



DEPARTAMENTO
DE GEOTERMIA



INSTITUTO DE
GEOLOGIA Y
RECURSOS
MINERALES

SEGEMAR
SERVICIO GEOLOGICO
MINERO ARGENTINO

ESTA OBRA NO SALE
EN PRESTAMO

*Termas de Villa Elisa.
Contaminación termal
y su influencia sobre la
red hidrográfica. (Pro-
vincia de Entre Ríos)*

Análisis y consideraciones.

Efluentes pozo termal VE -1



ESTA OBRA NO SALE
EN PRESTAMO



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

SÍNTESIS

CONSIDERACIONES AMBIENTALES DE LA GEOTERMIA

ÁREA DE ESTUDIO

I DIMENSIÓN DEL PROBLEMA

1. Evaluación del impacto sobre el sistema Cañadón del Zorro-San Pascual-Río Gualeguaychú.

- Objetivos del estudio (parte I)
- Condiciones del estudio
- Muestreo y metodología
- Determinaciones en campaña
- Determinaciones en laboratorio
- Puntos de muestreo
- Caracterización de las aguas del sistema Cañadón del Zorro- Arroyo San Pascual-Río Gualeguaychú.
- Formas disueltas
- Efectos del pozo termal Villa Elisa sobre el sistema en estudio
- Influencia de la temperatura (contaminación térmica)
- Variaciones en la composición química de las aguas del sistema
- Influencia sobre el río Gualeguaychú
- Contaminación química
- Síntesis de los factores de impacto ambiental

II DESARROLLO DE POSIBLES SOLUCIONES EN CONDICIONES DE SURGENCIA NATURAL (12 m³/h)

- Introducción
- Diferentes Metodologías de evacuación de fluidos termales
- Tratamiento de efluentes
- Conclusiones (III parte)

III - DESARROLLO DE POSIBLES SOLUCIONES CON CAUDALES MÍNIMOS

- Pérdidas de calor
- Estimación de caudales necesarios

IV NUEVO ENFOQUE DE LA APLICACIÓN ECONÓMICA: "CENTRO TERAPÉUTICO DE BAÑOTERAPIA",

- Turismo de Salud
- Principales características de las aguas termales y su utilización en balneoterapia
- Consideraciones generales sobre las propiedades de las aguas termales de Villa Elisa - Aguas Cloruradas
- Efectos de las aguas cloruradas sobre el organismo

CONCLUSIONES FINALES

INTRODUCCIÓN

El presente informe resume los resultados obtenidos a partir de los trabajos realizados en la localidad de Villa Elisa, Provincia de Entre Ríos en relación con el impacto ambiental producido por el pozo termal Villa Elisa sobre el drenaje natural del área.

Las etapas del estudio comprendieron tareas de campo con el objeto de evaluar *in situ* la situación, efectuar un minucioso muestreo para reunir información de base, el procesamiento del material y trabajos de gabinete en los cuales se interpretaron los datos y se buscaron posibles soluciones.

SÍNTESIS

El sistema objeto de estudio comprendió el pozo termal de Villa Elisa, el curso del Cañadón del Zorro y el arroyo San Pascual hasta su desembocadura en el Río Gualeguaychú (fig. n° 2).

Para una mejor comprensión y ordenamiento de este trabajo se optó por dividir el mismo en cuatro partes. La primera aborda la caracterización del sistema en estudio y las modificaciones sufridas por el mismo en respuesta al ingreso de los efluentes termales. Las tres restantes comprenden el análisis de posibles soluciones. Se analizan diferentes metodologías utilizadas en la disposición de efluentes termales y tratamiento de los mismos respetando los caudales y temperatura del surgente. Luego se desarrollan posibles soluciones en base a la máxima reducción posible de los caudales a emplear. Y por último, (cuarta parte) se desarrolla una solución alternativa en función a un cambio de criterio en la aplicación económica. Es decir no manejar el proyecto con objetivo de un "Complejo Turístico Termal" sino como un "Centro Terapéutico de Bañoterapia", para lo cual se analizan las características mineromedicinales de las aguas de Villa Elisa y su posible gama de aplicaciones en la terapéutica termal.

CONSIDERACIONES AMBIENTALES DE LA GEOTERMIA

El aprovechamiento del recurso termal almacenado a diferentes profundidades en el interior de la Tierra, requiere de su extracción a niveles superficiales en forma adecuada. Esto se realiza a través de perforaciones que pueden producir, según la temperatura y el tipo de sistema explotado, vapor, agua caliente o generalmente una mezcla de ambos. Los fluidos termales suelen estar acompañados de sales, de tal manera que en el proceso de utilización, es necesario considerar no solo las reservas disponibles sino también las perturbaciones ambientales que eventualmente pueda ocasionar su explotación.

En relación con proyectos de aprovechamiento de recursos termales al menos dos efectos negativos en el medio ambiente pueden ser considerados como los de mayor impacto. En primer lugar la contaminación química, la cual puede llegar a ser particularmente importante cuando se encuentran involucrados grandes volúmenes de agua residual con importante contenido salino. El segundo de los problemas lo constituye la denominada contaminación termal, consecuencia del vertido de aguas residuales a temperaturas superiores a la de los ecosistemas preexistentes.

Por tal motivo el impacto ambiental que pueden producir tales emprendimientos debe ser tenido en cuenta cuidadosamente, y los remedios a las posibles situaciones que se planteen deben ser halladas en los primeras etapas de los mismos. Para esto se deben analizar diferentes alternativas y tener en cuenta la funcionalidad de las mismas de acuerdo a las condiciones existentes en cada lugar.

ÁREA DE ESTUDIO

La localidad de Villa Elisa (32° 10' de latitud sur, 58° 24' longitud oeste), provincia de Entre Ríos, dista 360 km de la Capital Federal (fig. n° 1). El acceso desde esta última se realiza a través de la ruta panamericana, complejo zarate brazo largo y rutas nacionales 12 hasta Ceibas y 14 y 26 hasta Villa Elisa. La comunicación con diferentes provincias y países vecinos se realiza a través de importantes y numerosos corredores viales y ferroviarios que conforman la red de la provincia.

Villa Elisa es un municipio de primera categoría cuya superficie ronda los 80 km². La población estable supera los 6000 habitantes. Las industrias más sobresalientes de la zona corresponden a el cultivo de arroz, avicultura, tambo, apicultura y ganadería.

La provincia de Entre Ríos, corresponde a la zona de clima templado húmedo y mantiene un posición de privilegio con respecto a la distancia al mar. Entre Ríos integra el grupo de provincias directamente favorecidas por la acción reguladora del mismo. Este beneficio se refleja en la humedad, la temperatura y los vientos cálidos y húmedos del Atlántico y del Río de la Plata. Estos últimos penetran libremente en el área provincial, facilitados por la altimetría del relieve, completamente llano. Además, actúan vientos locales, como el pampero, la sudestada y el viento norte.

La temperatura durante los veranos oscila entre 26°C al norte y 25°C al sur (con promedio mensual de 20°C), y poseen una duración de cinco meses, desde noviembre a marzo. Los inviernos con temperaturas medias de 10° a 13°C, se prolongan por un máximo de cuatro meses, desde mayo a agosto. Los inviernos más al sur son algo más fríos que los del norte.

Situada en la región húmeda del país, Entre Ríos cuenta con precipitaciones abundantes con una media anual superior a los 900 mm. Estas disminuyen desde 1200 mm al noreste hasta 1000 mm al sudoeste. Los promedios diarios de humedad relativa de noviembre a febrero alcanzan al 60% y 70%, mientras que en junio y julio adquieren valores superiores al 80%.



Fig. n° 1 - Mapa de ubicación del área de estudio

I DIMENSIÓN DEL PROBLEMA

1. Evaluación del impacto sobre el sistema Cañadón del Zorro-San Pascual-Río Gualeguaychú.

El objetivo de la primera etapa del estudio apunta a caracterizar el problema, es decir: determinar el grado de influencia de los efluentes termales -provenientes del pozo termal Villa Elisa-, sobre el sistema de drenaje natural del área. Este último, constituido por el curso Cañadón del Zorro, el Arroyo San Pascual y el Río Gualeguaychú, es el que se halla afectado en forma directa.

Para el desarrollo de esta tarea se realizaron trabajos de campo que, principalmente, estuvieron orientados a la obtención de muestras de aguas y medición de parámetros (pH, temperatura) en diferentes puntos a lo largo del sistema.

1.1. Condiciones del estudio

Las tareas de campo fueron realizadas hacia fines del mes de junio de 1997 por personal del Departamento de Geotermia dependiente del Instituto de Geología y Recursos Mineros - SEGEMAR con la colaboración de personal de la Municipalidad de Villa Elisa.

A continuación se describen las condiciones bajo las cuales se realizaron dichas tareas. Cualquier variación en las mismas puede condicionar los resultados obtenidos en el presente informe.

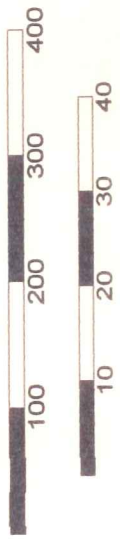
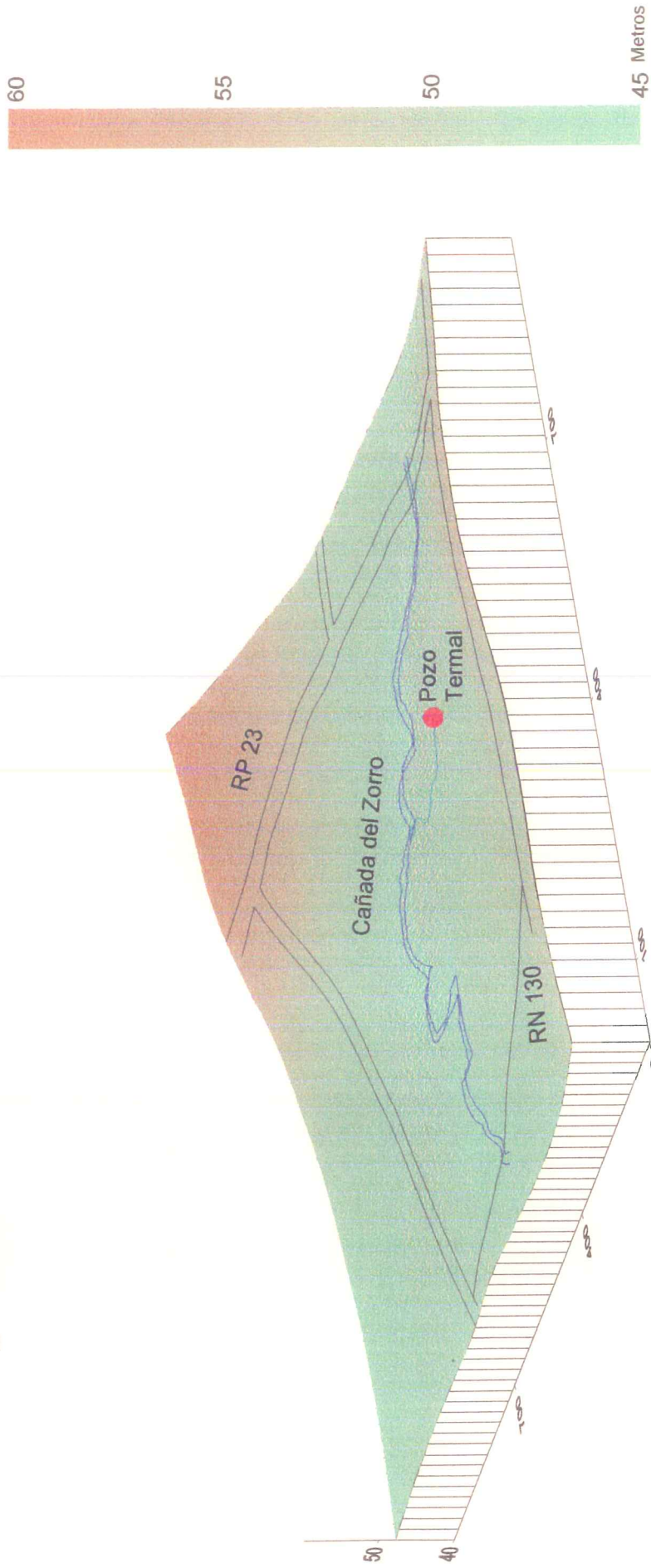
- Pozo termal Villa Elisa: surgencia natural (sin bombeo) con un caudal medido in situ de $12 \text{ m}^3/\text{h}$; temperatura a boca de pozo: 40.2°C .

- Cañadón del Zorro: constituye un curso transitorio de escorrentía superficial, que al momento del estudio se hallaba recorrido por una corriente de agua (caudal estimado $13 \text{ m}^3/\text{h}$), originada por lluvias caídas en los días previos.

- Arroyo San Pascual: Se presenta como el colector principal del sistema de drenaje superficial del área en cuestión. No recibía aporte perceptible de tributarios menores, salvo los provenientes de la confluencia con el Cañadón del Zorro. La desembocadura del arroyo hacia el río Gualeguaychú era a través de su cauce natural.

POZO TERMAL DE VILLA ELISA

Provincia de Entre Rios
Argentina



Escala en metros
Horizontal - Vertical



Departamento de Geoterminia
DGRM - IGRM - SEGEMAR
Fig. n° 2 bis
Detalle del área

Muestreo y metodología

La elección de los sitios de muestreo se realizó en base a puntos previamente seleccionados por personal de la Municipalidad de Villa Elisa. Dicha acción permitió y permitirá utilizar los datos obtenidos como puntos fijos de control y monitoreo tanto para las condiciones en las que se realizó este estudio como así también para futuros ensayos. Sobre los puntos previamente determinados se incorporaron muestras correspondientes al Río Gualeguaychú (aguas arriba y abajo de la desembocadura del arroyo San Pascual) y un pozo-molino somero (26m de profundidad) lindero al predio del pozo termal. El total de muestras colectadas en el área ascendió a 13 según la siguiente distribución:

Pozo termal de Villa Elisa	1
Cañadón del zorro	4
Arroyo San Pascual	5
Río Gualeguaychú	2
Molino lindero (pozo 26 m)	1

También se tomaron muestras para la realización de estudios bacteriológicos en el pozo termal, en las aguas que escurren por el Cañadón del Zorro, el arroyo San Pascual (ambos puntos sin participación de los efluentes termales) y la napa somera captada a 26 m de profundidad.

Determinaciones en campaña

Simultáneamente a la toma de muestras se procedió a la medición, in situ, de parámetros susceptibles a alteraciones durante las etapas de transporte y almacenamiento, como ser la temperatura, pH, especies carbonatadas y caudal, estas dos últimas en las oportunidades en que fue posible.

La ubicación de las muestras en el campo se realizó mediante el uso de un posicionador satelital (GPS) y mapas escala 1:125000 que fueron proporcionados por la Municipalidad de Villa Elisa.

Las determinaciones en el campo se realizaron con el siguiente instrumental:

- Temperatura (Termómetro digital Testo Term mod: 920)
- pH (Peachímetro portátil ORION mod 230A)
- Alcalinidad (Titilación volumétrica)
- Posicionamiento (GPS Garmin 48)

Determinaciones en laboratorio

La realización de los análisis químicos e isotópicos de las muestras extraídas fueron encargados a los laboratorios del Instituto Nacional de Aguas Subterráneas (INAS-SEGEMAR) y el Instituto de Geología Isotópica (INGEIS) respectivamente. Las muestras fueron recolectadas en envases plásticos (PVC) de volúmenes de 1000 y 500 ml según requerimientos de los laboratorios responsables de tal tarea. La distribución de las fracciones utilizadas y su objeto se detallan a continuación:

Envases de 1000 ml, 2 fracciones (un total de 2000 ml) para:

- 1000 ml (sin conservante) para determinación de CO_3 , HCO_3 , SO_4 , Cl, B, SiO_2 , F, As, Ca, Mg, acidez, alcalinidad, dureza total, SDT, residuo total y conductividad.
- 1000 ml (acidulada con HNO_3) para determinación de metales disueltos en general.

Envases de 500 ml, 2 fracciones (un total de 1000 ml)

- 500 ml (sin conservante) para análisis isotópico, ^{18}O , D y Tritio.

Los análisis bacteriológicos fueron realizados por el laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Para los mismos se utilizaron envases plásticos esterilizados de 250 cm³, los cuales posteriormente a su colección fueron conservados en frío hasta el momento del análisis.

Puntos de muestreo

Como se mencionara anteriormente los puntos de muestreo fueron acordados con el personal de la Municipalidad de Villa Elisa. A continuación se presenta un detalle de cada uno de los mismos junto con los datos de ubicación obtenidos en el campo (GPS) (fig.n° 3).

Muestra VE-1:

Pozo termal Villa Elisa ($32^{\circ} 7' 40''$ de latitud sur, $58^{\circ} 27' 18''$ de longitud oeste). La temperatura registrada en el mismo fue de $40,2^{\circ}\text{C}$ y un caudal, en el momento del estudio, de $12\text{ m}^3/\text{hora}$.

Muestra VE-2:

Cañadón del Zorro ($32^{\circ} 07'35''$ latitud sur y $58^{\circ} 26' 11,4''$ longitud oeste). La muestra fue extraída aproximadamente 100 m aguas arriba de la desembocadura de los efluentes provenientes del pozo termal Villa Elisa.

Muestra VE-3:

Confluencia Cañadón del Zorro - Efluentes termales ($32^{\circ} 07' 33,4''$ latitud sur, $58^{\circ}26'12,7''$ longitud oeste).

