materia viva ) sean lo más pequeños posibles para evitar un rápido ensuciamiento de la membrana. Figura 44.

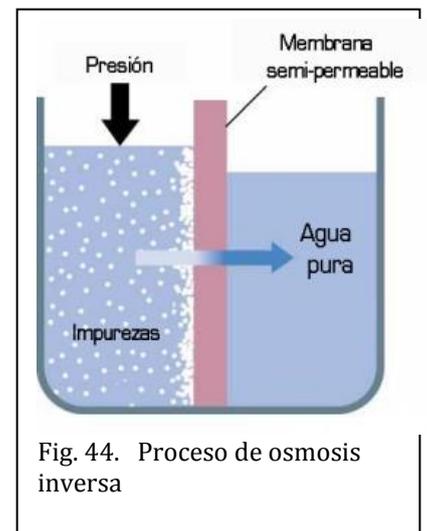


Fig. 44. Proceso de osmosis inversa

Otros métodos menos conocidos y sumamente costosos actualmente para la gestión del recurso termal<sup>5</sup> son:

- Destilación multi-stage flash (MSF),
- Destilación multiefecto (MED)
- Compresión de vapor (VC).
- Procesos de membrana
  - Electrodiálisis reversa (EDR) y la combinación de esta con la osmosis inversa (RO).
  - Nanofiltración (NF)
  - Destilación por membranas (MD)
- Resinas de intercambio iónico
- Desalinización solar
  - Humidificación –Deshumidificación Solar (HDH)
- Cristalización mediante metano hidratado
- Reciclado de agua de alta calidad por efecto invernadero

