

# **MONITOREO Y CONTROL DE EMISIONES Y DESCARGAS**

## **CONTAMINANTES DEL AGUA**

## **CONTENIDOS**

Estudio del impacto de la descarga cloacal de la ciudad sobre el estuario de Bahía Blanca.....	3
Monitoreo de efluentes líquidos.....	6
Hidrodinámica del Area Costera de Ingeniero White.....	20
Pozos de Monitoreo - Análisis del Acuífero Freático.....	50

## **Sección I**

### **Proyecto:**

**Estudio del impacto de la descarga cloacal  
de la ciudad sobre el estuario de Bahía  
Blanca**

# Estudio del impacto de la descarga cloacal de la ciudad sobre el estuario de Bahía Blanca

## Resumen

Para poder obtener información de campo que permita identificar el/los impactos que genera la descarga cloacal de la ciudad de Bahía Blanca sobre el estuario asociado se propone aplicar el siguiente esquema de trabajo:

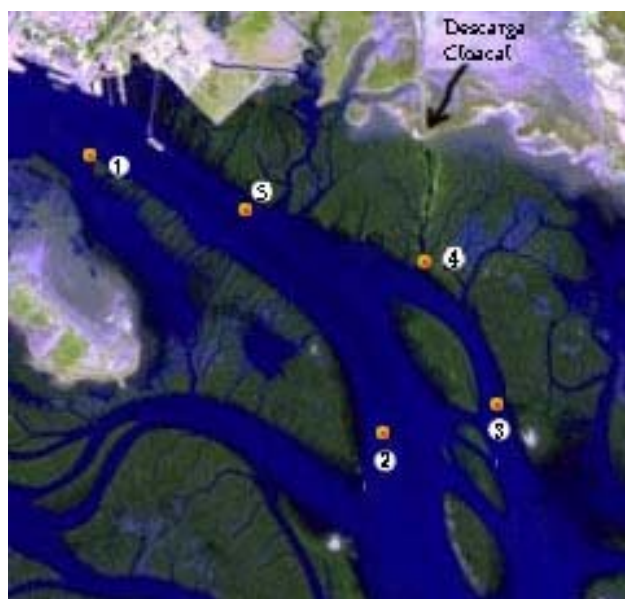
1. Se fijó una grilla de muestreo en la zona de descarga, para cuantificar la extensión de la descarga así como el contenido de algunas sustancias que puede transportar, y que podrían modificar las condiciones físico-químicas del sistema. Esta grilla incluye cinco (5) estaciones de muestreo, distribuidas de la siguiente manera (**Figura 1**):
  - Una (1) en el interior del Canal de descarga cloacal (*Est.4*).
  - Una (1) en el Canal Vieja, hacia la zona exterior (a aproximadamente 2,5 km de la boca del Canal de descarga cloacal) (*Est. 3*)
  - Una (1) a 200 mts. de la desembocadura del A°. Napostá Grande (*Est.5*).
  - Una (1) estación en el Canal Principal, a la altura de la última estación exterior de Canal Vieja (*Est.2*).
  - Una (1) estación en el Canal Principal, en cercanías de Ing.White, correspondiéndose con la estación 4 del programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca actualmente en desarrollo (*Est. 1*).
2. En esta grilla se realizarán campañas de investigación cada cuarenta y cinco días (45) en las que se llevarán adelante las siguientes tareas:
  - Medición *in situ* de parámetros físico-químicos del agua del estuario . temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, turbidez.
  - Cuantificación del contenido de pigmentos fotosintetizadores (clorofila *a* y feopigmentos) en el material particulado en suspensión del sistema.
  - Determinación del contenido de nutrientes inorgánicos de nitrógeno (nitrato, nitrito, amonio), fósforo (fosfato) y silicio (silicato) disueltos en el agua del estuario.
  - Determinación del contenido de materia orgánica particulada en el agua del estuario y en el sedimento.
  - Determinación del contenido de metales pesados (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) disueltos en el agua del estuario y en sedimentos de cada estación. *Idem* para mercurio (Hg).

- Determinación del contenido de hidrocarburos totales disueltos en el agua del estuario y en sedimentos de cada estación.
3. Por otra parte se tomarán muestras quincenales y mensuales en la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales, ubicada sobre ruta 252, para las determinaciones de parámetros mayoritarios y metales pesados respectivamente (Est. Descarga Cloacal).

Los datos se analizarán en forma particular (por campaña de muestreo) así como en forma general (analizando el año en forma conjunta). También se compararán los datos obtenidos con datos históricos del sistema, tratando de identificar la existencia de variaciones temporales en el efecto que la descarga causa sobre el mismo.

Se presentará un informe de avance luego de realizada la mitad del proyecto a los 90 días de realizada la cuarta campaña, y un informe final a los 90 días de realizada la última campaña .

Las tareas serán realizadas por personal científico-técnico del Laboratorio de Química Marina del IADO con la participación de personal del Laboratorio de Química Ambiental de la UNS.





## MONITOREO DE EFLUENTES LIQUIDOS

Se analizan a continuación los monitoreos de efluentes líquidos llevados a cabo por el Comité Técnico Ejecutivo sobre las Empresas comprendidas en la ley 12.530, hasta el día 29/05/2003. Los resultados analíticos se comparan con los valores de la Ley 5.965 (Decreto 3.970/90, Resolución 389/98) y de la Ordenanza Municipal 8.862.

Los muestreos se llevaron a cabo en las correspondientes cámaras tomamuestra y de aforo que las Empresas disponen para tal fin (Fig. N° 1). En esos sitios se efectúa además la medición del caudal vertido. Se han realizado aproximadamente 1500 determinaciones de parámetros fisicoquímicos.