Muestra VE-4:

Cañadón del Zorro ($32^{\circ}07'34''$ latitud sur, $58^{\circ}26'12,1''$ longitud oeste). El punto VE-4 se localiza aproximadamente 100 m aguas abajo de la confluencia de las aguas termales y el Cañadón del Zorro (punto VE-3).

Muestra VE-5:

Arroyo San Pascual ($32^{\circ}07'14,3''$ latitud sur, $58^{\circ}27'1,4''$ longitud oeste). Aguas arriba de la confluencia con la aguas provenientes del Cañadón del zorro (confluencia SP-CZ).

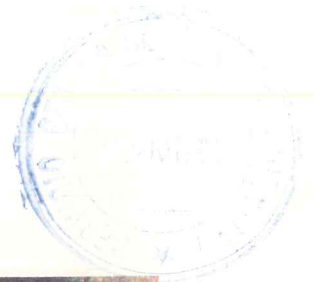
Muestra VE-6:

Desembocadura de las aguas provenientes del Cañadón del Zorro en el arroyo San Pascual ($32^{\circ}07'11,5''$ latitud sur, $58^{\circ} 26'13''$ longitud oeste).

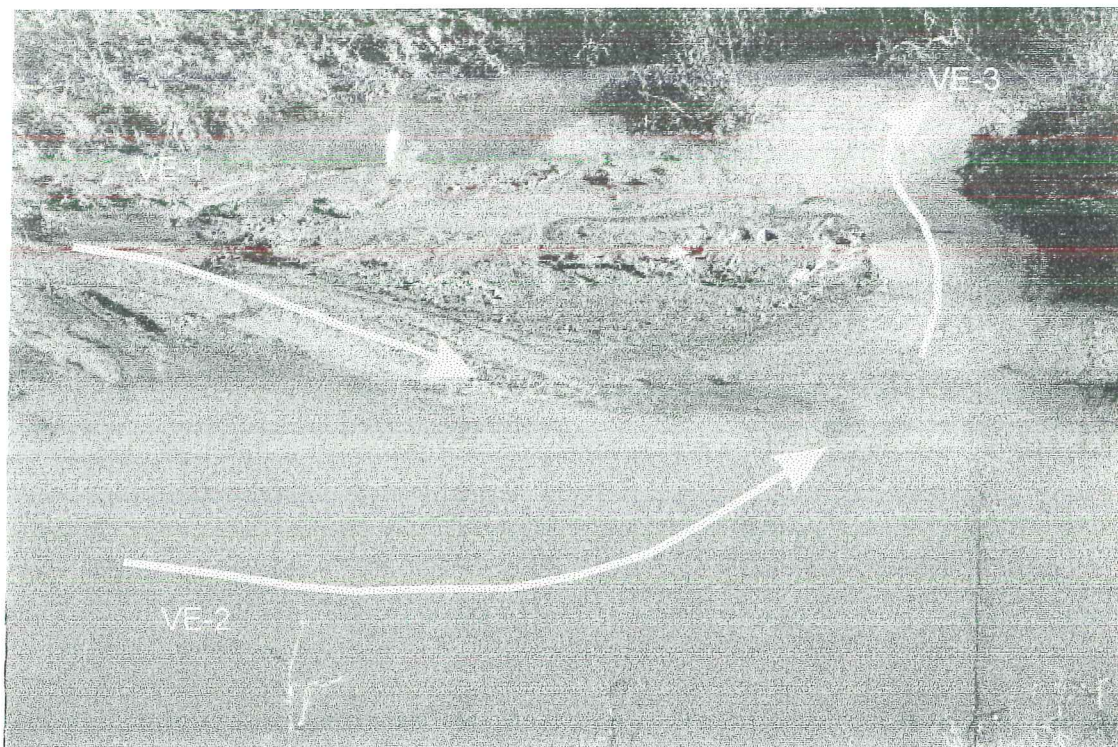




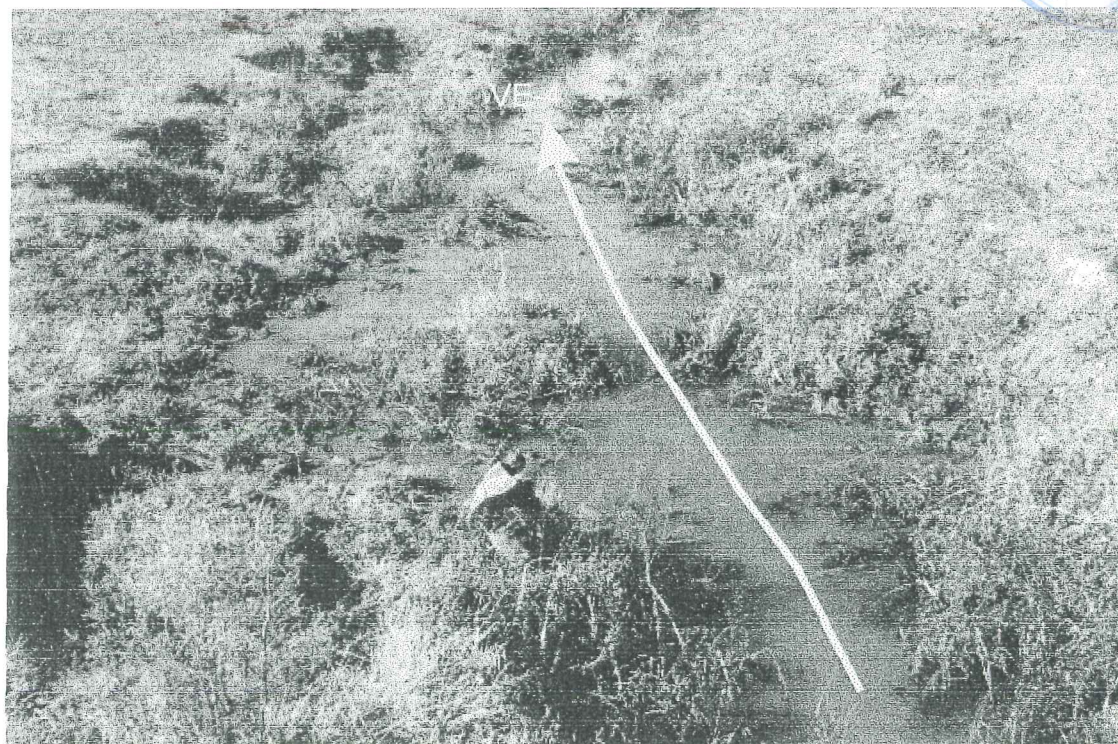
Fotografía n° 1 - Pozo termal Villa Elisa



Fotografía n° 2 - Recolección de muestra en el punto VE-2, Cañadón del Zorro



Fotografía n° 3 - Confluencia VE-1 y Cañadón del Zorro



Fotografía n°3 - Muestra VE-4



Fotografía n° 5 - Arroyo San Pascual, aguas arriba confluencia SP-CZ



Fotografía n° 6 - Confluencia SP-CZ

Muestra VE-7:

Arroyo San Pascual (debajo del puente de la ruta Nac. 130, 32°07'14.2 latitud sur y 58° 27'0.5" longitud oeste). Dicha muestra fue tomada aproximadamente 30 m aguas abajo de la confluencia del arroyo San Pascual con las aguas provenientes del Cañadón del Zorro

Muestra VE-8:

Arroyo San Pascual, 32° 07'15.5" de latitud sur y 58° 27'14.2" longitud oeste).

Muestra VE-9:

Arroyo San Pascual (32°07'9.6" latitud sur y 58° 27' 50.6" longitud oeste). Puente sobre camino lateral Whiskería "El Descanso" desde la ruta Nac. 130.

Muestra VE-10:

Río Gualeguaychú (32°06'51" latitud sur y 58°29'31.3" longitud oeste). Aguas arriba de la desembocadura del arroyo San Pascual (SP-GU).

Muestra VE-11:

Tramo final del arroyo San Pascual (32°06'48.3" latitud sur, 58° 29' 28.4" longitud oeste). 100 metros antes de su desembocadura en el Río Gualeguaychú

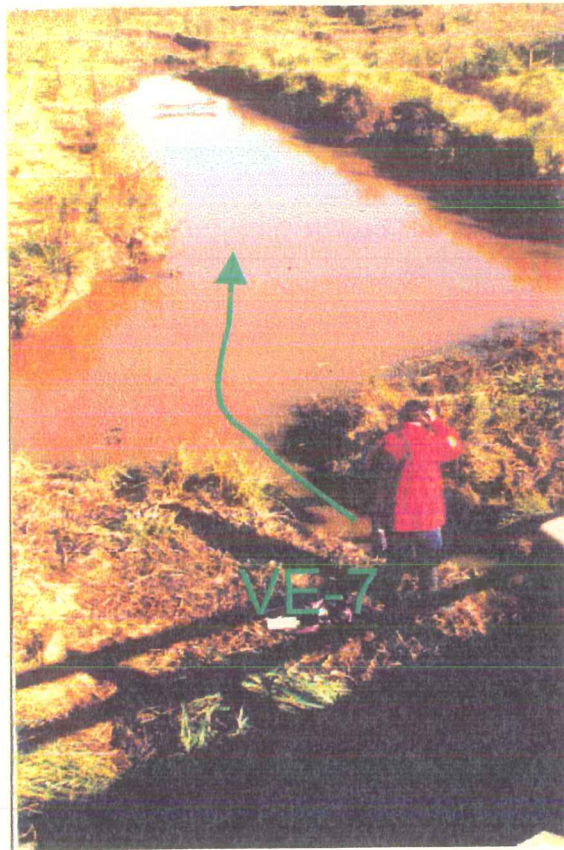
Muestra VE-12:

Río Gualeguaychú (32° 06' 55" latitud sur, 53° 29'25.7" longitud oeste). 150 m aguas abajo de la confluencia entre éste y el arroyo San Pascual

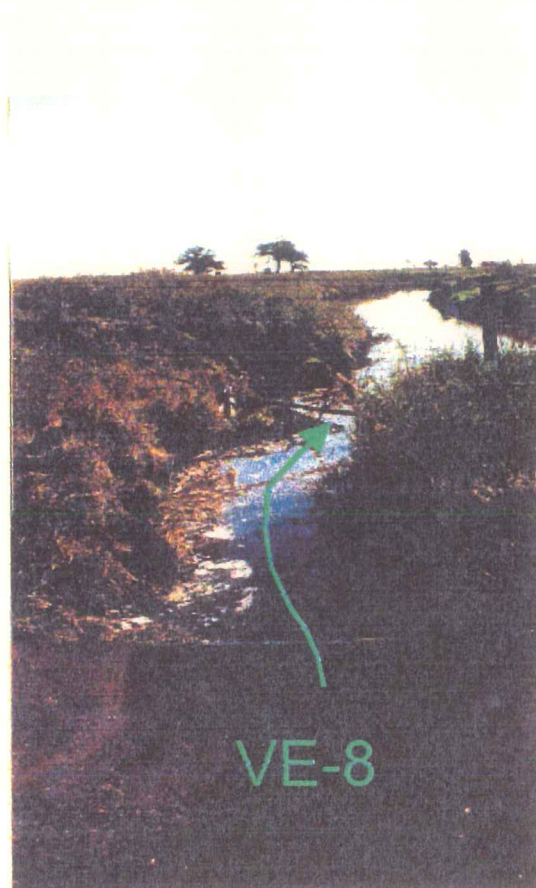
Muestra VE-13:

Muestra correspondiente al pozo de agua (molino) lindero al predio del pozo termal. El pozo capta la napa superficial a 26 m bajo la superficie (sin fotografía).

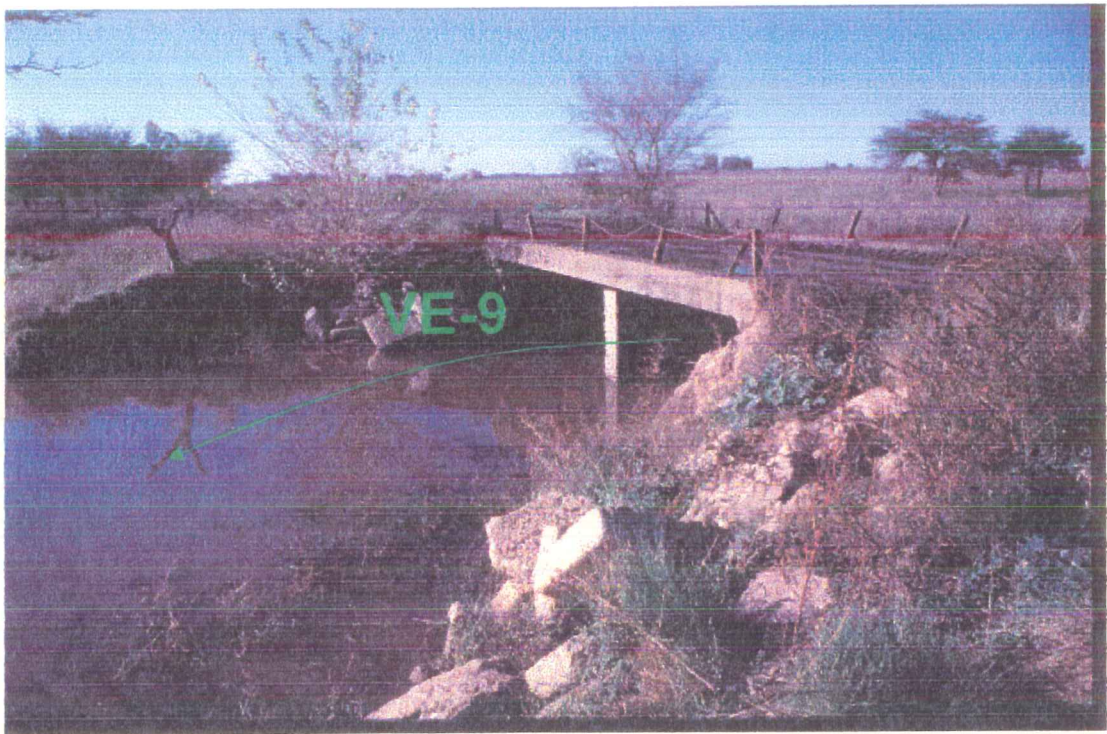




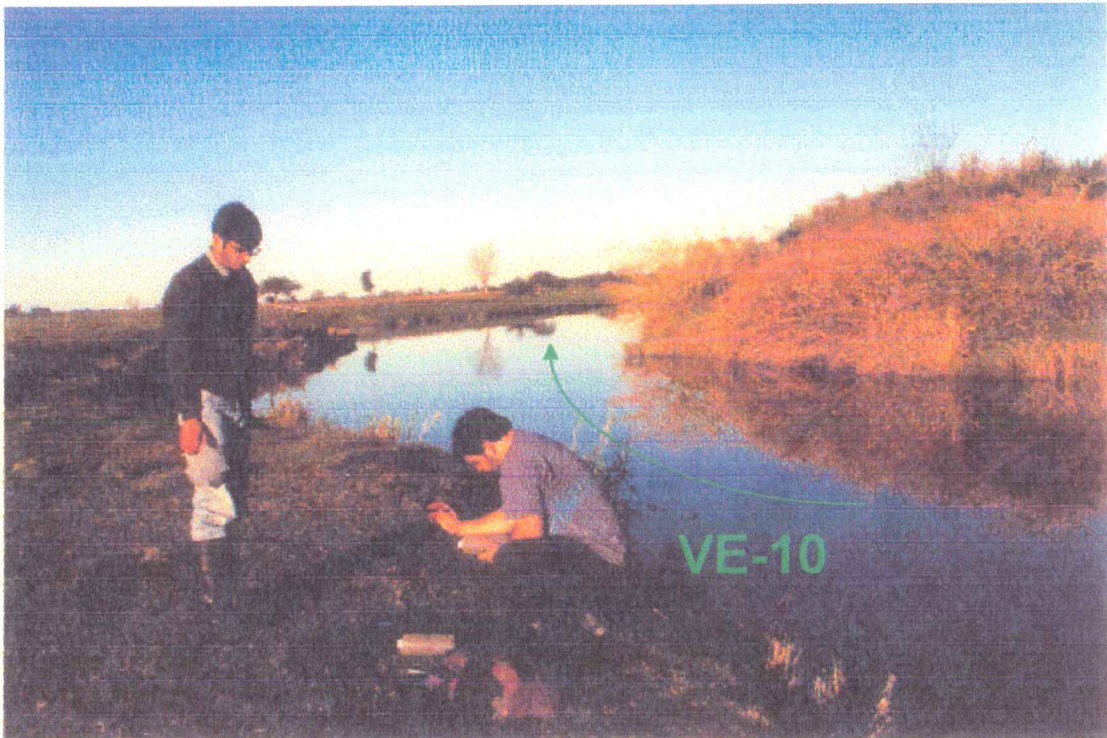
Fotografía n° 7 - Muestra VE-7, en el cauce del arroyo San Pacual