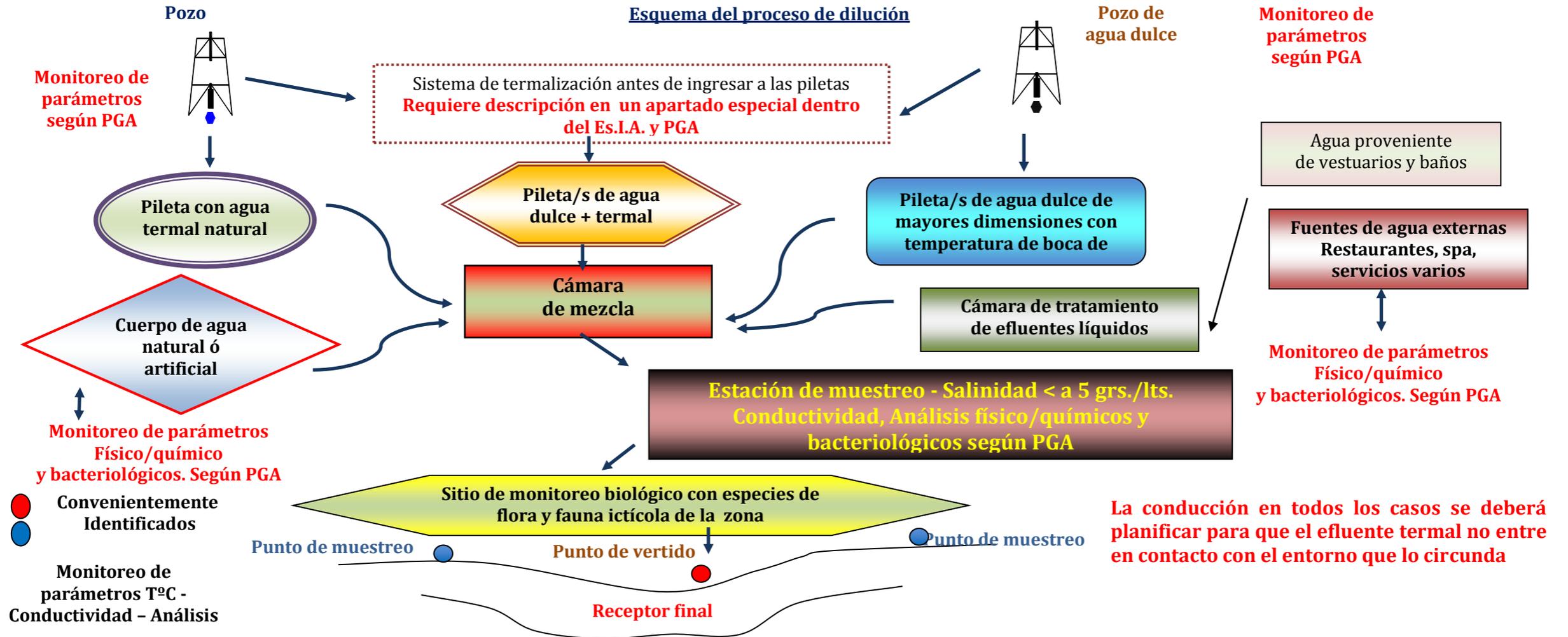
### **Dilución**

Es uno de los métodos de mas fácil aplicación y control que se adecua a las posibilidades técnicas y económicas de cada emprendimiento.

En el siguiente diagrama se representa una aplicación del método nombrado

---

<sup>5</sup> Por los volúmenes que son manejados



---

## CONCLUSIONES

---

En los siguientes acápitales se detallan en primer término las conclusiones obtenidas de manera general para luego describir en particular aquellas alcanzadas desde el punto de vista geológico, hidrogeológico e hidroquímico; objeto principal de esta investigación y como fuese mencionado a lo largo del trabajo .

Asimismo se ha considerado conveniente realizar recomendaciones que orienten, no solo a un manejo adecuado del recurso protegiendo su disponibilidad, sino que también se respete la vulnerabilidad del entorno natural que rodea a cada centro termal.

Como corolario se plantean una serie de propuestas tendientes a propiciar la diversificación de las aguas termominerales provinciales, garantizando la sustentabilidad del recurso no solo en los aspectos medioambientales, sino también en el aspecto económico.

### General

Se cumple con el objetivo propuesto, ya que no solo se compila y analiza un cúmulo de información geológica, hidrogeológica e hidroquímica, que permiten la validación del modelo existente, sino que también producto de una información más detallada y actualizada se incorporan nuevos conceptos para la redefinición del mismo, permitiendo a los futuros proyectos que se pretendan realizar dentro del ámbito provincial anticipar yacencia y naturaleza del recurso.

### Específicos

#### Desde lo geológico

A través de nuevos puntos de control se definió con mayor precisión el techo de la Formaciones Geológicas que conforman el subsuelo profundo de la provincia de Entre Ríos

#### Desde lo hidroquímico

Se corroboró el modelo conceptual de funcionamiento del sistema hidroquímico provincial, basado no solo en la mineralización, sino también en la yacencia del recurso.

Se determinó con precisión a través de la aplicación de nuevas técnicas, la composición físico química de las aguas termominerales de cada uno de los sectores estudiados.

#### Desde lo ambiental

Se elaboró un Modelo de Gestión Integral de la explotación del efluente termal y de las actividades asociadas, garantizando un uso sustentable del recurso; basado en prolongar la permanencia del recurso dentro del conjunto de piletas pues de esta manera se produce un menor impacto sobre el sistema receptor.

Se determinó una línea de base en la definición de la frecuencia y sitios de muestreos, aguas arriba y abajo de los cuerpos receptores señalando además la necesidad de realizar relevamientos que abarquen todos los factores vinculados a la explotación del recurso, suelo, aguas superficiales y subterráneas, flora y fauna.

Se elaboran nuevas propuestas para diversificar el uso del recurso hidrogeotérmico.

- Se definen criterios de manejo del efluente y se han identificado acciones a incorporar en la política de gestión existente.
- Se aportan elementos de juicio para la planificación integral de futuros trabajos exploratorios atendiendo a preservar la biodiversidad mediante la protección de los ecosistemas.

- Se ha generado un inventario actualizado de los recursos termales disponibles, y mapeo integral del territorio provincial respecto del mismo.
- Se ha aportado información adicional generada en el marco de esta tesis al conocimiento del efluente termal para su mejor aprovechamiento.
- Se concluye que, si bien el tratamiento actual del efluente, la dilución, es el más conveniente, la concentración excesiva de ciertos elementos químicos implica afectar grandes volúmenes de agua dulce, para realizar el proceso, lo que perjudica la disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos más someros actualmente utilizados para usos alternativos como consumo humano, riego y abrevado de animales.