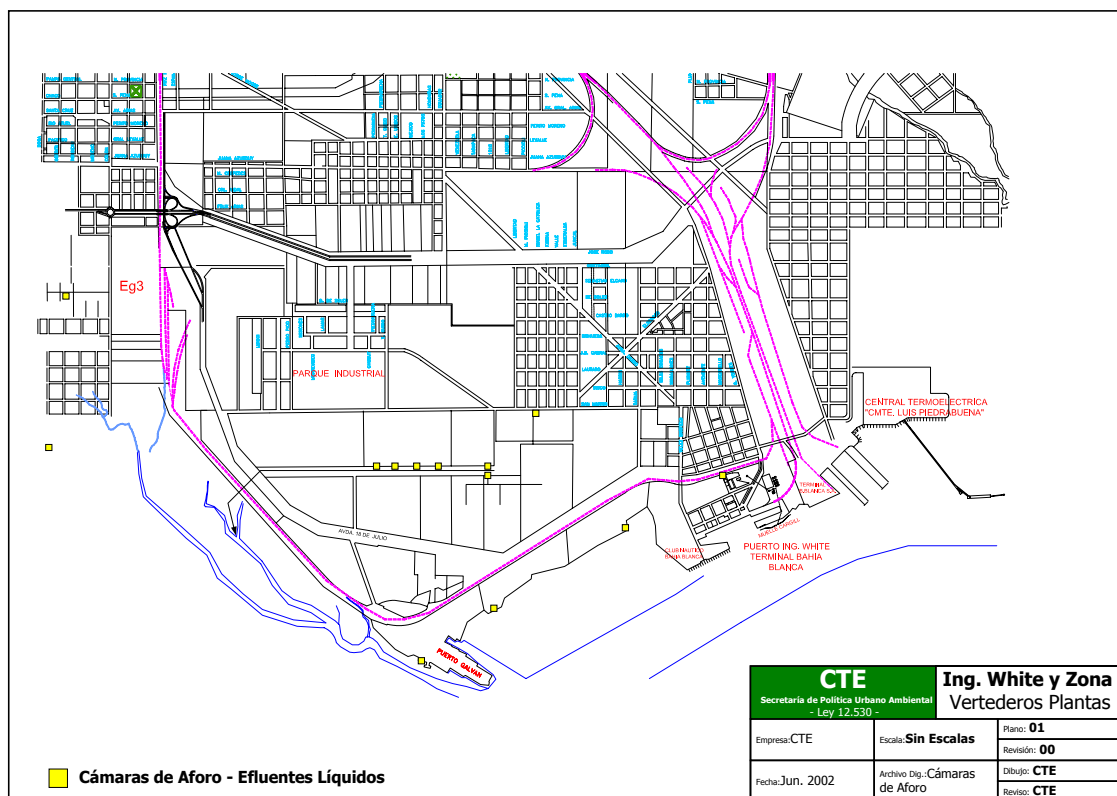


Fig. N°1. Localización de los sitios de toma de muestra.

Las muestras que se toman son de tipo compensada. Este procedimiento permite obtener una muestra representativa del efluente vertido teniendo en

cuenta los cambios operativos que se producen en el proceso a lo largo del día.

Las distintas Empresas bajo la órbita del CTE, cuentan con diferentes sistemas de vertido de sus efluentes, todos ellos con destino final la Ría de Bahía Blanca.

Podemos diferenciar cuatro tipos de descargas de efluentes industriales, que serán analizados independientemente, de acuerdo al cuerpo receptor del vertido:

- 1- **Al canal colector unificado del Polo Petroquímico.**
- 2- **Al arroyo Saladillo García.**
- 3- **Directamente a la Ría.**
- 4- **A la red cloacal.**

#### **1- Canal colector unificado del Polo Petroquímico.**

El canal colector del Polo Petroquímico, recibe los efluentes de las siguientes Empresas y los vuelca a la ría:

<b>Empresa</b>	<b>PBB-Polisur</b>	<b>INDUPA</b>
<b>Planta</b>	LHC I LHC II EPE LDPE HDPE	Cloro Soda VCM PVC

Solvay -Indupa posee un único punto de descarga unificado, al cual vierten los efluentes de las plantas de Cloro Soda, PVC y VCM.

Las dos plantas de craqueo, LHC I y II, poseen una única planta de tratamiento de efluentes oleosos, la cual descarga sus vertidos por la cámara de LHC I. El efluente de LHC II, fundamentalmente vierte al colector las purgas de las torres de enfriamiento y otros no oleosos (por esta razón difieren los parámetros



analizados).

Lo mismo ocurre en las plantas de EPE y LDPE, en las cuales los efluentes oleosos son tratados en la planta de LDPE y vertidos por su punto de descarga. Los efluentes de EPE provienen fundamentalmente del sistema de purgas de las torres de enfriamiento y otros no oleosos.

## **Conclusiones**

Si analizamos los valores de la tabla I, encontramos que en su mayoría se encuentran dentro de los parámetros legales, con la excepción de niveles de DBO, DQO y Sólidos Sedimentables en 10 minutos en el efluente de Solvay-Indupa. Al respecto la empresa está realizando trabajos de adecuación de sus vertidos, cuyo seguimiento está a cargo del CTE, y se observa una disminución en los valores de los parámetros mencionados con respecto a los promedios obtenidos con determinaciones tomadas hasta el 12/08/02 y que fueron reportadas en un informe anterior.

Por otro lado se han registrado, en casos muy puntuales, algunos valores que excedieron a los permitidos por las normas, en la planta de LHC I, aunque la intensificación de los monitoreos muestra que solo se trató de registros puntuales y muy cercanos a los valores regulados.

En la planta de HDPE se detectó, en dos oportunidades, una concentración de hierro en el efluente vertido superior al permitido por la Legislación Provincial, y a su vez en una de las habituales inspecciones se verificó un bajo pH del líquido. El CTE solicitó a la empresa la explicación de estos hechos.