Fotografía n° 8 - Muestra VE-8, arroyo San Pascual



Fotografía n° 9 - Muestra VE-9, arroyo San Pascual



Fotografía n° 10 - Río Gualeguaychú, aguas arriba de la confluencia SP-GU



Fotografía n° 11 - Arroyo San Pascual, desembocadura



Fotografía n° 12 - Río Gualaguaychú, aguas abajo de SP-GU

Tabla nº 1 - Análisis químicos de las muestras VE-1 a VE-13

Muestra Nº	T muestra [°C]	T atmosférica [°C]	pH (campo)	pH (lab)	C.E. a 25°C (µs/cm)	SDC [mg/l]	Res. de evap. 180°C [mg/l]	Alcalinidad Total [mg/l de CO ₃ Ca]	Dur. Total [mg/l de CO ₃ Ca]	Dureza No Carb. [mg/l de CO ₃ Ca]	Turb. [NTU]
VE-1	40.2	10.2	7.7	7.7	18.900	14.400	14.500	80	768	683	1.8
VE-2	11.9	13.5	7.5	6.4	309	194	200	79	44	0	103
VE-3	19.7	13.5	7.8	7.4	9.710	6.670	6.780	87	333	246	43
VE-4	20.3	16	8.2	7.5	10.000	6.970	7.000	82	350	268	54
VE-5	13.4	18.7	7.3	6.2	228	148	155	66	52	0	111
VE-6	13.6	19.1	7.4	7	4.510	2.760	2.800	77	181	104	37
VE-7	13.9	20.3	7.5	6.8	2.450	1.480	1.540	74	123	49	81
VE-8	17.5	23.5	7.7	6.7	1.490	891	906	67	79	12	98
VE-9	16.8	21.4	7.5	6.6	1.190	694	702	64	63	0	113
VE-10	16	19	7.8	6.4	329	228	235	82	34	0	425
VE-11	16.2	16.3	7.9	6.7	963	541	550	84	67	0	360
VE-12	14	14.9	8.1	6.6	674	385	390	79	52	0	365
VE-13	17	12.3	7.6	6.9	529	325	333	262	136	0	1.8

Análisis químicos de las muestras VE-1 a VE-13 (continuación)

Muestra N°	Ca ⁺⁺ [mg/l]	Mg ⁺⁺ [mg/l]	Na ⁺ [mg/l]	K ⁺ [mg/l]	CO ₃ ⁼ [mg/l]	HCO ₃ ⁻ [mg/l]	SO ₄ ⁼ [mg/l]	Cl ⁻ [mg/l]	SiO ₂ [mg/l]	Fe tot. [mg/l]	Mn [mg/l]
VE-1	191	70	4.900	13	0	98	4.800	5.070	15	0.4	0.05
VE-2	15	1.4	49	5.9	0	96	29	32	13	1	0.06
VE-3	89	27	2.300	10	0	106	1.850	2.320	14	0.9	0.06
VE-4	89	31	2.380	10	0	100	1.910	2.490	13	0.9	0.06
VE-5	14	3.8	24	7.3	0	80	19	26	13	1	0.07
VE-6	50	14	920	5	0	94	764	945	11	0.8	0.06
VE-7	30	12	480	7.6	0	90	380	510	12	1	0.09
VE-8	24	4.5	280	6.9	0	82	228	292	13	1.2	0.09
VE-9	20	3.2	215	7.1	0	78	178	216	14	1.3	0.09
VE-10	11	1.7	58	7.6	0	100	69	11	17	2.4	0.22
VE-11	16	6.5	165	7.5	0	102	69	212	13	2	0.18
VE-12	16	2.7	110	7.4	0	96	47	133	18	2.2	0.23
VE-13	45	5.9	58	1.1	0	320	6.2	1.9	49	0	0

Muestra N°	F ⁻ [mg/l]	B [mg/l]	Al ⁺⁺⁺ [mg/l]	As ⁺⁺⁺ [mg/l]	Cd ⁺⁺ [mg/l]	Zn ⁺⁺ [mg/l]	Cu ⁺⁺ [mg/l]	Cr [mg/l]	Li ⁺ [mg/l]	V [mg/l]	Ni [mg/l]
VE-1	1.1	4.1	1	0	0.13	0.07	0.06	0.1	0.47	0.1	0.5
VE-2	0.1	0.14	1.5	0	0	0.15	0.03	0	0.03	0.1	0.2
VE-3	0.5	1.6	1.5	0.04	0.02	0.09	0.07	0	0.23	0.1	0.2
VE-4	0.5	1.7	1.6	0.04	0.03	0.06	0.07	0	0.23	0.1	0.2
VE-5	0.1	0.07	1.3	0	0	0.04	0.04	0	0.03	0.1	0.3
VE-6	0.3	0.74	1	0.02	0	0.05	0.02	0	0.1	0.1	0.3
VE-7	0.2	0.5	1.4	0.07	0	0.04	0.03	0	0.06	0.1	0.3
VE-8	0.1	0.27	1.8	0.01	0	0.04	0.03	0	0.04	0.1	0.3
VE-9	0.1	0.22	1.5	0	0	0.04	0.03	0	0.03	0.1	0.3
VE-10	0.1	0.07	3	0	0	0.02	0.04	0	0.03	0.1	0.2
VE-11	0.1	0.18	3	0.02	0.02	0.02	0.03	0	0.03	0.1	0.2
VE-12	0.1	0.14	3.2	0	0	0.03	0.02	0	0.02	0.1	0
VE-13	0.4	0.23	1	0	0	0.26	0	0	0.04	0.1	0

Caracterización de las aguas del sistema Cañadón del Zorro- Arroyo San Pascual- Río Gualeguaychú.

Para dimensionar el grado de influencia y el tipo de alteraciones que produce el deshecho de los efluentes termales sobre el sistema Cañadón del Zorro - San Pascual - Río Gualeguaychú, se realizó, en primera instancia, una caracterización de cada uno de los componentes involucrados (sin interacción entre sí) en dicho sistema.

Los cursos de agua relevados constituyen un drenaje natural cuyo destino final próximo se encuentra en las aguas del Río Gualeguaychú. Dentro de este sistema y para los fines de este trabajo, es posible considerar la existencia de cuatro puntos composicionales extremos, constituidos por: a) las aguas correspondientes al Cañadón del Zorro, b) el arroyo San Pascual, c) el río Gualeguaychú y d) los efluentes termales del pozo Villa Elisa. Las aguas del Cañadón del Zorro (VE-2) presentan como aniones dominantes al bicarbonato y el cloruro, mientras que el sodio se presenta como cation sobresaliente. Esto hace que desde el punto de vista químico sea considerada del tipo *bicarbonatada clorurada-sódica*. Su bajo contenido de SDT (194 mg/l) indica una mineralización muy débil y su pH de 7.5, determinado en el campo, la señala como un agua de carácter prácticamente neutro.

El arroyo San Pascual (VE-5), presenta el mismo tipo composicional que el Cañadón del Zorro, sin embargo su contenido de sodio es un 50 % menor. Por sus características resultan aguas de mineralización muy débil y dulces con un pH cercano al neutro de 7.3.

El río Gualeguaychú (VE-10), presenta un tipo químico *bicarbonatado-sulfatado sódico*, es decir que, a diferencia de los cursos anteriores el anion sulfato sigue en orden de importancia al bicarbonato. El pH de 7.8 y demás parámetros la caracterizan como un agua prácticamente neutra, dulce y de mineralización muy débil.

El otro punto a considerar es el representado por los efluentes termales (VE-1) del pozo termal de Villa Elisa. El tipo químico de estas aguas corresponden al tipo *clorurado-sulfatado sódico* con un pH de 7.7 que en función de la temperatura registrada en el punto de muestreo (40.2°C), puede ser considerado levemente alcalino. La concentración de sólidos disueltos tanto como los valores de residuo por evaporación a 180° C (14400 y 14500 mg/l respectivamente) señalan la fuerte mineralización de dichas aguas. Los valores de C.E. (18.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$), estrechamente relacionados con la salinidad la *clasifican dentro del campo de las aguas saladas*. Como se puede observar, el contraste existente entre las aguas del pozo termal y los cursos de agua mencionados es muy amplio (ver cuadro de síntesis). Evidentemente esto hace que el ingreso de las aguas termales al sistema provoque perturbaciones en diferentes grados, modificando su estado natural.

Muestra	SDT (mg/l)	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH
Cañadón del Zorro	194	309	7.5
Arroyo San Pascual	148	228	7.3
Río Gualeguaychú	228	329	7.8
Pozo Termal Villa Elisa	14400	18900	7.7



Formas disueltas

Si bien los análisis químicos reflejan el contenido anionico-cationico, estos componentes se presentan en el agua en diferentes formas ya sea, formando complejos o en sus formas libres dependiendo de las condiciones del fluido en el que son transportados.

Con el objeto de determinar la presencia de posibles complejos y/o formas de las especies disueltas mas probables se realizaron cálculos de equilibrio químico mediante el uso del programa WATEQF, utilizando los datos de temperatura y de pH determinados en el campo.

Los resultados obtenidos se transcriben en la tabla n° 2. En la misma se contemplan las especies probables mas abundantes y sus concentraciones en ppm.

Para las muestras obtenidas en el Cañadón del Zorro, Arroyo San Pascual y Río Gualaguaychú (puntos VE-2, VE-5 y VE-10 respectivamente) las formas predominantes están constituidas por bicarbonato, sodio, sulfato, cloro, etc., es decir principalmente sus formas iónicas. Para el caso del pozo termal de Villa Elisa se observa, al igual que en los otros puntos, un predominio de las formas iónicas, en especial cloruro, sulfato y sodio. Sin embargo, además de estas especies, es posible constatar la presencia de formas salinas entre las cuales predominan las especies sulfatadas, en particular SO_4Na .

Los diagramas porcentuales circulares (fig.n°6) señalan de forma sintética el predominio de las diferentes especies en los puntos descriptos anteriormente.

Efectos del pozo termal Villa Elisa sobre el sistema en estudio

El aporte efectuado por las aguas del pozo a dicho sistema provoca variaciones tanto en la temperatura como en las composiciones químicas de los puntos considerados extremos. Este alejamiento de las condiciones naturales se da en diferentes grados a lo largo de los cursos influenciados y son dependientes de la composición original de los fluidos que son objeto de mezcla, los caudales involucrados en los diferentes puntos, velocidad de circulación de las aguas, etc..

Influencia de la temperatura (contaminación térmica):

La contaminación térmica es el resultado de la descarga de aguas a relativas altas temperaturas en diferentes ecosistemas. El vertido de aguas termales con temperaturas comprendidas entre 35° y 40°C arrojados directamente hacia pequeños cursos, ríos o lagos puede constituir una de las causas de este tipo de contaminación. La incidencia de este efecto se da principalmente sobre los organismos que habitan tal sistema. Muchos de ellos son altamente sensitivos a las variaciones de temperatura, siendo los cambios permanentes -tan leves como un grado centígrado o incluso menores- causantes de cambios drásticos en los ecosistemas preexistentes. El aumento de la temperatura producido por los afluentes (en comparación con los valores naturales del curso del arroyo, río, o ecosistema objeto de la descarga de las aguas) conduce a un empobrecimiento en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, interfiriendo de esta manera con la normal ecología del curso de agua.

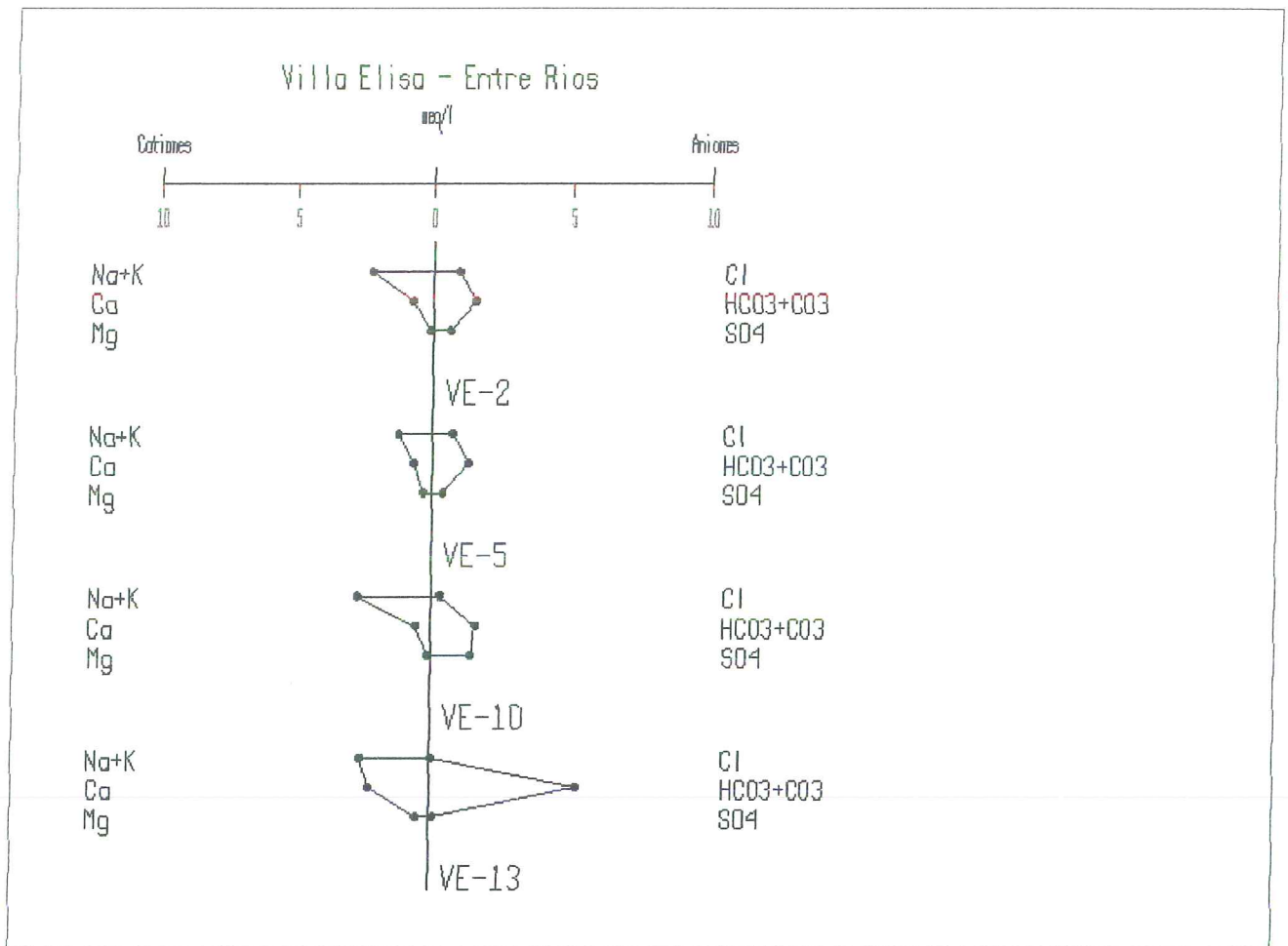


Fig. n° 4 - Diagramas de Stiff para las aguas del Cañadón del Zorro, arroyo San Pascual y Río Gualeguaychú (no se incluye el pozo termal por ubicarse fuera de escala)

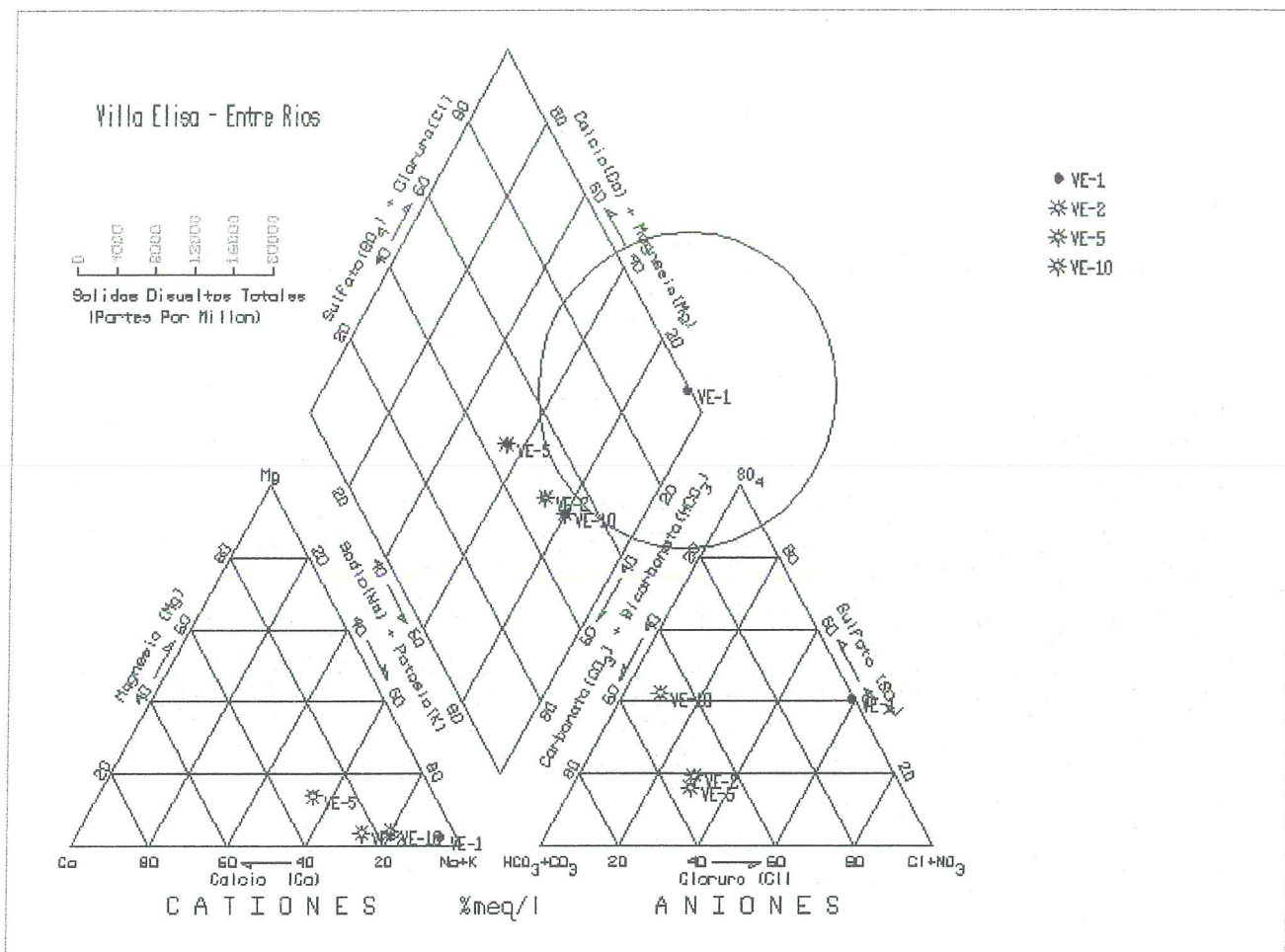


Fig. n° 5 - Diagrama de Piper para las aguas del pozo termal Villa Elisa, Cañadón del Zorro, arroyo San Pascual y Río Gualaguaychú