***Por último y atendiendo, que la problemática radica no solo en la cantidad, la calidad físico-química del efluente y su disponibilidad, sino también en su tratamiento; se concluye que es una actividad sostenible tanto del punto de vista medioambiental como de la explotación del recurso.***

## Recomendaciones

En concordancia con la discusión de los resultados, y ateniéndose a lo establecido en los documentos legales vigentes, el grupo de trabajo entiende que es necesario recomendar ***que el estado provincial procure el uso racional y sustentable de los recursos termales***

Luego la propuesta se puede extender a:

- Organización de charlas, conferencias, congresos que toque la temática de las aguas termales, el cuidado del ambiente para que se realice una explotación verdaderamente sustentable del recurso desde los ámbitos académicos y autoridades competentes.
- Realización de propuestas viables económicamente a través de los estudios de mercados sobre la diversificación del uso del agua termal; observar aspectos de aplicaciones terapéuticos y turismo salud; promoviendo en forma conjunta entre el sector público y el sector privado inversiones consignadas a mejorar el rendimiento y el desarrollo de la actividad termal.
- Continuar con estudios e investigaciones científicas que permitan ampliar el conocimiento de un recurso que hoy se ha convertido en una importante fuente de ingresos para el turismo provincial.
- Elaboración de un GIS TERMAL
- Estudio de los puntos de vertido y cuencas receptoras.
- Establecer en la legislación específica, los parámetros físico-químicos de volcado del efluente hidrotermal

## Divulgación del trabajo

Para dar cumplimiento a lo especificado como la última de las actividades proyectadas en el proceso de investigación y gracias a la gestión realizada desde el ERRTER el trabajo será impreso por la imprenta oficial de la provincia de Entre Ríos y desde la Licenciatura de Gestión Ambiental de la Facultad de Ciencia y Tecnología que tiene su sede en la ciudad de Gualeguaychú y desde la autoridad de aplicación más arriba mencionada se realizará la difusión del trabajo.

Se sugiere además que sea la UADER a través de su editorial que instrumente los mecanismos que considere conveniente le dé una mayor difusión al tema estudiado.

## BIBLIOGRAFIA

- Aceñolaza, F. (1976)** Consideraciones bioestratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores. Asociación Geológica Argentina Revista 31: 61- 62, Buenos Aires.
- Acmelab.com/services/method-descriptions/water/** en [www.acmelab.com](http://www.acmelab.com) (Consulta 12 de Diciembre de 2010).
- American Public Health Association. APHA, (1992)** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18 Edition. Washington. pp. 2-26 - 2-27.
- Antonio Castro Dorado (1959)** Petrografía básica, Textura, clasificación y nomenclatura de rocas Editorial Paraninfo Madrid pp 81 a 85.
- Araujo, L., Francia, A. y Potter, P. 1995.** Acuífero Gigante del MERCOSUR en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Mapas hidrogeológicos de las formaciones Botucatu, Piramboia, Rosario do Sul, Buena Vista, Misiones y Tacuarembó. UFPR y Petrogras. 16 pp. Curitiba.
- Auge, M, Hernández M y Hernández L., (2002).** Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelche en la provincia de Buenos Aires, UNESCO (II), 1019-1043. Buenos Aires Argentina. En: Groundwater and Human Development, pp. 624-633.
- Auge, M. (2004)** Regiones hidrogeológicas de la República Argentina.
- Benítez, J. 1996** Informe final Pozo Colón-1 (E. R.). Municipalidad de Colón (E.R.) Inédito.
- Benítez, J. 1997** Informe final Pozo Villa Elisa-1 (E.R.). Termas Villa Elisa 1 (E.R.) Inédito.
- Benítez, J., Mársico, D. (1999)** Informe Final Pozo Gualeguaychú - 1. Termas del Guaychú S. A. Gualeguaychú (E.R.). Inédito.
- Benítez, J.; Mársico, D. (2000)** Contribución al conocimiento del Subsuelo de Entre Ríos El pozo Gualeguaychú - 1. XV Congreso de Geología El Calafate, Santa Cruz, Argentina.
- Bravard, A. (1858)** Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná.- Imprenta del Registro Oficial. 107 pp. Paraná. (Reimpreso por la Imprenta del Congreso de la Nación, 1995). Buenos Aires.
- Cabrera, A. (1976).** Regiones fitogeográficas Argentinas. En: Kugler, W. F. (ed.): Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2º ed. Tomo II. Fasc. I. Acme, Bs. As.
- Castellanos, A. (1965)** Estudio fisiográfico de la Provincia de Corrientes. Universidad Nacional del Litoral, Instituto de Fisiografía y Geología Publicación 49: 1-222, Rosario.
- Chebli, G., Tófaló, O. y G. Turazzini, G. (1989).** Mesopotamia. En: Chebli, G. y L. Spalletti (Ed.) Cuencas Sedimentarias Argentinas. Universidad Nacional de Tucumán, Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica Nº 6: 79-100 pp, Tucumán.
- De Alba, E., (1953)** Geología del Alto Paraná en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. Asociación Geológica Argentina Revista 8 (3): pp. 129-16.1 Buenos Aires.
- De Alba, E. y Serra, N. (1959)** Aprovechamiento del Río Uruguay en la zona de Salto Grande. Informe sobre las condiciones y características geológicas. Dirección Nacional de Geología y Minería. Anales 11, Buenos Aires.