## **2- Al arroyo Saladillo García**

La planta de TGS-Cerri es la única empresa bajo la órbita del CTE que vierte sus efluentes al arroyo Saladillo García.

En la Tabla II se pueden observar los valores promedios obtenidos en los diferentes monitoreos y la comparación con la legislación vigente.

### **Conclusiones**

Podemos ver que todos los valores encuadran dentro de los permitidos por la normativa vigente.

### **3- Directamente a la Ría**

Las siguientes Empresas vierten directamente sus efluentes a la Ría de Bahía Blanca:

- Petrobrás
- Compañía MEGA
- PROFERTIL

Los parámetros a monitorear difieren ya que se tratan de Empresas con distintos procesos productivos y manejo de diferentes productos.

En la Tabla III se pueden observar los valores promedios obtenidos en los diferentes monitoreos y la comparación con la legislación vigente.

### **Conclusiones**

Podemos ver que todos los valores encuadran dentro de los permitidos por la normativa vigente, y solo la empresa Profertil excedió en una oportunidad los límites permitidos para nitrógeno amoniacal y sólidos sedimentables, por lo que estos pueden considerarse casos muy puntuales.

#### **4- A la red cloacal**

Las Empresas Cargill y Air Liquide vierten sus efluentes directamente a la red cloacal.

En la Tabla IV se pueden observar los valores promedios obtenidos en los diferentes monitoreos y la comparación con la legislación vigente.

#### **Conclusiones**

A excepción de los Sólidos Sedimentables monitoreados en el efluente de Cargill, que excedieron los valores permitidos en alguna oportunidades durante procesos de limpieza, el resto de los valores se encuentran dentro de los permitidos por la Legislación vigente.

#### **Monitoreo del Canal Colector Consorcio Polo Petroquímico**

Se llevó a cabo un monitoreo periódico sobre el Canal Colector del Consorcio Polo Petroquímico. Los valores promedio obtenidos y su comparación con la legislación vigente se muestran en la Tabla V.

#### **Conclusiones**

Se puede observar que todos los valores encuadran dentro de los permitidos por la normativa vigente.

## **Balance de caudales en el Canal Colector de Consorcio Polo Petroquímico**

El objetivo de este estudio es determinar la concordancia entre el caudal que circula a través del Canal Colector del Consorcio Polo Petroquímico y los caudales que vierten las empresa a este al final de sus procesos.

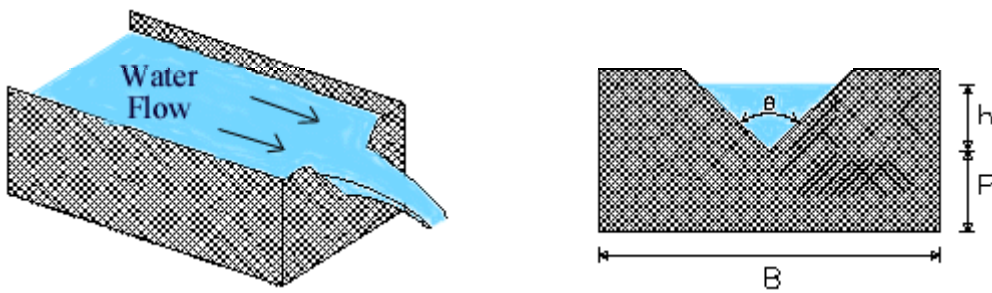
El caudal vertido a la Ría de Bahía Blanca a través del Canal Canal Colector del Consorcio Polo Petroquímico fue medido mediante un molinete universal Aott Kempten SN° 16695/C31 – Helice N° 1-17615, que fue calibrado en el Laboratorio de Hidráulica (Departamento de Ingeniería, UNS).



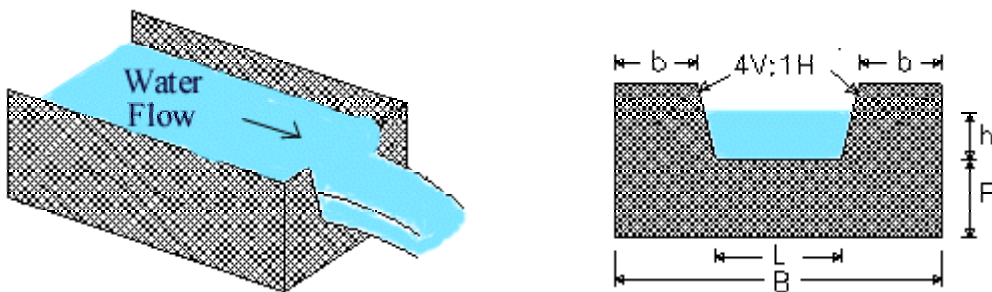
Molinete Universal Aott Kempten SN° 16695/C31

Por otra parte fueron medidos los caudales de efluentes líquidos de las

empresas que vierten al canal colector. Esta medición se lleva a cabo en los vertederos que las empresas disponen para tal fin en las cámaras de aforo final de las plantas de tratamientos de efluentes líquidos. Existen vertederos de diferentes arquitecturas, en todos ellos se toma la altura del nivel del líquido por sobre la cresta del mismo y con ese dato se ingresa a una tabla y se obtiene el caudal vertido. Las siguientes figuras muestran los esquemas de las estructuras de los vertederos de las empresas que envían sus efluentes líquidos al canal colector.