Tabla nº 2 - Formas disueltas más probables

Muestra >	VE-1 (ppm)	VE-2 (ppm)	VE-3 (ppm)	VE-4 (ppm)	VE-5 (ppm)	VE-6 (ppm)	VE-7 (ppm)	VE-8 (ppm)	VE-9 (ppm)	VE-10 (ppm)	VE-11 (ppm)	VE-12 (ppm)	VE-13 (ppm)
Ca	119.7	14.4	63.7	63.5	13.6	38.9	24.9	20.6	17.5	10.1	15.0	15.1	42.9
Mg	45.5	1.3	19.9	22.8	3.7	11.1	10.2	3.9	2.8	1.6	6.1	2.6	5.6
NaHCO ₃	6.7		4.4	4.1		1.9	1.0						
Na	4,639.6	48.9	2,234.2	2,310.6	24.0	904.9	475.1	277.9	213.7	57.8	164.5	109.7	57.8
K	12.0	5.9	9.7	9.7	7.3	4.9	7.5	6.8	7.1	7.6	7.5	7.4	1.1
Cl	5,057.9	32.0	2,316.8	2,486.5	26	944.4	509.8	291.9	216	11	212	133	1.9
H ₂ CO ₃	2.3	6.4	2.9	1.6	10.3	6.5	6.5	3.6	4.5	3.8	2.4	1.9	14.0
SO ₄	3,488.1	27.5	1,500.7	1,543.0	17.9	667.2	342.1	210.1	165.8	65.9	64.1	44.2	5.5
CaSO ₄ (aq)	238.8	1.5	84.6	84.7		37.0	16.7	10.9	8.0	2.5	2.9	2.2	
HCO ₃	85.6	95.2	99.7	89.6	79.5	91.5	88.3	80.6	76.9	98.9	99.8	93.9	313.5
KSO ₄	3.3		1.1	1.2									
H ₄ SiO ₄ (aq)	23.6	20.7	22.2	20.3	20.8	17.6	19.1	20.7	22.3	27.1	20.6	28.5	78.0
MgSO ₄ (aq)	119.4		34.4	39.6		13.7	8.7	2.6	1.6		1.5		
NaCO ₃	2.0			1.2									
CaHCO ₃	2.0												
NaSO ₄	1,295.6		323.2	339.9		73.4	23.2	9.6	6.1		1.9		3.6
NaCl	19.9		5.3	5.8		1.0							
F	1.0												
Fe		1.0								2.4	2.0	2.2	

Especies en solución

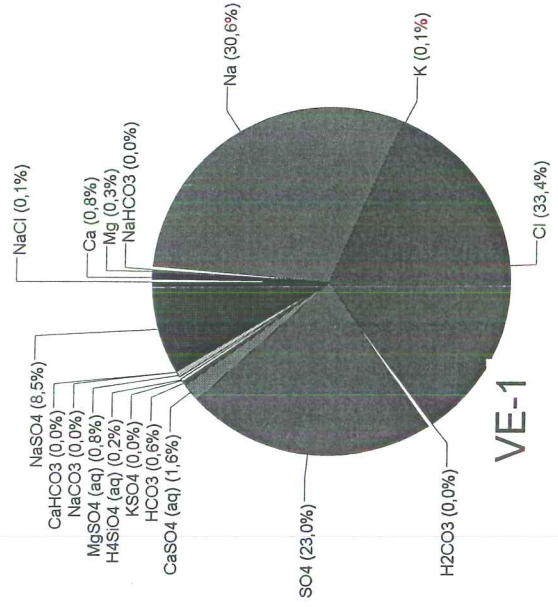
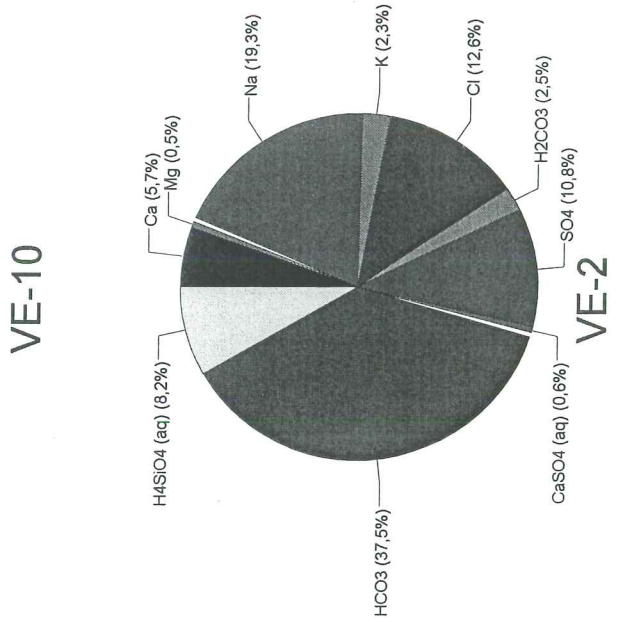
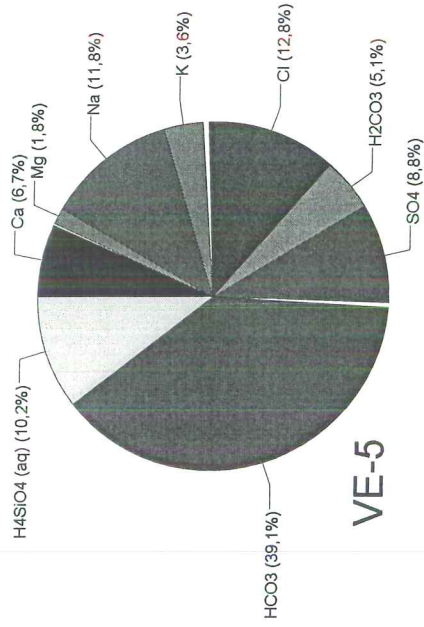
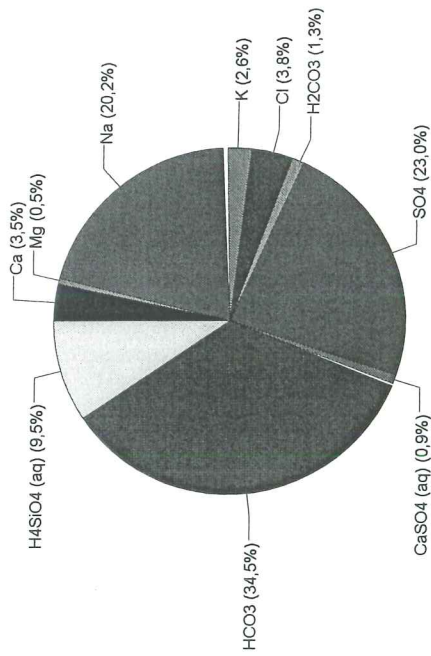
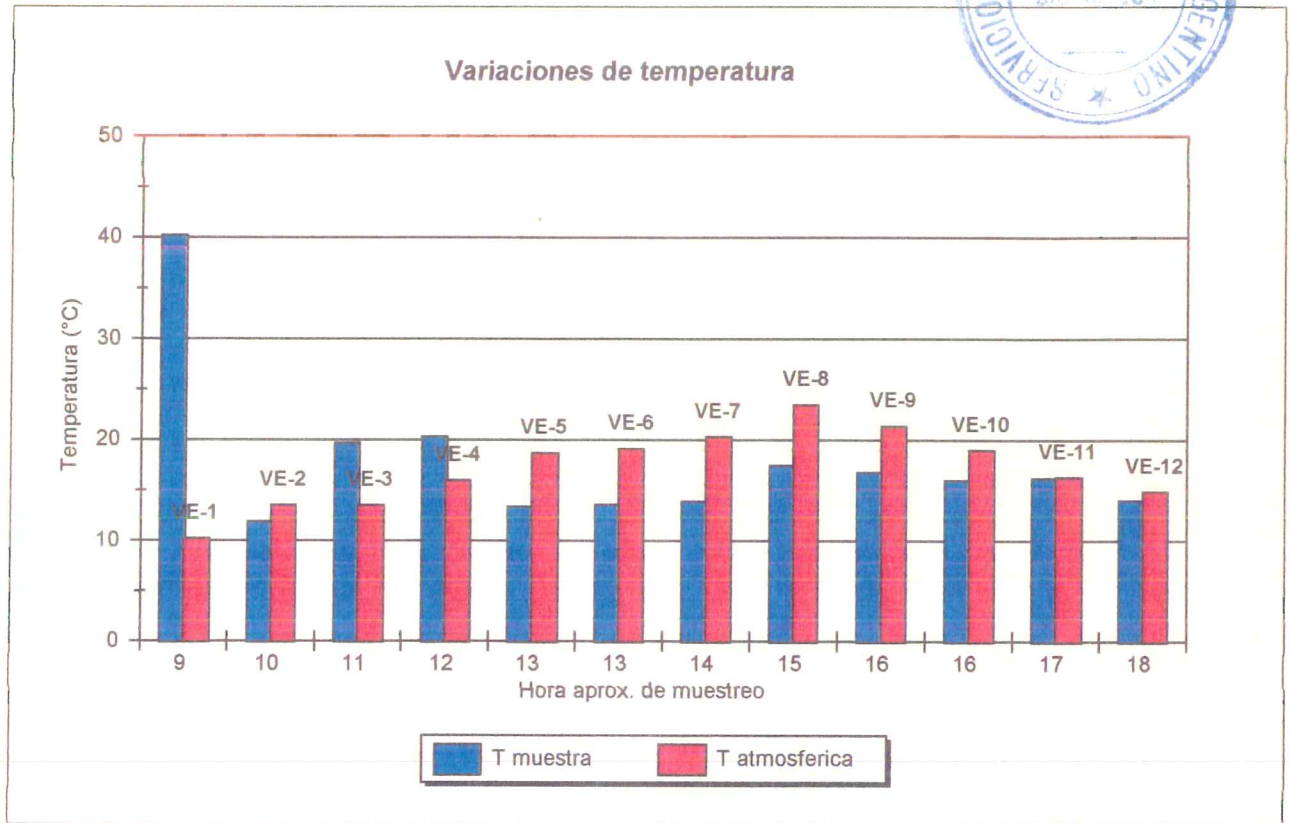




Fig. n° - 7. Variación diurna de la temp. atmosférica y su relación con el sistema en estudio.



La gráfica n° 7 relaciona las temperaturas del agua, registrada en los puntos de muestreo, la temperatura atmosférica y la variación diurna de esta última, representada en el eje horizontal a través de la hora aproximada en la cual se efectuó tal lectura.

Como ejemplo consideremos el significado la muestra VE-1. Dicha muestra correspondiente al pozo termal, esta presentó una temperatura de 40.2°C (columna azul), la temperatura ambiente registrada en dicho momento (9:00 AM) fue de 10.2°C (columna de color rojo).

Por otro lado la muestra VE-2, representativa del curso del Cañadón del Zorro -previo a la descarga termal- arroja valores de 11.9°C versus una temperatura atmosférica de 13.5°C (este dato fue recogido aproximadamente una hora después, 10:00 AM).

A partir de las mediciones de temperatura realizadas a lo largo del sistema, desde el pozo termal y hasta la desembocadura del arroyo San Pascual en el Río Gualaguaychú se desprenden las siguientes observaciones.

En los puntos VE-3 y VE-4, localizados aguas abajo de la confluencia de la descarga termal con las aguas del Cañadón del Zorro y separados 100 m entre sí, la temperatura del agua alcanza para ambas muestras un valor aproximado de 20°C. Dicho registro, resultado superior a la temperatura atmosférica, que en dichos puntos y dada la variación horaria alcanza los 13.5° y 16°C respectivamente para cada punto. La mezcla de ambos cursos produce una disminución de un 50% respecto de la temperatura determinada en la boca del pozo.

El punto denominado como VE-5 representa el arroyo San Pascual, sin interferencia de las aguas provenientes del Cañadón del zorro (estas últimas mezcladas con los efluentes termales del pozo).

En el punto VE-6, previo a la confluencia SP-CZ la temperatura registrada fue de 13.6°C, similar a la obtenida en VE-5. Dichas mediciones se realizaron con poca diferencia temporal, lo cual indicaría que el efecto de la temperatura de los efluentes termales no influiría en mayor medida en el punto VE-6. Para VE-7, aguas abajo de dicho punto en el cauce del arroyo San Pascual no se observa mayor variación respecto de la lectura

tomada en VE-5.

A partir del punto VE-8 inclusive, se puede observar en los puntos VE-9, 10 y 12 una correlación directa entre las temperaturas de la muestra y los valores ambiente, lo que señalaría que la temperatura en dichos puntos estaría directamente controlada por las variaciones atmosféricas diurnas. De este modo se puede observar que los efectos de contaminación termal hacen sentir su influencia en el tramo superior del Cañadón del Zorro, siendo prácticamente nulo a la altura del punto VE-6 (confluencia SP-CZ) y en el Arroyo San Pascual.

Variaciones en la composición química de las aguas del sistema

El ingreso de VE-1 al curso del Cañadón del Zorro modifica tanto la temperatura como así también la composición química original de dicho arroyo. Esos efectos se observan, en diferentes proporciones, en los puntos denominados como VE-3, VE-4 y VE-6. Si bien el efecto de la temperatura es casi nulo en el punto VE-6, la composición química se ve modificada substancialmente a partir del punto VE-3, cambiando de *bicarbonatada clorurada-sódica* (VE-2), a *clorurada-sulfatada sódica*. Esta variación se observa hasta el punto VE-6, donde dicho efecto -debido a la distancia recorrida y la mayor velocidad de circulación del arroyo- es algo más reducido que en VE-3 y VE-4.

A su vez, las aguas de VE-6 (mezcla entre VE-1 y VE-2), que penetran en el arroyo San Pascual, modifican la composición de este último de forma similar a lo que acontece en el punto VE-3, aunque en menor proporción dado el avance en el grado de dilución y los volúmenes de agua involucrados; esto se constata en el punto VE-7 (fig. n° 8).

La variación de la composición química original del arroyo San Pascual que se produce a partir de la incorporación de las aguas aportadas por VE-6 continúa hasta la desembocadura del arroyo San Pascual, e incluso hace sentir sus efectos hasta el río Gualeguaychú.

Los diagramas de Stiff para las muestras localizadas en los cauces del Cañadón del Zorro y Arroyo San Pascual muestran la dilución de las aguas a lo largo del sistema (fig. n° 9) en cuanto el contenido de elementos mayores.

La gráfica n° 10 muestra el porcentaje de participación de los efluentes termales en el resto sistema a partir del contenido de SDT. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que en el sector próximo a la salida de los efluentes termales en el Cañadón del Zorro se produce una dilución de aproximadamente un 50% (muestra VE-3 y VE-4), mientras que en el punto previo a la confluencia CZ-SP (punto VE-6) la proporción de los efluentes es de un 18% (condicionado por velocidades de circulación).

En el punto denominado como VE-7, posterior a la confluencia CZ-SP la influencia de VE-1 se reduce a un 10 % y la dilución progresa hasta el punto VE- 11, donde VE-1 constituye el 2.75% de la mezcla.

Por otro lado la conductividad eléctrica, la cual posee una relación directa con la salinidad de las aguas permite observar el grado de participación de los efluentes termales hasta el tramo del Río Gualeguaychú incluido en el estudio (fig. n° 11).