- De Santa Ana Alvarez, H.B. (2004)** Análise Tectono-estratigráfica das seqüências Permotriassica e Jurocretacea da bacia Chacoparanaense Uruguiaia (“Cuenca Norte”) Capítulo IV pág. 160. Estratigrafía Genética Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas Campus de Río Claro.
- Derby, O., (1879).** On the Diamond Region of the Province of Paraná. American Philosophical Society Proceedings, Washington.
- Díaz, E. (2012).** Análisis estadístico de los efluentes termales de la Provincia de Entre Ríos. Inédito.
- D’Orbigny, A. (1842)** Voyage dans l’Amerique Meridionale.- Volume 3 Paleontologie; Paris (Pitoislevrautet et Cie).
- Enric Vázquez-Suñé (2009)** En Hidrología Conceptos Básicos de Hidrología Subterránea FCIHS Barcelona 2009 capitulo 7 Hidroquímica página 426.
- ERRTER (2008).** Presentación de trabajo. XXº Congreso de Turismo en Entre Ríos. Junio 2008.
- Fernández Garracino, C y A. Vrba (2000).** La formación Paraná aspectos estratigráficos y estructurales de la región chacoparanaense. En Aceñolaza, F y Herbst, R (Ed). El Neógeno de Argentina. Facultad de Ciencias naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán, INSUGEO, Serie Correlación Geológica 14: pp. 139-145, Tucumán.
- Fernández, R. (2004)** La técnica de Plasma Masas (ICP-MS)  
[http://www.uam.es/personal\\_pas/txrf/icpms.html](http://www.uam.es/personal_pas/txrf/icpms.html). Consulta, Julio de 2012.
- Fili, M., Tujchneider, O., Perez, M. y Paris, M., (1994).** Investigaciones geohidrológicas en la provincia de Entre Ríos. En: Temas actuales de la Hidrología Subterránea. Bocanegra y Rapaccini (Ed.). Consejo Federal de Inversiones y Universidad Nacional de Mar del Plata: pp. 299-313, Mar del Plata.
- Fourous, A., (1904).** Reconocimiento geológico del Territorio de Misiones. Con mapa geológico. Ministerio de Agricultura Anales (Sección Geología, Mineralogía y Minería) 1(1), Buenos Aires.
- García, D., Crespo, G., Vásquez, F. (2003)** PRODINTA S.A. Factibilidad de Explotación del Recurso Termal. Complejo Villa Zorraquin, Concordia, Entre Ríos.
- GEOCONSULT (1996).** Proyecto y dirección perforación de pozo. Concordia, Entre Ríos.
- GEOCONSULT (2000).** Informe final pozo explotación La Paz 1. Entre Ríos. Inédito.
- Geología Regional Argentina (1979)** Segundo Simposio. Volumen I y II. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Ediciones LIBRART. Páginas 185 a 223.
- Geología Argentina (1999).** Secretaria de Minería de la Nación-SEGEMAR. Servicio Geológico Minero Argentino. Andrés Amaya Impresiones Capitulo 20.
- González, S. (1994)** Demostrativo de Obra – Partes de Perforación - Sondeo Federación 3 pp.
- Goso, C., Piñeiro, G., de Santa Ana, H. Rojas, A., Verde, M., Alves, C. (2001)** Caracterización estratigráfica de los depósitos continentales cuspidales neo pérmicos. Formaciones Yaguarí y Buena Vista en el borde oriental de la cuenca norte uruguaya.
- XI Congreso Latinoamericano de Geología y III Congreso Uruguayo de Geología. Montevideo, 12 al 16 Noviembre. Geología Regional y Estratigrafía UNESCO. Montevideo. ROU p. 15
- Groeber, P. (1938)** Mineralogía y Geología. Espasa Calpe Argentina 1- 492. Buenos Aires.
- Groeber, P., (1961)** Contribución al conocimiento geológico del Delta del Paraná y alrededores. Provincia de Buenos Aires, Comisión de Investigaciones Científicas Anales 2: pp. 9-54. La Plata.
- Halliburton (1998)** Análisis de perfil y ensayo. Pozo Entre Ríos - Gualeguaychú 1. 2 pp.