Esquema de los vertederos de Solvay-Indupa, HDPE, LDPE y EPE

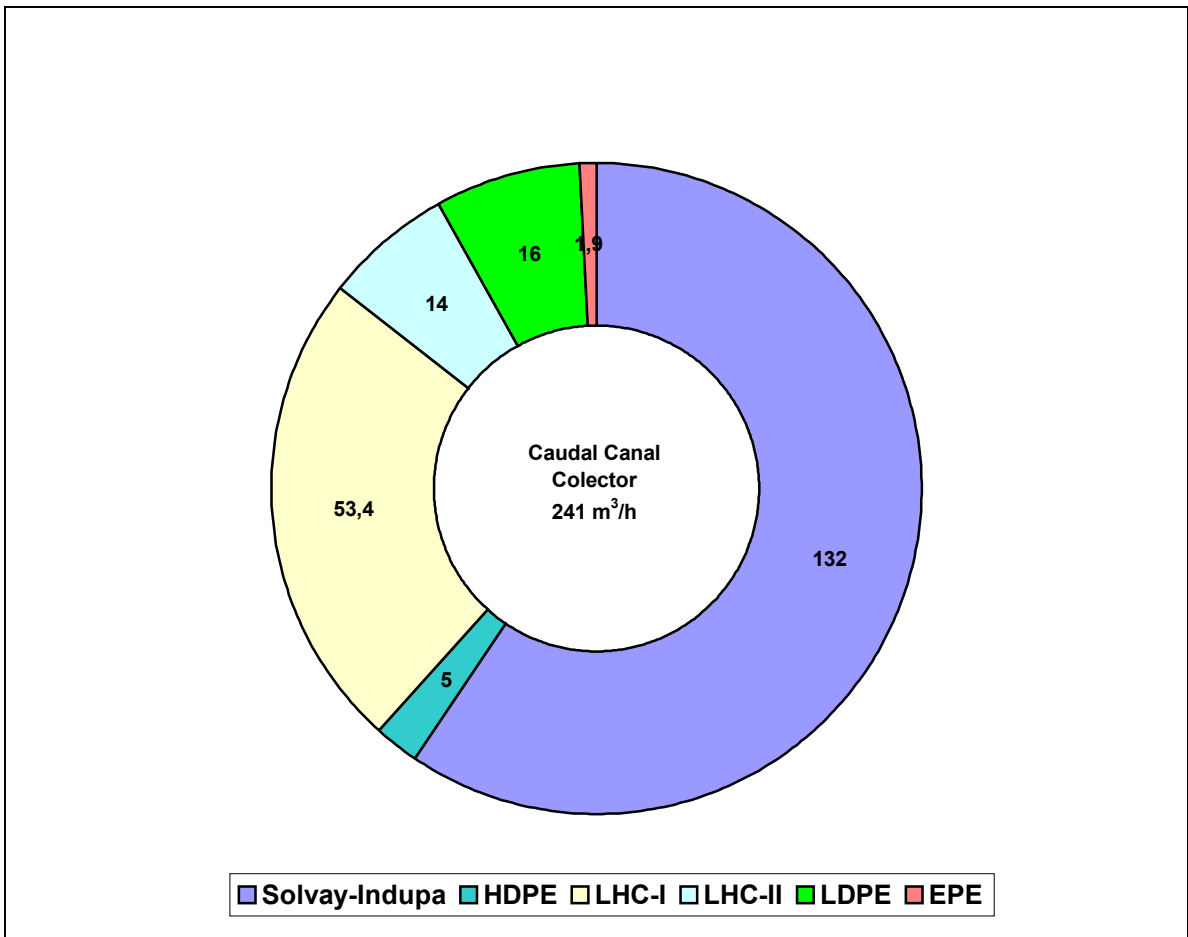


Esquema de los vertederos de LHC-I y LHC-II

Las mediciones de caudales llevadas cabo durante el período correspondiente a este informe se muestran en la figura adjunta.

### Conclusiones

La suma de los caudales vertidos por las plantas industriales difiere en diez por ciento con respecto al caudal que circula por el canal colector.



Balance de Caudales en el Canal Colector del Consorcio Polo Petroquímico

## Anexo

**Tabla I: Valores promedios obtenidos en los diferentes monitoreos de los efluentes vertidos al canal colector del Polo Petroquímico. Período Septiembre 2001 – Mayo 2003.**

EMPRESA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	TEMPERATURA (°C)	pH	CONDUCTIVIDAD (uS/cm)	SS 10´ (ml/l)	SS 2 h (ml/l)	DBO (mg O <sub>2</sub> /l)	DQO /mg O <sub>2</sub> /l)	SULFUROS (mg/l)	HC tot (mg/l)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr (mg/l)	Zn (mg/l)	Hg (mg/l)
SOLVAY-INDUPA	132		9.4	30500	0.17	0.56	105	367	0.040	< 1,0	< 1,0	0,012	0.34	0.24	< 0,01	0,1	< 0,005
HDPE	5	33.5	7.4	607	< 0,1	< 0,1	< 2,0	65	0.015	< 1,0	< 1,0	0,315	0.9	0.06	< 0,01	0.06	
LHC-1	53	23.6	7.4	9046	< 0,1	0.2	45.1	170	0.034	< 1,0	< 1,0	0,08	0.5	0.31	< 0,01	0,1	
LHC-2	14	24	8.9	3336	< 0,1	< 0,1		93	0.017	< 1,0	< 1,0		0.17	0.16	< 0,01	0.05	
LDPE	16	23.5	7.8	810	< 0,1	< 0,1		92	0.028	< 1,0	19,7		0.41	0.04	<0.01	0,08	
EPE	1.9	19.2	7.7	1692	< 0,1	< 0,1		101	0.019				0.8	0.28	0.02	0.15	
Res 389/98	N/E	45	6,5-10,0	N/E	Ausente	1,0	50,0	250,0	1,0	5,0	50,0	0,5	2,0	1,0	0,5	2,0	0,005
O.M. 8862	N/E	40	6,0-10,0	N/E	0,2	5,0	100,0	300,0	2,0	30,0	100,0	0,5	20,0	0,5	0,5	5,0	0,005

Al final de la tabla se adjuntan los valores legales obtenidos de la Resolución 389/98 y la Ordenanza Municipal 8.862.