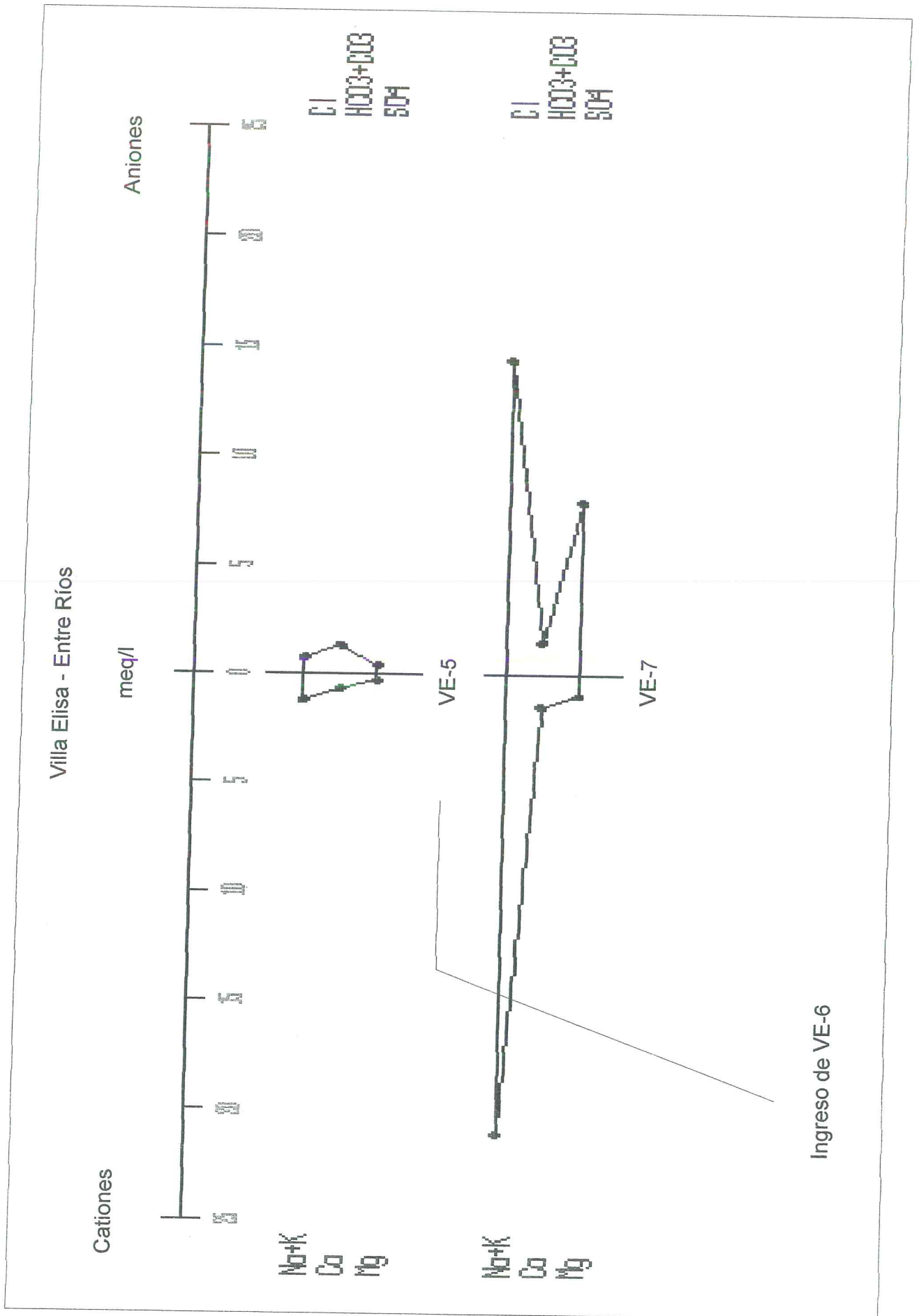


Fig. n° 8 - Diagramas de Stiff. Variación de la composición original del arroyo San Pascual

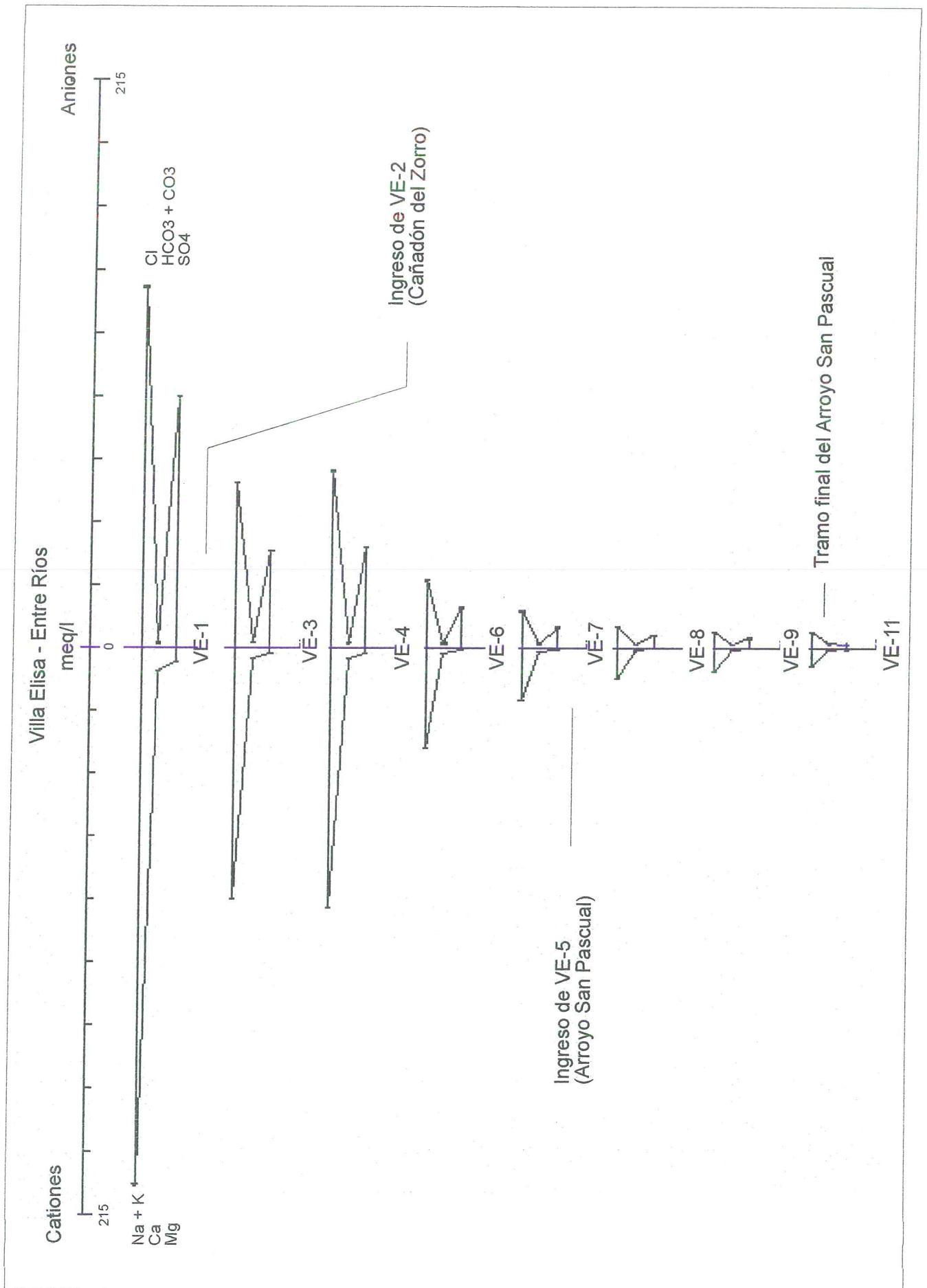


Fig. n° 9 - Diagramas de Stiff. Dilución a lo largo del arroyo San Pascual

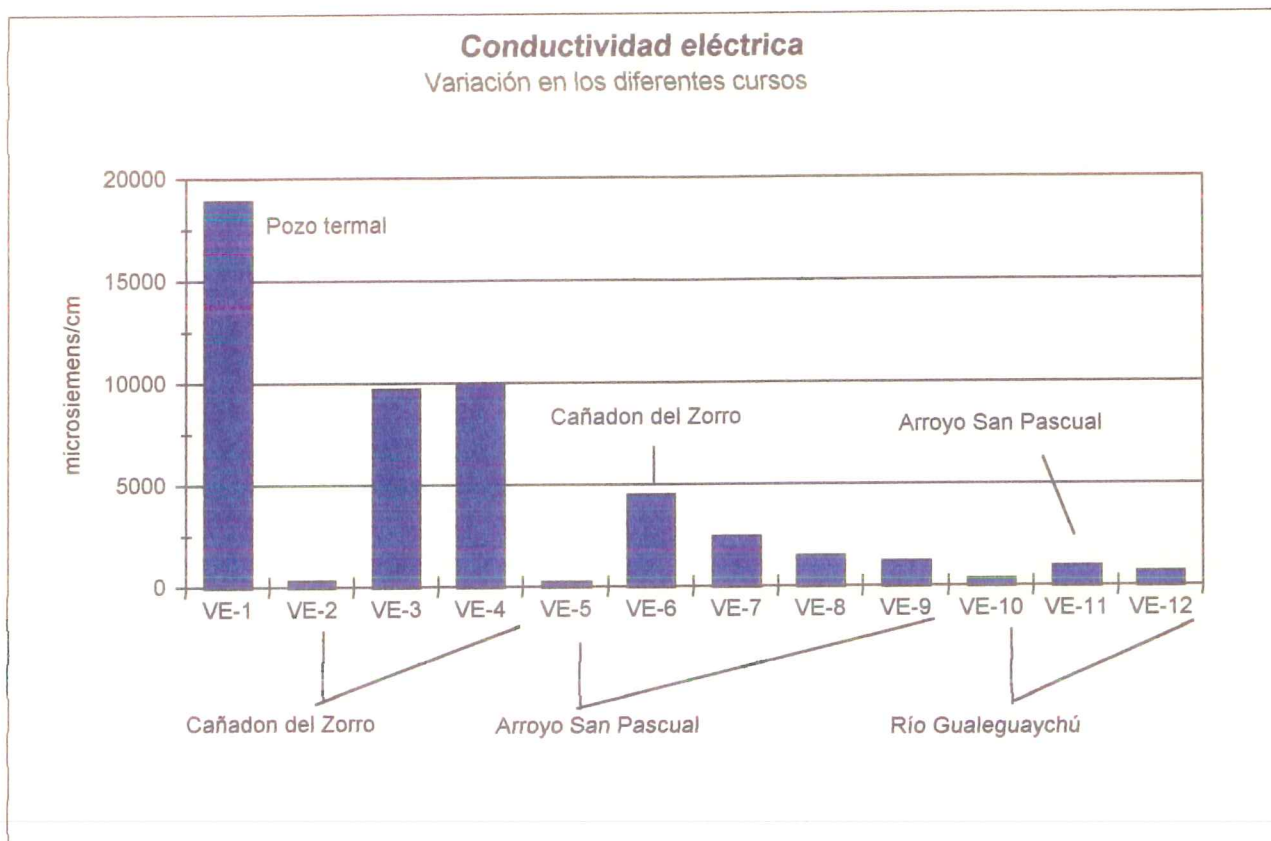
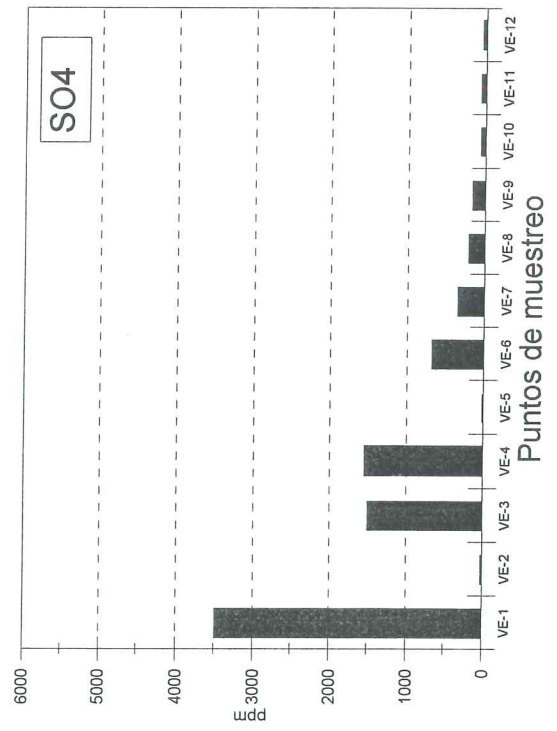
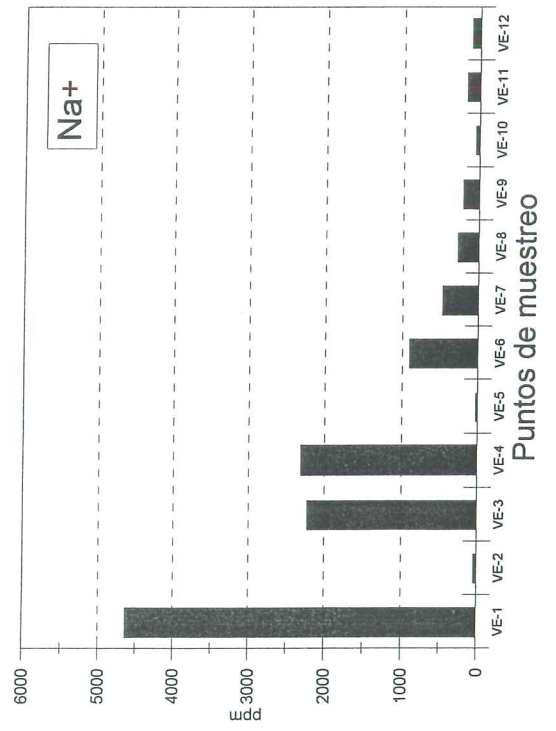
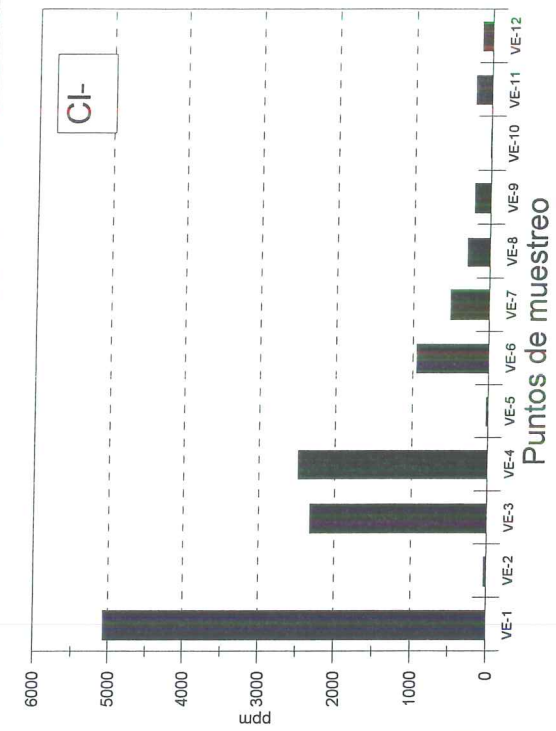


Fig. n° 11 - Variación de la C.E. en los diferentes puntos de muestreo.

Influencia sobre el río Gualeguaychú

Como se desprende del estudio realizado la influencia de los efluentes termales se observa también hasta el tramo próximo del río Gualeguaychú, cercano a la desembocadura del arroyo San Pascual. Si bien la proporción en que participan los efluentes es leve, las aguas del Río Gualeguaychú se ven modificadas especialmente en sus contenidos de cloruros (hasta 10 veces superior) y sodio (aproximadamente en un 50%), mientras que los otros elementos mayores no presentan mayor modificación o incluso aparecen en proporciones menores (fig. n° 14).