- Herbst, R. y Santa Cruz, J. (1985)** Mapa litoestratigráfico de la provincia de Corrientes. D'Orbignyana. 2. 1- 69. Corrientes.
- Huincan S.R.L. (1997)** Ensayo de formación pozo Termas Concepción del Uruguay S.A. Inédito 10 pp.
- Instituto Nacional de Prevención Sísmica** [http://www.inpres.gov.ar/Ing\\_Sismorres/](http://www.inpres.gov.ar/Ing_Sismorres/) Zonificación Sísmica. Consulta, Marzo de 2012.
- Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas (IUPA).** Universidad Jaume I de Castellón. Grupo de Investigación de Recursos Hídricos, en <http://www.agua.uji.es/>. Consulta, Mayo de 2012.
- Iriondo, M. (1987)** Geomorfología y Cuaternario de la provincia de Santa Fe (Argentina). D'Orbignyana 4: pp. 1- 54.
- Iriondo, M.H., (1991).** El Holoceno en el Litoral. Comunicaciones Museo Provincial de Ciencias Naturales "F. Ameghino" (Nueva Serie), 3 (1): pp. 1-40.
- LCV s.r.l. (2010)** Dellatorre, F., Rosales S., Schelotto M. YPF S.A. Sondeos Basavilbaso, Diamante, La Paz, Villaguay, Santa Rosa de Calchines y El Dorado. Recortes de perforación. Estudio litológico - 19 pp
- LCV s.r.l. (2011)** Sesé, M., Schelotto M. YPF S.A. - Sondeo Pozo Termal Concordia 2 - Recortes de Perforación Mesozoico Provincia de Entre Ríos Estudio Litológico 5 pp. Inédito.
- Lindal, B., (1973).** Industrial and other applications of geothermal energy. In: Armstead, H.C.H., ed., Geothermal Energy, UNESCO, Paris, pp.135—148.
- Mársico, D. Benítez J. (2001)** Pozo Termal Concepción del Uruguay.-1 ER. Inédito. 10 pp.
- Mársico, D. (2005).** Informe Geológico Técnico Perforación Basavilbaso 1- 15 pp. Inédito.
- Mársico, D. Benítez, J. (2006).** Ensayos a pozo abierto en el sondeo Gualeguaychú 1 Inédito.5 pp.
- Mársico, D. (2007).** "Aportes al conocimiento geohidrológico del borde oriental de la cuenca chacoparanaense en la provincia de Entre Ríos". V Congreso Argentino de Hidrogeología. y III Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea. Paraná - Entre Ríos. 10 pp.
- Mársico, D. (2007)** Informe final perforación Diamante 1 15 pp. Inédito.
- Mársico, D. (2008)** Denominación Técnica de los pozos termales en la provincia de Entre Ríos. ERRTER 3 p. Inédito.
- Mársico, D. (2009).** "Reseña geológica-técnica de la perforación Santa Rosa de Calchines -1. Provincia de Santa Fe. VI Congreso Argentino de Hidrogeología y IV Seminario Hispano-Latinoamericano. Sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea. Santa Rosa - La Pampa.
- Mársico, D. 2010** Estudio de la influencia que las explotaciones termales producen en la composición físico-química del Río Gualeguaychú" .IV Congreso sobre Uso y Manejo del Suelo (UMS 10). Coruña, 14 -16 de julio de 2010. 10 pp.
- Mársico, D. Díaz, E., Sosa, D. (2011).** Los sondeos eléctricos verticales y su aplicación en la prospección de aguas termominerales en la provincia de Entre Ríos. VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea. Salta. 10 pp.
- Mársico, D., Pulido Bosch, A., Vallejos A (2011)** La hidroquímica de los acuíferos profundos en la provincia de Entre Ríos VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea 10 pp.