**Tabla II: Valores promedios obtenidos en los diferentes monitoreos de los efluentes vertidos al arroyo Saladillo García. Período Septiembre 2001 – Mayo 2003.**

EMPRESA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	TEMPERATURA (°C)	pH	CONDUCTIVIDAD (uS/cm)	SS 10´ (ml/l)	SS 2 h (ml/l)	DBO (mg/l)	DQO /mg O <sub>2</sub> /l)	SULFUROS (mg/l)	HC tot (mg/l)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Cloro libre (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr (mg/l)	Zn (mg/l)
TGS (Gral. Cerri)	8		8.9	1335	< 0,1	< 0,1	35.5	79	0.039	1,4	4	0,1	0,04	0.42	0.04	0,02	< 0,04
Res 389/98	N/E	45	6,5-10,0	N/E	Ausente	1,0	50	250,0	1,0	5,0	50,0	0,5	0,5	2,0	1,0	0,5	2,0
O.M. 8862	N/E	40	6,0-9,0	N/E	0,2	1,0	50	250,0	N/D	N/D	50,0	0,1	3.0	2,0	1.0	0,25	2,0

Al final de la tabla se adjuntan los valores legales obtenidos de la Resolución 389/98 y la Ordenanza Municipal 8.862.



**Tabla III: Valores promedios obtenidos en los diferentes monitoreos de los efluentes vertidos directamente a la Ría. Período Septiembre 2001 – Mayo 2003.**

EMPRESA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	pH	CONDUCTIVIDAD (uS/cm)	SS 10´ (ml/l)	SS 2 h (ml/l)	DBO (mg O <sub>2</sub> /l)	DQO /mg O <sub>2</sub> /l)	SULFUROS (mg/l)	N tot (mg/l)	N amon (mg/l)	HC tot (mg/l)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Cloro libre (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr (mg/l)	Zn (mg/l)	Ni (mg/l)	Mo (mg/l)	Pb (mg/l)	Cd (mg/l)	
MEGA	14	8.3	678	< 0,1	< 0,1	18.5	71.4				< 1,0	< 1,0	0,136	0,05	0.14	0.03		< 0,04					
PETROBRAS	28.5	8.3	3065	< 0,1	< 0,1	35	157	0.047			< 1,0	< 1,0	0,124		0.65	0.08	< 0,01	0.14		< 0,1	< 0,1		
PROFERTIL	155	8.1	1973	< 0,1	0.3	46	84		12.5	4.7	2,0	8,0			0.9	0.04	< 0,01	0.04	< 0,01	< 0,1	< 0,01	< 0,05	
Res 389/98	N/E	6,5-10,0	N/E	Aus.	1,0	50	250	1,0	30	75	5,0	50,0	0,5	0,5	2,0	1,0	0,5	2,0	2,0	N/E	0,1	0,1	
O.M. 8862	N/E	6,0-10,0	N/E	0,2	5,0	100	300	2,0	30	10	30,0	100,0	0,5	5,0	20,0	0,5	0,5	5,0	2,0	N/E	0,1	0,1	

Al final de la tabla se adjuntan los valores legales obtenidos de la Resolución 389/98 y la Ordenanza Municipal 8.862.

**Tabla IV: Valores promedios obtenidos en los diferentes monitoreos de los efluentes vertidos directamente a la red cloacal. Período Septiembre 2001 – Mayo 2003.**

EMPRESA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	TEMPERATURA (°C)	pH	CONDUCTIVIDAD (uS/cm)	SS 10' (ml/l)	SS 2 h (ml/l)	TSD (mg/l)	SÓLIDOS FIJOS (mg/l)	SÓLIDOS VOLÁTILES (mg/l)	DBO (mg O <sub>2</sub> /l)	DQO /mg O <sub>2</sub> /l)	SULFUROS (mg/l)	N tot (mg/l)	HC tot (mg/l)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)
AIR LIQUIDE	1		9.1	1270	< 0,1	< 0,1				2	53.5						0.08	0.55
CARGILL	36		8.5	2746	0.7	1.7	1604	1134	538	94	250	0.046	13.4	< 1,0	< 1,0	< 1,0		
Res 389/98	N/E		7,0-10,0	N/E	Ausente	5,0	N/E	N/E	N/E	200,0	700,0	2,0	30,0	30,0	100,0	2,0	2,0	2,0
O.M. 8862	N/E		6,0-10,0	N/E	0,1	5,0	N/E	N/E	N/E	200,0	700,0	2,0	90,0	30,0	100,0	1,0	20,0	5,0

Al final de la tabla se adjuntan los valores legales obtenidos de la Resolución 389/98 y la Ordenanza Municipal 8.862.

**Tabla V: Valores promedios obtenidos en los diferentes monitoreos efectuados en el Canal Colector del Consorcio Polo Petroquímico. Período Septiembre 2001 – Mayo 2003.**

EMPRESA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	pH	CONDUCTIVIDAD (uS/cm)	SS 10' (ml/l)	SS 2 h (ml/l)	TSD (mg/l)	SÓLIDOS FIJOS (mg/l)	SÓLIDOS VOLÁTILES (mg/l)	DBO (mg O <sub>2</sub> /l)	DQO /mg O <sub>2</sub> /l)	SULFUROS (mg/l)	HC tot (mg/l)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr (mg/l)	Zn (mg/l)
Canal Colector	241	9.2	23220	0.15	0.4	16240	15016	715	50	120	0.05				0.48	0.02	0.01	0.05
Res 389/98	N/E	6,5-10	N/E	Ausente	1,0	N/E	N/E	N/E	50,0	250,0	1,0	5,0	50,0	0,5	2,0	1,0	0,5	2,0
O.M. 8862	N/E	6,0-10	N/E	0,2	5,0	N/E	N/E	N/E	100,0	300,0	2,0	30,0	100,0	0,5	20,0	0,5	0,5	5,0

Al final de la tabla se adjuntan los valores legales obtenidos de la Resolución 389/98 y la Ordenanza Municipal 8862.