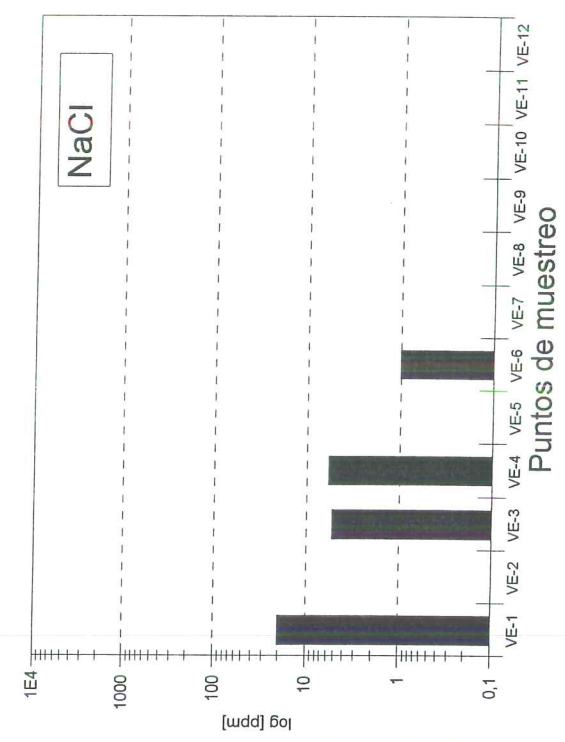
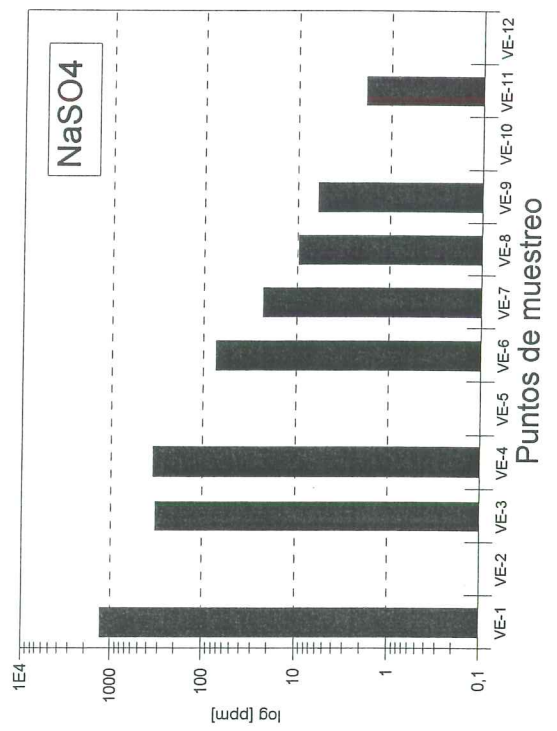
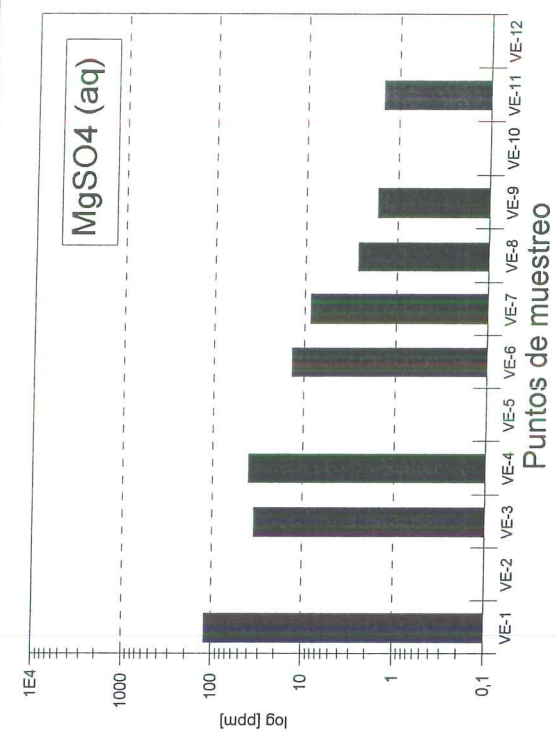
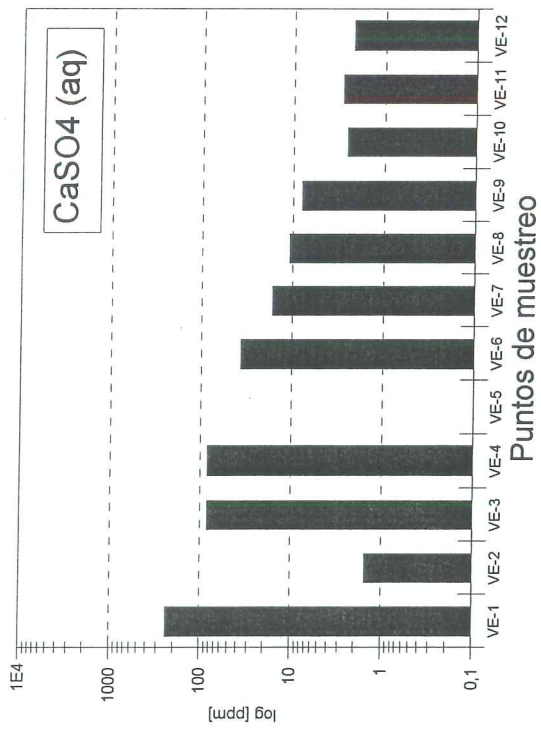
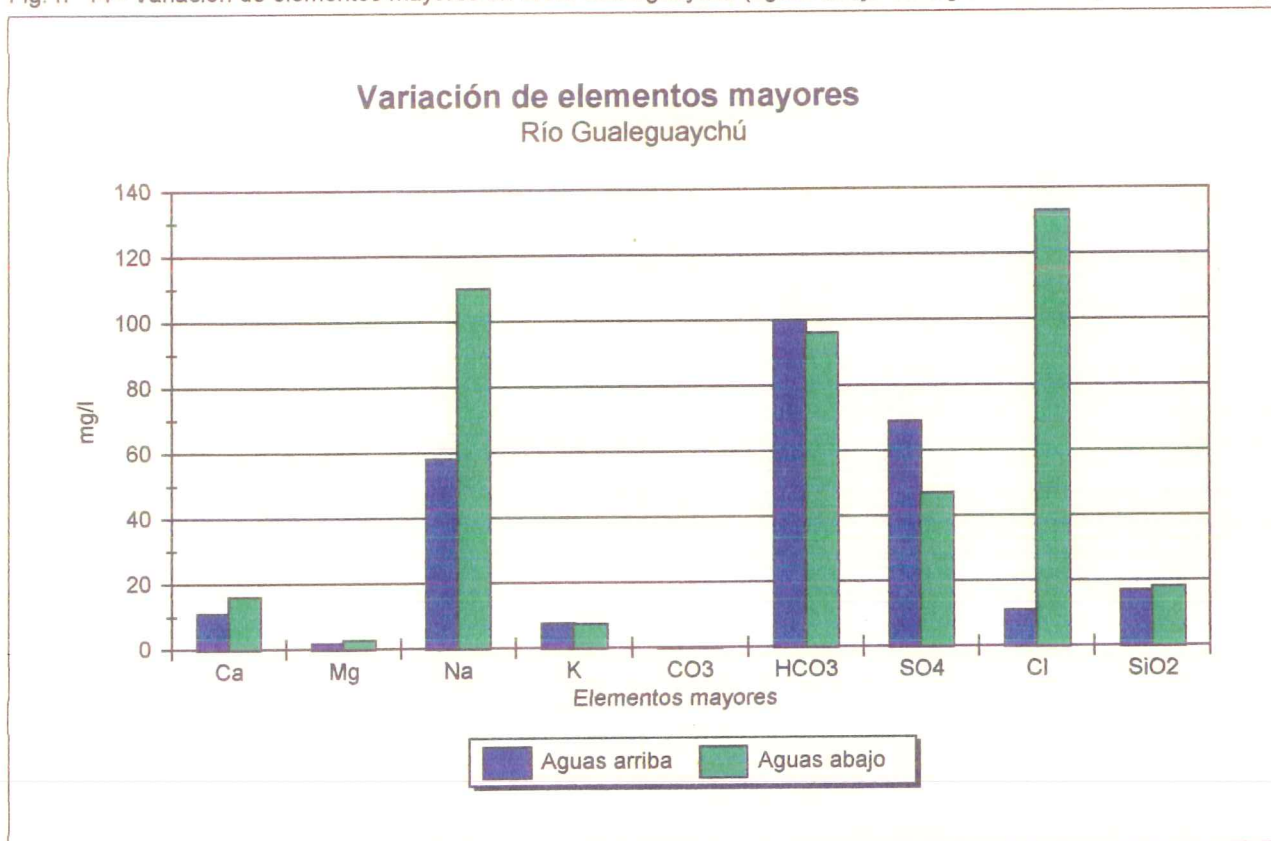


Fig. n° 14 - Variación de elementos mayores en el río Gualeguaychú (aguas abajo del ingreso del arroyo San Pascual)



En cuanto el contenido de elementos minoritarios es posible observar un incremento del 50 % en el contenido de Boro (fig. n° 15), es decir de 0.07 mg/l a 0.14 mg/l, sin embargo dicho contenido se encuentra muy por debajo del límite aceptado para aguas potables (20 mg/l) y muy por debajo al tolerable para cultivos en general (de hasta 1 mg/l).



Variación de elementos menores Rio Gualeguaychú

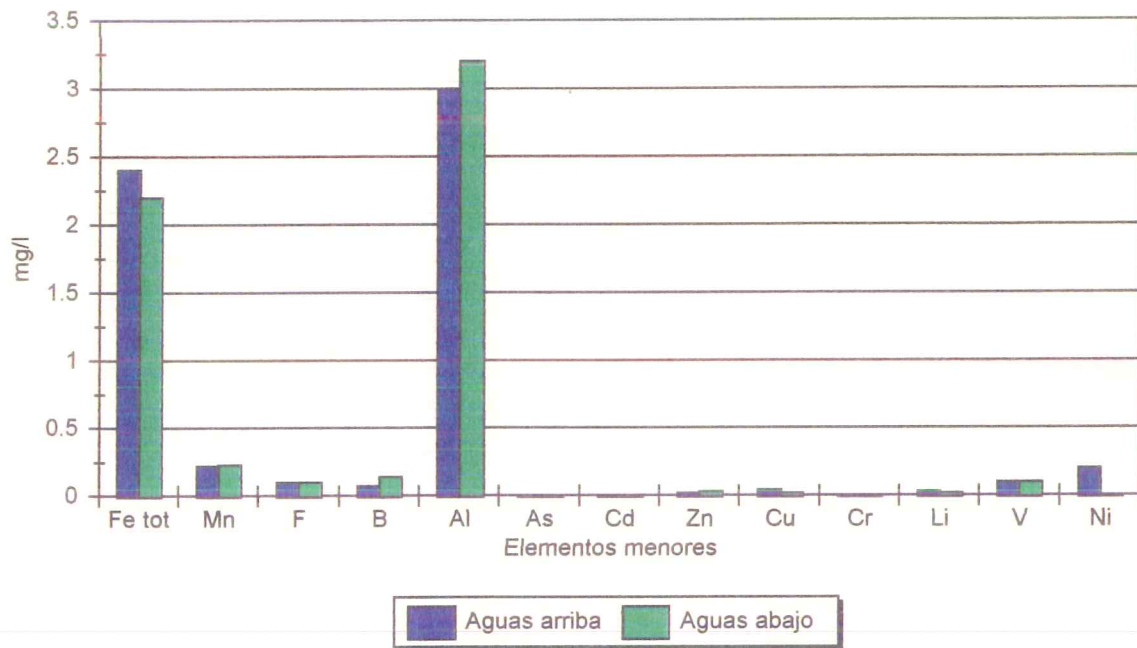


Fig. n° 15 - Variación de elementos menores en el río Gualeguaychú (aguas abajo del ingreso del arroyo San Pascual)



Contaminación química

En los sistemas termales y proyectos que involucran el manejo de importantes volúmenes de agua, es necesario evaluar los posibles contenidos de sales y/o elementos tóxicos y agresivos que puedan contener tanto el agua que se ha de utilizar como los efluentes post-uso. El contenido de sales y otros elementos puede resultar nocivo, a diferentes niveles, para actividades agrícolas, la salud y la fauna regional. Elementos tales como Cl, SO₄, F, B, As, Hg, Pb, Cd, etc., deben ser monitoreados en caso de que su concentración exceda los límites de contaminación permitidos, aunque estos pueden variar de acuerdo con las aplicaciones en que se utilicen los fluidos.

La tabla que se presenta a continuación refleja en forma sintética algunos de los máximos niveles permitidos para diferentes usos del agua. En forma conjunta y como elemento comparativo se adjuntan los resultados obtenidos para el pozo termal Villa Elisa.

Propósito	SDT	Cl	SO ₄	F	B	As	Hg	Pb	Cd
Uso domestico	1500	600	400	0.8-1.7	20-30	0.05	0.001	0.05	0.01
Peces de agua dulce	7000	250	200	1	500	-	-	-	-
Riego	200-1000	100-200	200	10	0.5-1	-	-	-	-
Villa Elisa	14500	5070	4800	1.1	4.1	0	< 0.001*	<0.01*	0.13

* Municipalidad de Paraná- Obras Sanitarias, Dto. Laboratorios. Análisis n°20677 -

Uso doméstico

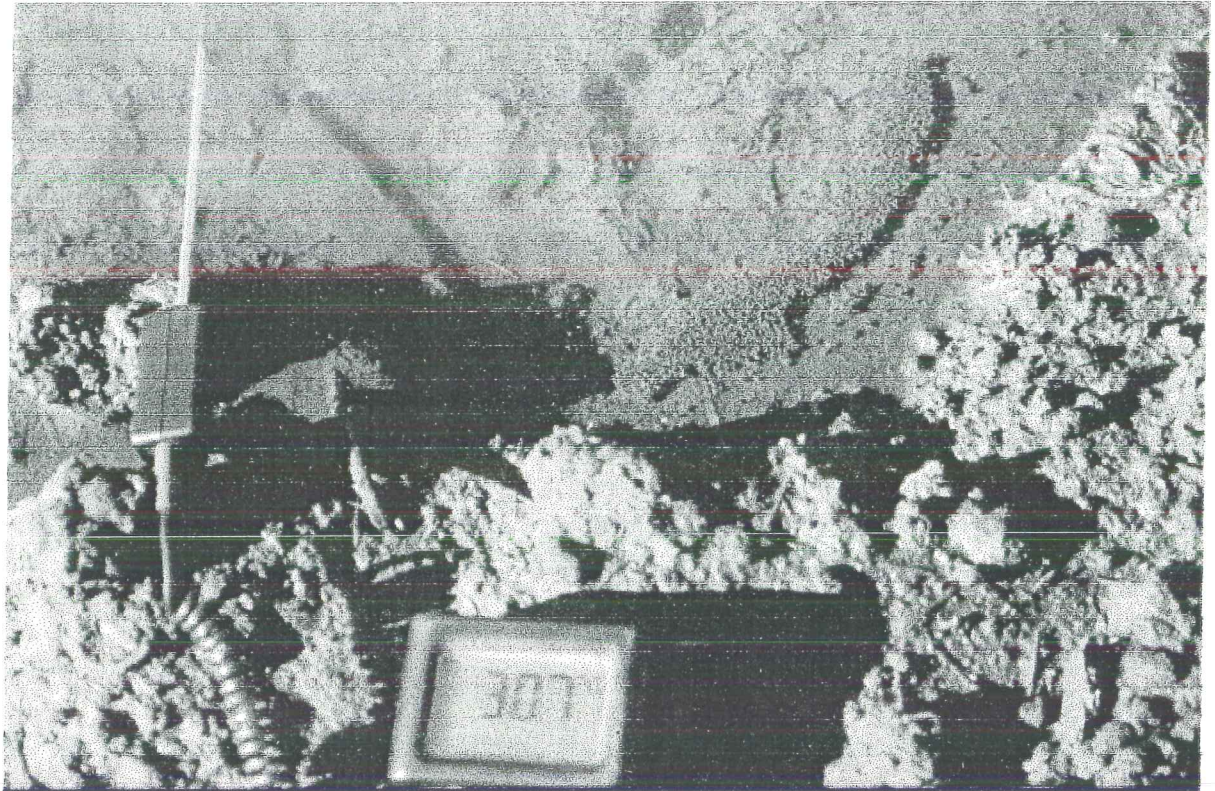
Como se desprende de la tabla los contenidos de Cl, SO₄, etc. y por ende SDT, resultan excesivos respecto de los límites permitidos o utilizables en otras aplicaciones y en particular para el uso doméstico. En cuanto a los elementos menores, las concentraciones Flúor, Boro, Arsénico, Plomo y Mercurio no superan los valores permitidos para aguas potables, lo cual los descarta como riesgo potencial para la salud. Una excepción a esto es el Cd, que resulta elevado con respecto a los límites tolerables. Dado que el agua termal de Villa Elisa no es considerable para consumo, el contenido de Cd debe ser evaluado según la aplicación que se quiera desarrollar.

Fauna y flora regional

Los efectos nocivos sobre la fauna y flora de los ecosistemas preexistentes, resulta de la combinación entre las variables composicionales y térmicas de dicho ecosistema. Evidentemente ambas modificaciones afectan el normal y natural desarrollo de los organismos pobladores del arroyo.

Durante las tareas realizadas en el campo y bajo las condiciones del estudio planteadas previamente no se constato mortandad de peces ni modificaciones importantes en la flora de los cursos. Sin embargo este hecho fue reportado por personal de la Municipalidad de Villa Elisa en ocasión de los ensayos de bombeo del pozo. Durante estos el caudal arrojado por el pozo y vertido al sistema de drenaje alcanzo los 130 m³/h variando ampliamente sus características composicionales y régimen térmico.

A lo largo de la acequia de descarga de las aguas termales se observo el desarrollo de algas termofilas verdes, cuya aparición se produce aprox. a los 35°C y el desarrollo de larvas de insectos en temperaturas de 30°C (fotografía n°13).



Fotografía n° 13 - Desarrollo de larvas de insectos a lo largo de la acequia de descarga

Riesgo para cultivos

Debido a su **alto índice de salinidad** las aguas del pozo termal Villa Elisa constituyen un riesgo para los cultivos. En cuanto al contenido de elementos menores, y por lo que se desprende de la tabla anterior, el **contenido de boro** también constituye un factor de riesgo.

Además del peligro potencial que supone la presencia de boro y altos índices de salinidad en aguas de riego, existe el peligro del sodio. Los efectos nocivos del sodio se traducen en la reducción de la permeabilidad del suelo y su dureza. Estos efectos son causados por el intercambio iónico del calcio y el magnesio con el sodio, que tiene lugar en los coloides y suelos arcillosos.

La intensidad de este intercambio puede ser estimada a través del índice de adsorción del sodio (SAR, Sodium Adsorption Ratio), donde altos valores de SAR llevan implícito el riesgo que supone la posible reacción de intercambio, situación que como resultado final produce daños en la estructura del suelo.

El diagrama SAR vs C.E. es de amplia utilización para la evaluación de aguas de riego. En el mismo se vuelcan los datos de conductividad eléctrica, como índice de la concentración de sólidos disueltos y el índice de adsorción del sodio (SAR). El diagrama se halla dividido en 16 áreas que se utilizan para evaluar el grado de riesgo en el que un tipo de agua en particular puede llevar a problemas de salinidad y efectos de intercambio en el suelo.

Los resultados obtenidos en el diagrama (fig. n° 16) señalan el alto riesgo para las aguas del Cañadón del Zorro y arroyo San Pascual influenciadas por los fluidos termales. Este, disminuye a riesgo medio en el tramo inferior del San Pascual y en el Río Gualeguaychú, es decir a medida que progresa la dilución.