- Mársico, D. (2012)** Regulación y preservación del recurso termal en la provincia de Entre Ríos (Argentina) - XI Congreso Latinoamericano de Hidrogeología y IV Congreso Colombiano de Hidrogeología Cartagena de Indias (Colombia) 10 pp.
- Mársico, D. (2013).** Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro-este de la cuenca Chacopampeana. Tesis Doctoral Universidad de la Coruña. España. 257 pp
- Metzler, C. (2010).** Informe Ambiental. Tratamiento y disposición del efluente termal Termas de Basavilbaso S.A. Ciudad Spa. Basavilbaso Argentina Inédito. 9 pp.
- Mingramm, A., (1965).** Abandono del pozo estratigráfico F. MB. 1 - Mariano Boedo (Formosa). YPF, Buenos Aires. Inédito.
- Ministerio de Economía de la Nación. (1969/70).** Resolución 59 (E) Energía, p: 3010/12. Buenos Aires.
- Montaño, J.; Da Rosa, E.; Hernández, M. (2005).** Características hidrogeológicas del Acuífero Transfronterizo Guaraní. 13 pp.
- Oleaga, A., Corbo, F. (2005)** Prospección geofísica mediante técnicas magneto telúricas -Perforación profunda de Basavilbaso (ER-RA).Proyecto: Investigación geofísica de la estructura geológica de la cuenca Chaco-Paranense, en un área centrada en las ciudades Salto (Uruguay) y Concordia (Argentina).Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay. Unidad Académica Concordia, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Orellana, E (1984).** Prospección Eléctrica por corriente continua. Editorial Paraninfo, Madrid. 523.
- Padula y Mingramm (1968)** Estratigrafía, distribución y cuadro geotectónico-sedimentario del "Triásico" en el subsuelo de la llanura Chaco-Paranense. 3as. Jornadas Geológicas Argentinas Actas 1: pp. 291-331, Buenos Aires.
- Ponti y Asociados (2008).** Perfilaje final perforación Concordia 3. Inédito.
- P&T Consultora SRL (2007).** Caracterización geológica del Sistema Acuífero Guaraní – Transectas Geológicas de Argentina- Tomo 1 Volumen 2 carpeta 6.
- Reig, O., (1956).** Sobre la posición sistemática de "Zygolestes paranensis" Amegh. y de "Zygolestes entrerrianus" Amegh. Centro de Estudiantes del Doctorado en Ciencias Naturales de Buenos Aires. Revista Holmbergia 5 (12-13) pp. 209-226, Buenos Aires.
- 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.
- Rimoldi, H. (1963).** Aprovechamiento del Río Uruguay en la zona de Salto Grande. Estudio geológico-geotectónico para la presa de compensación proyectada en el Paso Hervidero (provincia de Entre Ríos). 1as. Jornadas Geológicas Argentina, Actas 2: pp. 287-310, Buenos Aires.
- Robles, D (2000).** Apuntes personales sobre "Historia de la evolución de las siglas de pozos en las distintas cuencas de Argentina, desde los primeros cateos hasta la actualidad". Buenos Aires. Inédito.
- Robles, D., (2002 a)** Las siglas de los pozos petroleros. Su reglamentación y uso correcto, en XV Congreso Geológico Argentino, El Calafate, actas: tomo III, pp. 3-11.
- Sala, J. y Auge M (1970)** "Algunas características geohidrológicas del noreste de la Provincia de Buenos Aires". Cuartas Jornadas Geológicas Argentinas. 2: 321-336.