## **1. INTRODUCCIÓN**

El acuífero costero de Ingeniero White se caracteriza por la escasa profundidad de yacencia del nivel freático, a veces aflorante, una hidrodinámica en donde predominan ampliamente los movimientos verticales, infiltración, recarga, evaporación y evapotranspiración, sobre el escurrimiento superficial y subterráneo y por la elevada salinidad de sus aguas (Bonorino y Sala, 1983). Estas particularidades responden, en gran medida, al medio físico natural del área costera que condiciona y regula la circulación y almacenamiento de las aguas superficiales y subterráneas.

El área de estudio comprende una zona llana de muy escasa pendiente y arreica, por lo que la dinámica del sistema hidrológico es muy susceptible a las modificaciones del terreno tales como rellenos o impermeabilizaciones artificiales de suelos, terraplenes de ferrocarril y rutas, construcción de canales etc.

Por otra parte, la escasa profundidad de nivel freático y la relativa buena permeabilidad secundaria de los sedimentos superficiales favorecen los procesos de recarga y evapotranspiración y constituyen elementos que permiten diagnosticar una moderada a alta vulnerabilidad intrínseca del acuífero a la contaminación.

El importante desarrollo industrial de la zona de Ing. White, que se inicia al principio del siglo pasado con las obras civiles del puerto y la construcción del ferrocarril y que se intensifica en las últimas tres décadas con la implantación del polo petroquímico e industrial, han producido la modificación del funcionamiento del medio ambiente físico en general y del sistema hidrológico en particular. El flujo subterráneo local que naturalmente tenía una muy lenta circulación general de norte a sur, en dirección a su nivel de descarga natural en la ría, ha sido sustancialmente modificado. Estudios anteriores denotan que la morfología de la capa freática se ha visto alterada con presencia de domos, producto del relleno de suelo, y de sumideros o vaguadas generadas por las trazas de zanjas o canales de drenajes que surcan el terreno.

La información generada en el presente trabajo permitió ratificar el modelo conceptual de funcionamiento del sistema hidrológico del área y actualizar su situación o estado, ya que desde hace más de una década que no se disponía de información regional acerca de la dinámica del sistema. La falta de esta información impedía realizar cualquier interpretación acerca del posible movimiento de contaminantes generados en las plantas industriales y/o elaborar proyectos de remediación del acuífero de alcance general.

En tal sentido el primer paso tendiente a la ordenación ambiental del área desde el punto de vista hidrológico, debe partir del conocimiento de la dinámica del agua superficial y subterránea la cual está basada en la cartografía de la morfología de la superficie freática y su evolución espacio-temporal.

## **2. OBJETIVOS GENERALES**

El objetivo del proyecto fue la elaboración de un mapa actualizado de la

superficie freática del área costera de Ing. White estableciendo líneas de flujo preferenciales y la relación existente entre aguas superficiales y subterráneas. El análisis de la información generada permitió ratificar el modelo conceptual de funcionamiento del sistema hidrológico, evaluar la importancia de cada una de las componentes que lo integran: recarga y descarga natural e inducida, escurrimiento superficial y subterráneo, y realizar una diagnosis sobre el estado del sistema agua superficial-subterránea y su impacto sobre el medio ambiente.

Asimismo, dicho análisis permitió comprender la interrelación entre las aguas superficiales y subterráneas de la zona, la influencia sobre el sistema hidrológico natural de las obras de drenaje, de ingeniería y de los procesos propios de cada una de las plantas industriales, el alcance de las oscilaciones de las mareas sobre los canales de descarga y la capa freática, y la evolución espacio temporal de los niveles de agua en base a la documentación freaticométrica antecedente.

Como objetivos a mediano y largo plazo se plantean además la aplicación del modelos matemáticos del balance hidrológico del sistema y un modelo de simulación del flujo y la calibración y validación de los mismos a través del registro y monitoreo continuo del sistema.

La simulación de los modelos de flujo para diferentes acciones ya sean naturales o antrópicas contribuirá a la conceptualización de un modelo hidrogeoquímico que permita posteriormente la aplicación de modelos de transporte de solutos para el estudio de situaciones reales e hipotéticas ante acciones de contaminación accidental o inducida, así como el estudio de correcciones de impactos sobre el sistema hidrológico y la propuesta de las soluciones más idóneas para la remediación del sistema.

### **3. AREA DE ESTUDIO**

Comprende una estrecha franja costera de forma poligonal de unos 7,7 Km<sup>2</sup> limitada al noreste por la calle San Martín y al sudeste por Vélez Sarsfield, en Ing. White, y al oeste y hacia el sur con el estuario de Bahía Blanca, Figura 3.

### **4. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Para cumplimentar con los objetivos propuestos en esta primera etapa de trabajo se desarrollaron las siguientes tareas:

#### **4.1. Recopilación de la información hidrológica existente**

La misma consistió en la recolección de la información antecedente de estudios geológicos, hidrogeológicos y ambientales realizados en el área y el procesamiento y selección de la información.

En este aspecto resultaron de particular importancia los estudios geológicos realizados por Teruggi (1983), geomorfológicos de Fidalgo (1983) e

hidrogeológicos de Bonorino y Sala, (1983); Sala et al, (1985), y Carrica (1998) y los informes inéditos del M.O.P. de la provincia de Buenos Aires.

## **4.2. Definición de una red de medición hidrológica**

De acuerdo a la cantidad y ubicación espacial de pozos de monitoreo existentes en las diferentes plantas industriales, se densificó la red de medición freaticométrica mediante la construcción de nuevos puntos de observación (Figura 4.2., Anexo) perforados manualmente con pala hélix hasta atravesar la capa freática unos 50 centímetros, entubados luego con cañería de PVC de 2". Posteriormente, personal municipal procedió a acotar la boca de cada piezómetro vinculándolos a un nivel de referencia unificado, en este caso el establecido por el Instituto Geográfico Militar.