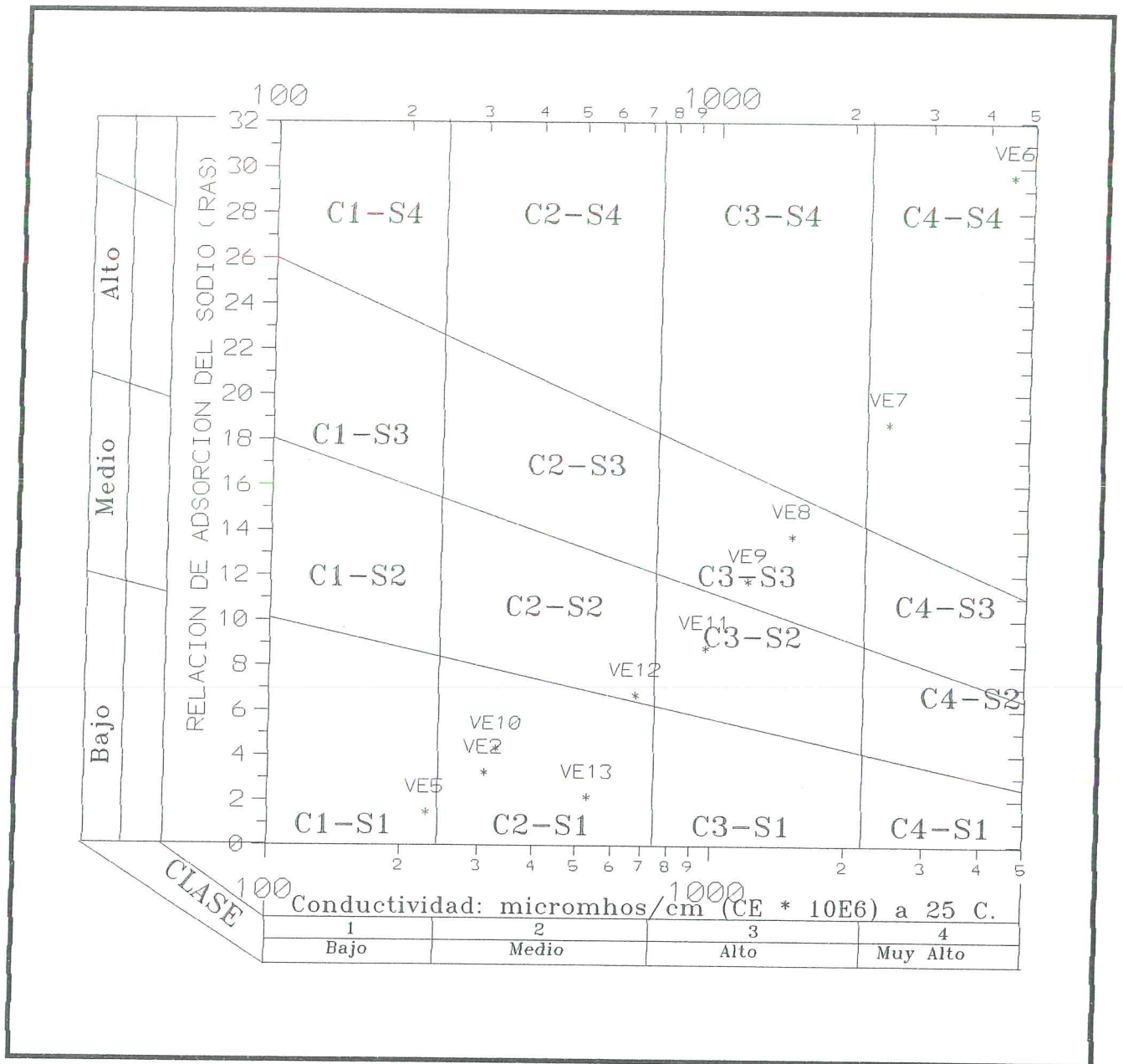


Figura n° 16 - Diagrama SAR vs CE

Análisis bacteriológico de las aguas

El estudio bacteriológico de las aguas, realizado sobre cuatro muestras, apunta a determinar la presencia de organismos patógenos, en especial de E. coli y Enteropatógenos. Los análisis se efectuaron de acuerdo a las disposiciones de la EPA de Estados Unidos, sobre calidad de agua potable. Si bien las muestras se conservaron en frío la mayor parte del tiempo, el laboratorio no considero oportuna la realización del recuento de gérmenes/ml, dado los posibles incrementos sufridos durante la etapa de transporte y el retardo (mayor de 24 h) desde la toma de la muestra hasta la efectivización del análisis.

A continuación se presentan los resultados cualitativos obtenidos para los puntos considerados:

Pozo termal Villa Elisa (Muestra VE-1):

NMP coliformes/100 ml = 0
NMP E. coli/100 ml = 0
NMP de IAC/100 ml = 0
Pseudomonas/ml = 0
Otros enteropatógenos = 0
Cualitativamente se observan escasas colonia



Calidad bacteriológica del agua: **Buena**

Napa somera (26 m - pozo molino) (Muestra VE-13)

NMP coliformes/100 ml = 0
NMP E. coli/100 ml = 0
NMP de IAC/100 ml = 0
Pseudomonas/ml = 0
Otros enteropatógenos = 0
Cualitativamente el numero de gérmenes fue reportado como escaso.

Calidad bacteriológica del agua: **Buena**

Cañadón del Zorro (Muestra VE-2)

NMP coliformes/100 ml = + (positivo)
NMP E. coli/100 ml = 0
NMP de IAC/100 ml = + (positivo)
Pseudomonas/ml = 0
Otros enteropatógenos = 0
Cualitativamente el numero de gérmenes fue reportado como abundante.

Calidad bacteriológica del agua: **Mala**

Arroyo San Pascual (Muestra VE-5)

NMP coliformes/100 ml = + (positivo)

NMP E. coli/100 ml = 0

NMP de IAC/100 ml = + (positivo)

Pseudomonas/ml = 0

Otros enteropatógenos = 0

Cualitativamente el número de gérmenes fue reportado como abundante.

Calidad bacteriológica del agua: **Mala**

* NMP: Numero más probable

Los análisis señalan la mala calidad bacteriológica del agua de los cursos superficiales en consideración. A su vez, la presencia de coliformes y organismos patógenos no fue detectada en el pozo termal ni en la napa somera de 26 m.

Síntesis de los factores de impacto ambiental

Las conclusiones extraídas de la primera parte del estudio responden a las condiciones de surgencia natural del pozo (principalmente caudal del pozo 12 m³/h y temperatura de 40.2°C).

Contaminación termal:

♦ La variación de temperatura en los cursos naturales es significativa solamente en el tramo superior del Cañadón del Zorro. Las variaciones detectadas en el Arroyo San Pascual están controladas directamente por las variaciones atmosféricas diurnas.

Contaminación química

♦ Las principales variaciones químicas dentro del sistema Cañadón del Zorro - Arroyo San Pascual - Río Gualaguaychú, son consecuencia del *alto contenido de cloruros, sulfatos, sodio y sales (principalmente SO₄Na⁺)* del pozo termal Villa Elisa.

♦ El ingreso de los efluentes en cada tramo del sistema varía en diferentes grados la composición original de los cursos y arroyos en cuestión, inclusive el tramo del río Gualaguaychú próximo a la desembocadura del arroyo San Pascual. En este punto, y considerando las variaciones de SDT, la participación de los efluentes es de aproximadamente un 2 %.

♦ A excepción de la muestra VE-13 ninguno de los puntos relevados (tanto superficiales como subterráneos) reúne condiciones de potabilidad.

♦ Los análisis químicos no reportan la presencia de niveles nocivos para la salud con respecto a los elementos menores considerados. Respecto a este último punto ciertas reservas se mantienen en cuanto al contenido de Cd, el cual debe ser evaluado en función de la aplicación.

♦ Los análisis bacteriológicos de las aguas subterráneas estudiadas señalan la ausencia de organismos patógenos. Esto no es así para los cursos superficiales muestreados,

donde la presencia de estos organismos fue detectada.

- ◆ Bajo las condiciones mencionadas el mayor riesgo se presenta en el ocasional uso para riego del agua del arroyo San Pascual. Esto se desprende de los altos índices de salinidad y el contenido de boro.
- ◆ Con el objeto de determinar la posible infiltración de las aguas del arroyo San Pascual hacia niveles acuíferos someros se destaca la necesidad de realizar un estudio de las propiedades del suelo del área y un monitoreo sobre la calidad del agua en la zona saturada.

II DESARROLLO DE POSIBLES SOLUCIONES EN CONDICIONES DE SURGENCIA NATURAL (12 m³/h)

1. Métodos de evacuación

A continuación se enumeran en forma sintética algunos de los métodos más utilizados en el tratamiento de efluentes termales. La adopción de alguno de ellos requiere de estudios detallados.

a) Descarga en ríos y dilución

Los factores que revisten importancia en esta alternativa son: las concentraciones permisibles de acuerdo a los constituyentes del efluente residual y la capacidad de dilución. Esto resulta viable en circunstancias donde el agua residual posee un bajo contenido salino, siendo factible de ser reducido mediante una dilución previa al vertido de las aguas en los sistemas naturales; haciendo que los posibles efectos nocivos sobre la flora y fauna local sean eliminados.

Las estimaciones realizadas a través del contenido de SDT para el caso en cuestión y comparadas con las concentraciones de la muestra VE-13 (napa somera a 26 m de profundidad), arrojan una relación de dilución de 1:24 para reducir los SDT del pozo termal VE-1 a una concentración de 1000 mg/l. Esto requeriría, acorde con el caudal actual de surgencia (12 m³/h), la disponibilidad de un pozo/s de agua de composición similar a VE-13 con posibilidad de extracción de aproximadamente 240 m³/h. La relación se encuentra condicionada con el posible aumento de los caudal a utilizar en el emprendimiento. Por otro lado la superficie para realizar dicho proceso necesitaría de amplias dimensiones dado los volúmenes de agua involucrados.

La descarga de aguas termales en ríos o arroyos, y en especial cuando los caudales de estos no son lo suficientemente elevados, constituyen un factor limitante para la posible expansión del sistema o actividad que se desarrolle.

Por otro lado cuando los sistemas de drenaje natural no cuentan con las características apropiadas (caudal etc.) para una rápida evacuación del efluente, el transporte de los mismos (acueductos) hacia lugares apropiados es una posibilidad de eliminación dependiendo de las distancias y tipo de terreno a atravesar. El transporte de agua residual de carácter salino, por medio de viaductos o cauces naturales, por efectos de infiltración a través de fracturas o permeabilidad de las rocas, presenta constante riesgo de contaminar acuíferos subterráneos o aguas superficiales, utilizados para fines de riego o consumo domestico. En estos casos es recomendable revestir las instalaciones con materiales impermeables, de manera que disminuyan las pérdidas por infiltración.

b) Sistemas de reinyección

De las diferentes alternativas, la reinyección es una de las que menor impacto ambiental suele presentar. Sin embargo la misma debe ser cuidadosamente evaluada ya que los costos que ella implica no siempre justifican los resultados que se desean obtener. La realización de perforación para reinyección requiere de un detallado estudio hidrológico con el objeto de establecer parámetros de la formación receptora, direcciones de circulación de aguas dentro del acuífero, etc.

Si bien esta es una de las alternativas consideradas como "más limpias", la misma debe contemplar ciertos riesgos tales como: contaminación de acuíferos someros, si las obras de perforación no son adecuadas y formación de incrustaciones en los filtros del pozo los

cuales acortan la vida útil del pozo. Por otro lado si la reinyección se establece en la misma formación productora es necesario contemplar el uso de bombas que superen la presión natural del acuífero.

c) Piletas de evaporación

Las piletas de evaporación constituyen un solución viable en áreas donde el clima así lo permita. Para el buen funcionamiento de este sistema se considera necesario un alto índice de evaporación, y estar en un sistema hidrológico que no permita infiltraciones de agua salina que pueda contaminar acuíferos subterráneos someros de buena calidad y en uso para otras actividades.

Las condiciones climáticas de la zona de interés hacen que este tipo de mecanismo no resulte viable.

d) Sistemas de eliminación de sales.

Existen en el mercado diferentes tipos de mecanismos para el saneamiento y obtención aguas de mejor calidad, eliminando o reduciendo el contenido salino de aguas.

1.4.1. Osmosis Inversa.

La osmosis inversa es un proceso utilizado para la desalinización de aguas de alto contenido de minerales. El método se basa en la retención de las sales disueltas por filtración a alta presión, a través de membranas semipermeables, las cuales arrojan como resultado agua de buena calidad. La reducción del contenido de sales puede llegar a ser de hasta un 90 %. Sin embargo este proceso genera un efluente concentrado en sales que de no existir un sumidero adecuado no es una solución al problema de los efluentes. El costo estimativo de un sistema que filtrara los 12 m³/h de surgencia natural del pozo, superaría ampliamente el millón de dólares, y su diseño altamente complejo en cuanto la cantidad de etapas de filtrado.

1.4.2. Resinas de Intercambio Ionico

Las resinas de intercambio ionico constituyen un sistema similar a un filtro en el cual queda atrapado el contenido catiónico disueltos en el agua. Si bien este sistema no genera un efluente concentrado, el residuo acumulado en las resinas debe ser periódicamente eliminado. Este proceso lleva consigo la utilización de importantes volúmenes de soda cáustica y ácido clorhídrico. Evidentemente el residuo generado por esta acción debe ser también eliminado de alguna manera, que ante la ausencia de infraestructura adecuada no presenta mayor solución al problema. Por otro lado, el alto contenido de SDT, hace que dicho método sea poco viable, en cuanto a los volúmenes de resina a utilizar. De todos modos los cálculos de costo aproximado para un sistema capaz de cumplir esta función, indican que solo en resinas (considerando un caudal de 12m³/h) el mismo alcanzaría la suma de aprox. 1.3 millones U\$S.

Conclusiones (parte II)

♦ Una de las mayores dificultades en el tratamiento de las aguas termales efluentes del pozo termal de Villa Elisa, la constituye su elevada salinidad y su elevado contenido en SDT (14400 mg/l). Si bien existen diferentes metodologías y sistemas de evacuación para este tipo de fluidos su aplicación, en algunos casos, resulta poco viable debido a la composición de las aguas, caudales a utilizar, infraestructura del área, etc. .

◆ Las consultas realizadas a empresas especializadas en el tratamiento de efluentes indicaron la baja viabilidad de la aplicación de sistemas de eliminación de sales. Este hecho radica en que ninguna de estos métodos eliminan el problema en si. Por otro lado los costos estimados de instalación y mantenimiento son muy altos. Los mismos fueron realizados considerando un caudal de uso de $12\text{m}^3/\text{h}$, estando cualquier variación del mismo sujeto a costos ampliamente superiores.

III - DESARROLLO DE POSIBLES SOLUCIONES CON CAUDALES MÍNIMOS

El problema principal de los efluentes termales del pozo Villa Elisa lo constituyen:

- a) su alto índice de salinidad y
- b) los caudales utilizados y posteriormente volcados al sistema de drenaje

De las dos variables el caudal puede ser un elemento a ser manejado con mayor viabilidad. De esta forma la utilización de bajos caudales, surge como una posible solución al problema. Estos, se relacionan directamente con el grado de participación, y capacidad de dilución en los cursos superficiales. No obstante, esta posible solución, tendría que ser analizada en forma conjunta con el proyecto dado que son dependientes de la magnitud y características del proyecto que se contemple realizar.

1. Pérdidas de calor

Las piletas constituyen un mecanismo de aplicación frecuente en los complejos termales recreativo-terapeúticos. Para obtener una idea aproximada de los caudales necesarios y el mantenimiento de temperaturas constantes en piletas, es necesario determinar las pérdidas de calor que sufren las mismas. De forma general se establece que un cuerpo de agua al aire libre (en este caso una pileta), expuesto a los factores climáticos externos, intercambia calor -directa e indirectamente-, con la atmósfera por vía de cuatro mecanismos principales: a) evaporación, b) convección, c) radiación y d) conducción; cada uno de estos gobernado por diferentes parámetros.

1.1. Pérdidas por Evaporación

En general la pérdida de calor por evaporación constituye el mayor componente de la pérdida total de calor de una pileta. La velocidad a la cual se produce la evaporación es función de la velocidad del aire y la diferencia de presión de vapor entre el agua de la pileta y el vapor de agua en el aire (diferencia de presión de vapor). A medida que la temperatura de la pileta se incrementa o la humedad relativa del aire decrece, la velocidad de evaporación aumenta.

1.2. Pérdidas por Convección

La pérdida de calor por convección constituye, en orden de importancia, el segundo mecanismo de pérdida. Este se asocia a la pérdida de temperatura debido al aire frío que circula sobre la superficie de la pileta. Los dos factores que influyen de manera más contundente son la velocidad del viento y la diferencia de temperatura entre la superficie de la pileta y el aire.

1.3. Pérdidas por Radiación

La radiación es el tercero de los mecanismos, en orden de magnitud. Este es dependiente de la temperatura de la superficie de la pileta y el aire circundante. Bajo circunstancias normales el intercambio de calor por radiación se asume que ocurre entre dos cuerpos sólidos con escasa o sin ningún tipo de ganancia al aire. Sin embargo, la pérdida de calor por evaporación que acontece en las cercanías de la pileta, ocasiona que el aire próximo tienda a contener grandes cantidades de vapor de agua. Cuando esto sucede, la superficie de la pileta irradia calor al vapor de agua en el aire, que se asume esta a la

temperatura del aire.

1.4. Pérdidas por Conducción

Esta es la pérdida de calor asociada a las paredes de la pileta y diseños de las mismas, y en relación a los cuatro ítems anteriores es por lejos la menor de todas.

2. Análisis de la pérdida de calor en la pileta del surgente

A modo de ejemplo se presentan los cálculos estimativos de pérdidas de calor que supone una pileta de las características que se encuentra actualmente en el predio termal de Villa Elisa. Dado que estos cálculos son dependientes de variables climáticas los datos utilizados responden a las condiciones de máxima demanda, es decir bajo las condiciones climáticas más desfavorables. Es importante hacer notar que climas más benignos (variaciones estacionales) inciden en los resultados haciendo que estos sean menores.

La siguiente es una evaluación inicial, la realización de diseños finales debe ser contemplada por un riguroso procedimiento de cálculos y por profesionales abocados a dicho tema.