- Sánchez, J. R.; Cao, A. M. M.; González, J. C. (2002).** El turismo, la salud y la industria especializada a partir de los recursos termales de la provincia de Entre Ríos. Informe Final. Expediente CFI 4896 III Etapa. Entre Ríos.
- Sanguinetti, J., Leynaud, G. y Culó E. (2008).** Informe factibilidad de Explotación Parque Acuático Termal. Victoria del agua S.A. Inédito.
- Santa Cruz, J.N. (2009).** Revista CIENCIA HOY Volumen 19 número 12 Ubicación del área del SAG en los cuatro países y extensiones (Fuente LEBAC-PSAG Sistema Acuífero Guaraní El conocimiento hidrogeológico para su uso sostenible Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.
- SEGEMAR Servicio Geológico Minero Argentino - IGRM Instituto de Geología y Recursos Minerales. Departamento de Geotermia (2000)** Control y supervisión de perforación geotérmica. Chajarí, Entre Ríos 19 pp. Inédito.
- SEGEMAR Servicio Geológico Minero Argentino - IGRM Instituto de Geología y Recursos Minerales. Departamento de Geotermia (2001)** Informe perforación María Grande. Inédito.
- SEGEMAR. Servicio Geológico Minero de la Republica Argentina. IRN. Entre Ríos. (2011).** Consulta en [www.segemar.gov.ar](http://www.segemar.gov.ar).
- Silva Busso, A (1999).** Contribución al Conocimiento de la Geología e Hidrogeología del Sistema Acuífero Termal de la Cuenca Chacoparanense Oriental Argentina- Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Sistema de Información Geográfica de los Recursos Hídricos de Entre Ríos SIGHER (2003)** Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos.
- Stockli, F. (2003).** Informe Final y Control Geológico Perforación Villaguay 1.
- Tófalo, O (1988).** Análisis petrográfico Perforación Gualaguaychú 2. Inédito 3 pp.
- YPF (1971)** Exanimación de muestras (cuttings) de pozos. Editado por el departamento de Investigación y desarrollo. Florencio Varela Buenos Aires. 37 pp.
- Yrigoyen, M., (1975).** Geología del Subsuelo y Plataforma Continental. 6º Congreso Geológico Argentino, Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires: pp.139-168, Buenos Aires.
- Vademécum de Aguas Termales de Entre Ríos - VATER, (2008)** ERRTER - UNER- CAFESG- ARN-AECID. Publicación de la Universidad Nacional de Entre Ríos, Facultad Nacional de Ciencias de la Salud, Especialización en Termalismo y del Ente Regulador de los Recursos Termales de Entre Ríos (ERRTER).104 pp.
- Walther, K., (1911)** Uber Permotriassische Sandsteine und Eruptivdecken ausdem Norden der Republik Uruguay. Neues Jahrbuch Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilage Band 31: pp. 575-609, Stuttgart

## **AGRADECIMIENTOS**

El equipo de trabajo agradece de manera especial al directorio del ERRTER por haber permitido el acceso a la base de datos y uso de la misma 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; a los técnicos de IBRO por su valiosa colaboración, al personal de la UNER que trabajó de manera desinteresada en el procesamiento de las muestras recolectadas en el campo y al laboratorio de la Unidad de Gestión de Concepción del Uruguay quien realizó los análisis de manera tradicional para de esta manera tener la certeza de las determinaciones realizadas.

Por último vaya nuestro agradecimiento al Licenciado Fausto Fulini por la edición del material para su impresión.