## **4.3. Medición de niveles de agua superficial y subterránea**

Se llevó a cabo un censo hidrológico que consistió en la medición de la profundidad del agua con sonda eléctrica en los pozos de monitoreo existentes y en los construidos durante el estudio, a los que se les sumó la cota del pelo de agua en canales y zanjas de drenaje. Los resultados de esta tarea se encuentran en la Tabla 4.3. (Anexo)

## **4.4. Construcción un mapa freaticométrico del área de estudio**

La información recolectada en campo (niveles freáticos, cotas y ubicación de los piezómetros en un mapa base) permitió determinar la altura piezométrica en cada punto censado y elaborar un mapa de curvas isofreáticas con diferencias de 0,50 metros de altura piezométrica (Figura 4.4., Anexo). La equidistancia elegida se considera adecuada en relación con las diferencias de nivel encontradas y con los objetivos del trabajo.

El análisis del mapa y su comparación con otros mapas preexistentes permitió definir la morfología actual de la capa freática y su evolución a través del tiempo.

## **5. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO**

El medio físico, entendiéndose como tal al conjunto de características geológicas-geomorfológicas, edafológicas y climáticas de una zona, condiciona y regula la circulación y almacenamiento de las aguas en la fase terrestre del ciclo hidrológico.

### **5.1. Geología y geomorfología**

Las características generales del sector se vinculan a una zona costera llana de escasa pendiente, 2 a 3 por mil, elevada topográficamente unos 4 metros sobre el nivel del mar que desde un punto de vista geomorfológico constituye una plataforma de abrasión marina elaborada sobre los sedimentos plio-pleistocénicos

por las últimas ingresiones marinas del Holoceno. Morfológicamente, el único rasgo destacable lo constituye el estuario de Bahía Blanca cuyas aguas conforman el nivel base de descarga del sistema hidrológico del área de estudio.

El movimiento del agua dentro estuario está originado por la fuerza productora de la marea y las modificaciones que resultan de la topografía involucrada. Las alturas de marea, con una amplitud de 3 a 4 metros, están naturalmente condicionadas a las situaciones de sicigias (mareas más amplias) y cuadraturas (mareas menos amplias) y además por influencia de los factores meteorológicos. Estas oscilaciones naturales del nivel base de descarga del sistema hidrológico del sector provoca variaciones temporarias en los volúmenes de la descarga de las aguas superficiales y subterráneas.

Desde el punto de vista hidrológico superficial, el sector se inserta en una zona de interfluvio de la cuenca del arroyo Napostá Grande entre el cauce del antiguamente denominado arroyo Galván al oeste y el propio Napostá Grande al este, presentando localmente características arreicas o ausencia de una red de drenaje natural superficial definida. Las excepciones las constituyen el propio arroyo Napostá Grande, de características alóctonas, desagua a unos 1000 metros al este de la usina termoeléctrica Comandante Luis Piedrabuena y en cuya desembocadura ha labrado un pequeño estuario sobre sedimentos marinos cuaternarios de composición limoarcillosa y una serie de canales poco profundos y de distribución anárquica destinados a drenar los sectores anegables linderos a las plantas del polo industrial y algunos barrios periféricos de Ing. White.

Desde principios de siglo toda el área ha sufrido acciones antrópicas que modificaron su morfología natural. Los terraplenes de las líneas de ferrocarril y caminos muchas veces han actuado como un endicamiento limitante, tanto del ingreso de las mareas extraordinarias como del profuso drenaje natural hacia la ría. Por otra parte, toda el área ha recibido, a lo largo del último siglo, rellenos y refulados producto del dragado del canal principal de la ría y alteos artificiales con materiales compactados para la construcción de rutas y caminos que constituyen las vías de acceso al Puerto de Bahía Blanca. Como se detallará mas adelante, estas acciones han modificado sustancialmente el drenaje natural de las aguas superficiales y subterráneas de todo el sector.

Conforme los objetivos del presente estudio, la composición geológica del subsuelo del sector está constituida por los denominados sedimentos pampeanos (Fidalgo et. al., 1975), que subyacen a las arcillas limosas marinas de la Formación Maldonado (Fidalgo, 1983). Los primeros, son sedimentos loésicos del Plioceno medio a superior de amplia distribución regional y considerable espesor, compuestos principalmente por limos arenosos pardo rojizos y arena compacta cementados con carbonato de calcio. Hacia el norte, a partir de aproximadamente a curva de nivel de los 5 metros sobre el nivel del mar, esta unidad aflora o está cubierta por sedimentos eólicos y suelos de poco espesor. Hacia la costa y por debajo del nivel del mar se encuentra cubierta por de depósitos costeros de la Formación Maldonado correspondientes la ingresión marina pospleistocena. En el área de estudio y debido a las tareas de dragado de la zona estuárica, los sedimentos pampeanos conforman prácticamente el piso del canal principal del acceso a los puertos.



La Formación Maldonado se encuentra restringida al área costera, encontrándose en posición aflorante o cubierta por un delgado suelo vegetal. Hacia el norte, por encima de la cota de 4 a 5 metros sobre el nivel del mar, se acuña sobre los sedimentos pampeanos aflotantes, mientras que hacia el sur continúa por debajo del nivel del mar alcanzado, en el área de estudio, espesores máximos de hasta 15 metros. Está constituida por sedimentos típicos de áreas costeras y en parte de albufera y marismas, que en la zona estuárica se los conoce vulgarmente como “cangrejal” debido a la presencia de estos artrópodos. La base de la formación se apoya en discordancia erosiva sobre los sedimentos pampeanos o sobre sus productos de erosión y está compuesta algunos metros de arena mediana a fina gris oscura con restos de conchillas que pasa gradualmente hacia el techo a limo arenosos y limos arcillosos o arcillas limosas grises muy plásticas con abundantes conchillas y a una arcilla gris verdosa oscura, plástica., sobre la cual se apoya el material de relleno constituyendo una típica facies granodecreciente.