La infraestructura actual del predio que alberga el pozo termal Villa Elisa se encuentra en una etapa inicial. La misma cuenta con una pileta al aire libre cuyas dimensiones son de 8 m de largo, 3 m de ancho y aproximadamente 1.5 m de profundidad. El agua termal de la pileta proviene directamente del pozo e ingresa al mismo con una temperatura de 40.2 °C y un caudal de 12 m³/h. Este mismo caudal, con su temperatura levemente reducida (39.2°C) es desalojado por medio de un orificio lateral en la pared de la pileta el cual tras un recorrido de aproximadamente 150 m ingresa en el Cañadón del Zorro.

Los datos climáticos considerados son extraídos de información del servicio meteorológico nacional y responden a los mínimos anuales en el caso de la temperatura (5.1 °C) y máximo para los vientos (12 km/h). Las presiones de vapor de agua y presión de vapor de agua en el aire, al punto de saturación, corresponden a las temperaturas del agua y atmósfera consideradas respectivamente. Teniendo como base que la temperatura de los tratamientos balneológicos oscila entre los 34° y 39° C, el cálculo se realizara estimando un promedio de dicho rango de temperaturas, es decir 36.5°C.

Sumario de las pérdidas de calor (piletas aire libre)

Tipo	kcal/h	Porcentaje	
Evaporación	12561	55.5	%
Convección	5723	25.3	%
Radiación	3544	15.7	%
Conducción	809	3.6	%
Total	22637	100	%

El caudal necesario para mantener las condiciones planteadas correspondería a 6m³/h, es decir prácticamente la mitad del caudal surgente natural del pozo.

Realizando el mismo desarrollo pero incrementado las dimensiones de la pileta al doble del tamaño actual (6m x 8 m) se obtendría:

Sumario de las pérdidas de calor (piletas aire libre)

Tipo	kcal/h	Porcentaje	
Evaporación	25122	56.2	%
Convección	11446	25.6	%
Radiación	7089	15.8	%
Conducción	1069	2.4	%

Total	44725	100	%
--------------	--------------	------------	----------

Donde el caudal necesario para satisfacer las mismas condiciones asciende a 11.9 m³/h, que responde al caudal actual del surgente. Esto indica que dicho caudal sería un factor limitante para la expansión del proyecto.

Los ensayos de bombeo pusieron en evidencia la capacidad de explotación del pozo a 130 m³/h. Sin embargo y como se mencionara anteriormente el objetivo apunta a disminuir lo mayor posible el caudal a utilizar.

Reducción de los requerimientos de calor.

La reducción de las pérdidas de calor trae aparejado la disminución de los caudales necesarios para mantener una temperatura estable. A continuación se presentan algunas alternativas para alcanzar dicho objetivo.

Cobertura de superficie

Las pérdidas de calor de la superficie de una pileta están principalmente influenciadas por la velocidad del viento y la diferencia de temperatura entre la pileta y el aire circundante. Por lo tanto cualquier método que pueda ser utilizado para reducir cualquiera de estas variables debería reducir substancialmente los requerimientos de calor.

Para el caso de piletas al aire libre una cobertura flotante es un ejemplo excelente. La utilización de espumas de celda cerrada de aproximadamente 1.5 cm de espesor reduce substancialmente las pérdidas de calor por evaporación disminuyendo ampliamente el porcentaje de calor perdido.

Cerramiento de piletas.

Aunque de costo mayor, el cerramiento de piletas es una opción para evitar las pérdidas de calor. Las ventajas de esto dependen de las técnicas de construcción empleadas (material de cobertura, grado de crecimiento, presión, ventilación). La variedad de los métodos de construcción y materiales son muy amplios. Las ventajas básicas de un cerramiento son a) reducción de la velocidad del aire, reducción de la diferencia de temperatura entre la pileta y el aire circundante y c) reducción de la diferencia de presión de vapor entre el agua de la pileta y el aire (incremento de la humedad relativa). Este tipo de técnicas reduce las pérdidas de calor por evaporación, convección y radiación.

A modo comparativo se presentan las pérdidas de calor relacionadas con los dos casos previos bajo condiciones de cerramiento. Se considera la temperatura del interior del ambiente cerrado a 25°C y la presión de saturación del aire a dicha temperatura.

**Sumario de las pérdidas de calor
(piletas cerradas)**

Tipo	kcal/h	Porcentaje	
Evaporación	5723	63.2	%
Convección	1092	12.1	%
Radiación	1431	15.8	%
Conducción	809	8.9	%
Total	9055	100	%

Para el caso de doblar las dimensiones tenemos que:

**Sumario de las pérdidas de calor
(piletas cerradas)**

Tipo	kcal/h	Porcentaje	
Evaporación	11446	65.2	%
Convección	2184	12.4	%
Radiación	2861	16.3	%
Conducción	1069	6.1	%
Total	17561	100	%

Donde el caudal requerido para ambos casos es de 2.5 y 4.8 m³/h respectivamente. De esto se desprende que las metodologías para evitar o reducir las pérdidas de calor constituyen una alternativa interesante para disminuir los caudales a utilizar.

Si bien la utilización de sistemas de cerramiento demuestra que los caudales a aplicar resultan inferiores, los mismos siguen sujetos a la magnitud y características del complejo a desarrollar.

El sistema cerrado como alternativa de uso.

Una alternativa a considerar sería el recirculado del agua de la/s pileta a través de un circuito cerrado con intercalación de filtros y sistema de recalentamiento con aportes mínimos del pozo. Este sistema requeriría: a) una baja demanda directa del pozo, utilizada solamente como elemento de renovación del agua de en las piletas y b) el aporte de una fuente térmica externa que supla la caída de temperatura producida durante la recirculación del agua. En relación a este último punto es importante destacar que el salto térmico para retornar el agua a su temperatura original (40.2°C) no sería demasiado importante considerando que la temperatura de salida coincidiría con la existente en la pileta (por ej.: 36.5°C) o quizás levemente menor.

Los caudales necesarios para la renovación del agua de la pileta se verían reducidos ampliamente.

Esto permitiría el desarrollo de una superficie, convenientemente adecuada (utilización de membranas impermeables **geomembranas o geotextiles**) destinada a la dilución de este efluente (laguna artificial), donde las proporciones de mezcla serían más fácilmente alcanzables. Una vez lograda la dilución, las aguas podrían ser derivadas a través del cauce del arroyo San Pascual, bajo constante monitoreo de las condiciones del efluente en el punto de salida de la laguna artificial.

IV NUEVO ENFOQUE DE LA APLICACIÓN ECONÓMICA: "CENTRO TERAPÉUTICO DE BAÑOTERAPIA".

Se desarrolla una solución alternativa en función a un cambio de criterio en la aplicación económica. Es decir no manejar el proyecto con objetivo de un "Complejo Turístico Termal" sino como un "Centro Terapéutico de Bañoterapia", para lo cual se analizan las características mineromedicinales de las aguas de Villa Elisa y su posible gama de aplicaciones en la terapéutica termal.

1. Turismo de Salud

Las tendencias mundiales en cuanto a la actividad turística se refiere demuestran que el ser humano esta volviendo a la vida natural en todas sus expresiones y la Argentina no es un mero espectador de esta situación. Por lo tanto una de las posibilidades del aprovechamiento del recurso termal es la industria del turismo. En los últimos años el turismo de salud ha alcanzado en nuestro país un importante desarrollo. Este tipo de turismo alternativo brinda la posibilidad de vivir al aire libre, matizando con diversos deportes y actividades recreativas que brindan al visitante una estadía alejada de su diaria rutina.

El auge de los denominados centros SPA de salud integral, tanto a nivel internacional, como así también en el ámbito de nuestro país es notorio y de público conocimiento. Existe una amplia gama de servicios ofrecidos por estos centros, entre los cuales se incluyen gastronomía, actividades recreativas, tratamientos antiestress, etc.; sin embargo no son muchos los centros que dentro de sus servicios pueden ofertar tratamientos de hidrología médica a través del uso de aguas termales y las curas hidrotermales, hidroterapia.

A modo de ejemplo en nuestro país existen numerosos centros termales, que ofrecen este tipo de servicios complementados con otras actividades, entre los cuales los más reconocidos son sin duda las tradicionales Termas de Río Hondo en Santiago del Estero, Termas de Rosario de La Frontera en la provincia de Salta, Copahue-Caviahue en la provincia de Neuquen, y centros más modernos, surgidos a partir de la creciente demanda por este tipo de turismo, como Cacheuta en la provincia de Mendoza (el cual fuera reformado en los últimos años), Termas de Larroude en La Pampa y Federación en Entre Ríos.

Dentro de las actividades que se desarrollan en el turismo de salud se encuentran: la terapéutica curativa, contrarrestar males que necesitan como norma la tranquilidad, dietas equilibradas, gimnasia corporal, masajes terapéuticos y actividades recreativas; y en especial a través del uso de aguas termales, baños (en todas sus variantes) e hidrocinesiterapia (ejercicios en el agua, importante en la rehabilitación actual).

En las curas hidrotermales el principal agente terapéutico son las aguas termales y las técnicas utilizadas, pero también hay que considerar la influencia del ambiente de la localidad balnearia, de fondo muy diferente del habitual para los pacientes en cura, donde a las propiedades terapéuticas de las aguas se suma el valor paisajístico de la zona.

2. Principales características de las aguas termales y su utilización en balneoterapia

Las aguas mineromedicinales son, en esencia, mezclas homogéneas de composición diversa, en las que el medio de dispersión es el agua pura en la que se ionizan los más

diversos electrolitos: ácidos, bases y sales. En relación con esta variada composición química y peculiar equilibrio entre sus componentes se encuentran las diferentes propiedades físico-químicas a las que se atribuyen propiedades de amplia repercusión terapéutica y biológica.

En las aguas mineromedicinales es de enorme importancia considerar la cantidad total de sus factores mineralizantes (sólidos disueltos totales), pero quizá más las distintas sustancias fijas disueltas. De la mineralización total dependen muchas propiedades, tales como sus efectos osmóticos, densidad, viscosidad, tensión superficial, etc.; pero la mayoría de sus efectos sobre el organismo, no meramente físicos, se relacionan con los componentes más destacables que llevan en disolución, entre los que figuran los cationes: sodio, calcio, magnesio, potasio, litio, hierro, etc., y los aniones: cloruro, sulfato, bicarbonato, etc.

3. Consideraciones generales sobre las propiedades de las aguas termales de Villa Elisa - Aguas Cloruradas

La composición química de las aguas termales de Villa Elisa se caracterizan por ser cloruradas sódica de mineralización fuerte. En estas aguas predomina el cloruro entre los aniones y el sodio entre los cationes. A esta mineralización predominante se asocian los iones sulfato, bicarbonato, calcio, magnesio, etc.; pero las acciones sobre el organismo se deben esencialmente a los iones cloruro y sodio, la concentración salina y la temperatura.

3.2. Efectos de las aguas cloruradas sobre el organismo

Las aguas cloruradas se comportan como estimulantes de las funciones celulares, del trofismo tisular, de la actividad secretoria, del metabolismo, etc.; pero tales efectos son en gran parte dependientes de la concentración.

La forma más frecuente de utilizar las aguas cloruradas propiamente dichas es la balneación y las duchas e irrigaciones, aunque también las inhalaciones y pulverizaciones son técnicas importantes en determinados establecimientos balnearios. En todas estas diferentes formas de administración, el territorio orgánico más directamente afectado es el tejido de revestimiento: piel y mucosas; pero también hay que considerar la respuesta general del organismo.

En el caso concreto de los baños y duchas cloruradas, los efectos más destacables son los puramente hidroterápicos dependientes de las acciones físicas del agua, en particular las relacionadas con la presión hidrostática, el principio de flotación y la temperatura. Además, es preciso tener en cuenta la intervención de los elementos químicos predominantes en la composición de las aguas, que les confieren sus acciones específicas, y que, en el caso de las aguas cloruradas sódicas, podemos resumir como sigue: aumento del poder de defensa de la piel y mucosas; acciones antiflogísticas, resolutivas y ligeramente antisépticas en el caso de aguas hipertónicas, y, finalmente, efectos generales de estimulación orgánica. Todos estos efectos se registran en las aplicaciones tópicas de las aguas cloruradas, haciéndose particularmente acusados en las técnicas que afectan más directamente a las mucosas del aparato respiratorio, digestivo y genital femenino.

En general, las aplicaciones de aguas cloruradas, tanto más cuando mayor sea su mineralización, determinan fenómenos físicos coloido-osmóticos que favorecen la movilización y el establecimiento de corrientes serosas en los tejidos que facilitan la

eliminación de catabolitos y la desaparición de acúmulos exudativos. Hay también que considerar la estimulación de los estratos celulares y terminaciones nerviosas de la piel y mucosas que conlleva la puesta en marcha de reflejos múltiples, en particular del sistema nervioso vegetativo, de amplia repercusión sobre el metabolismo general, el equilibrio endocrino, etc., llegando a determinar una agresión o stress, capaz de activar los mecanismos generales de defensa del organismo.

En resumen, las aguas cloruradas sódicas se pueden considerar estimulantes generales, resolutorias y antiinflamatorias. Las principales indicaciones de la balneación con estas aguas cloruradas están en la recuperación de intervenciones quirúrgicas sobre el aparato locomotor, lesiones traumáticas, afecciones reumáticas crónicas, etc.; procesos crónicos de vías respiratorias y aparato genital femenino, estados de debilidad orgánica y escasa capacidad reaccional defensiva en la infancia y primeras edades. Las inhalaciones y pulverizaciones son favorables en procesos crónicos del aparato respiratorio y zonas asequibles del aparato digestivo. Las irrigaciones son aconsejables en procesos enterocólicos y ginecológicos crónicos y de evolución tórpida.

En general, las aguas cloruradas suelen ser bien toleradas; pero en algunos casos se pueden presentar a partir del tercer o cuarto día de iniciado el tratamiento: malestar general, dolor de cabeza, palpitaciones, excitación o abatimiento, trastornos digestivos, etc., aunque nunca revistan carácter alarmante y cedan fácilmente a la atenuación o supresión temporal de la cura. Por otra parte, la administración muy prolongada también puede determinar alteraciones a partir de la tercera o cuarta semana, que ceden, igualmente, al atenuar o suspender el tratamiento.

Las aguas cloruradas tienen las contraindicaciones generales de las curas crenoterápicas en general; esto es, procesos en fase aguda o de posible agudización, manifestaciones cancerosas, estados caquéticos, graves trastornos metabólicos, etc.; pero en tanto las aplicaciones tópicas de estas aguas en forma de baños, duchas, inhalaciones, etc., carecen de contraindicaciones generales.

Las técnicas de administración predominante en estas aguas son las siguientes: balneación con las aguas tal como emergen del recurso o modificadas en concentración y temperatura, cuando tales propiedades se alejan de las que se consideran convenientes. La temperatura más frecuente en el tratamiento de procesos reumáticos, rehabilitación postoperatoria, etc., es de 34° a 39°; pero si se pretende alcanzar un efecto estimulante deberá ser algo más baja a la indiferente (36°C). En todos los casos, el tiempo de aplicación dependerá de las características anteriores y la peculiar tolerancia del propio enfermo.

Las aguas cloruradas mixtas, sulfatadas y/o bicarbonatadas aplicadas en balneación, duchas, inhalaciones, irrigaciones, etc., se comportan como antiflogísticas y estimulantes de la función celular, cicatrización y trofismo, además de ligeramente antisépticas.

CONCLUSIONES FINALES

- ◆ En el presente estudio se volcaron las conclusiones generadas a partir de los datos recolectados en las tareas de campo y su posterior desarrollo en gabinete. Las mismas se basan en las condiciones (caudal, temperatura, época del año etc.) del sistema al momento de realizar los trabajos.
- ◆ Las variaciones de temperatura que se producen en los cursos superficiales no son significativas, estando controladas principalmente por las variaciones atmosféricas diurnas. Los efectos más notorios son detectables en el tramo superior del Cañadón del Zorro. Dada la temperatura del recurso, 40.2° C, el enfriamiento de la misma, previo a su eliminación y a temperaturas similares a las de fondo del sistema, no supone una complejidad.
- ◆ Las variaciones químicas dentro del sistema Cañadón del Zorro - Arroyo San Pascual - Río Gualaguaychú, son consecuencia del alto contenido de cloruros, sulfatos, sodio y sales (principalmente SO_4Na^+) del pozo termal Villa Elisa. Estas modificaciones y el grado en que afectan al sistema son proceso directo de los caudales que son vertidos.
- ◆ La mayor dificultad en el tratamiento de las aguas termales efluentes del pozo la constituye su elevada salinidad y su elevado contenido en SDT (14400 mg/l). Esto hace que las diferentes metodologías y sistemas de evacuación para este tipo de fluidos resulta poco viable. Además estas también están estrechamente ligadas a los caudales a utilizar.
- ◆ El caudal necesario es función de la actividad y magnitud de los objetivos a desarrollar. El pozo cuenta, según ensayos de bombeo, con una capacidad de 130 m³/h. De todos modos y en base a los resultados obtenidos, cuanto menor sea el caudal a utilizar menores serán las perturbaciones ocasionadas al medio ambiente.
- ◆ El agua termal de Villa Elisa si bien constituye un riesgo para diferentes aplicaciones de uso habitual (uso domestico, riego, etc.), presenta por su grado de mineralización características excelentes desde el punto de vista de los tratamiento de balneoterapia.

Agradecimientos

Queremos dejar sentado nuestro agradecimiento a las autoridades y al personal de la Municipalidad de Villa Elisa por su cooperación, disponibilidad y hospitalidad.