Los perfiles litológicos de las perforaciones N° 34, 35 y 40 (Anexo) realizadas en el año 1983 por la Comisión de Estudio de Suelos de White-Cerri creada por el M.O.P. de la provincia de Buenos Aires son representativos de la estratigrafía del área de estudio. La primera de ellas se ubica sobre el límite sudeste del predio de Petroquímica Bahía Blanca, a unos 250 metros de la calle San Martín, la N° 35 se perforó en el sector de Cangrejales a unos 1.300 metros al sudoeste de la anterior, en el actual predio del Complejo MEGA y la N° 40 sobre el límite sudeste del predio de INDUPA a unos 200 metros al norte de la Avenida 18 de Julio.

Según Fidalgo (1983), los sedimentos arenosos oscuros de la base corresponderían a un ambiente de albufera más reductor, mientras que las arcillas verdosas próximas a la superficie estarían vinculadas a marismas con mejor aireación. La mineralogía de las arcillas es una típica de una asociación montorillonita-illita con predominancia de la primera de ellas, lo cual indica arcillas muy expandibles.

Esta característica, de alta expandibilidad con la humectación y contracción con el sacado, es de importancia para el área de estudio dado que el nivel freático, que se encuentra a escasa profundidad, sufre oscilaciones periódicas como consecuencia de la recarga que recibe por agua de lluvia y, cerca de la costa, por el efecto de las mareas. Bonorino y Sala, 1983 midieron oscilaciones del nivel freático del orden de los 0,80 m a unos 200 metros de la línea de alta marea dentro del predio de la usina termoeléctrica (Bonorino y Sala, 1983). Esto indica que una parte de estos sedimentos pasa de la condición de saturados a no saturado con variaciones de importancia en su peso específico y volumen, situación que afectará a las capas blandas subyacentes con cambios de volumen debido al fenómeno de expansión-contracción del suelo. Todo ascenso o descenso significativo del nivel freático del área, puede afectar desfavorablemente la estabilidad de las cimentaciones dando origen a asentamientos de las superestructuras si las mismas no han sido adecuadamente diseñadas y construidas para este tipo de suelos.

## 5.2. Caracterización edafológica

Los suelos autóctonos y la vegetación natural arbustiva halófila del sector han sufrido una notoria perturbación y depredación como consecuencia de las actividades antrópicas, conservándose solo en pequeños islotes dispersos y formando asociaciones que alternan según las condiciones ecológicas del sitio.

En los alrededores de las plantas puede observarse algunos restos de un suelo natural de escaso desarrollo, mal drenado, alcalino y salino, bien provisto de materia orgánica (2 a 3%) que puede clasificarse como un Salortid acuólico. La primera capa superficial, de unos 15 cm de espesor posee una textura limo-arcillosa, presentando como rasgo destacable eflorescencias salinas. Hacia abajo existe otra capa de textura arcillo-limosa hasta arena limo arcillosa, sin estructura definida color gris verdosa muy plástica, con concreciones y pequeños clastos (de 3 a 5 mm) de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  en la masa y restos de valvas de moluscos.

El suelo natural descrito es inapto para agricultura y limitado para el uso pecuario. Actualmente no tiene uso, ni presenta potenciales usos futuros.

En párrafos anteriores ya se ha mencionado que en la mayor parte del área de estudio el suelo natural está cubierto por rellenos artificiales compactados de entre uno y cuatro metros de espesor compuestos por una mezcla de arena y limo arenosos (sedimentos pampeanos) con fragmentos de tosca que constituyen la base donde se asientan las plantas industriales y las vías de comunicación.

## 6. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

Si bien realizar una separación entre aguas superficiales y subterráneas constituye una paradoja, ya que conforman un sistema hidrológico único e inseparable, a los efectos del ordenamiento del presente informe se tratan en forma separada.

Como ya se mencionó, el área de estudio carece de una red de drenaje superficial natural definida a excepción del arroyo Napostá Grande que presenta, en el sector características alóctonas.

La construcción, a principios del siglo pasado, del terraplén de la línea férrea que une la Estación Garro con Puerto Galván constituyó un eficaz endicamiento al ingreso de las mareas extraordinarias; pero a su vez, impedía el drenaje natural de las aguas superficiales hacia el estuario. Como consecuencia en el sector donde actualmente se ubican las plantas de Indupa y PBB Polisor sufrió una modificación en su comportamiento hidrológico, incrementándose los procesos de infiltración, recarga, evaporación y evapotranspiración en desmedro del escurrimiento superficial y en alguna medida del subterráneo. Los frecuentes anegamientos del sector, que se producen fundamentalmente durante el invierno, son consecuencia del afloramiento de la freática durante la estación húmeda, entendiéndose por estación húmeda al período del año hidrológico durante el cual el monto de la precipitación supera a la evapotranspiración potencial y existe un exceso hídrico.

A los fines de drenar los sectores anegables linderos a las plantas del polo industrial y algunos barrios periféricos de Ing. White se han construido numerosas zanjas de drenaje poco profundas y de distribución anárquica que atraviesan en distintos sentidos el área de estudio. La escasa pendiente natural área y de los canales construidos induce a una muy lenta velocidad de flujo y por lo tanto a un bajo caudal de drenaje. En los últimos meses del 2002 y principios del 2003, la Municipalidad de Bahía Blanca ha profundizado y ampliado la traza de algunos canales dentro de un programa de ordenamiento territorial del drenaje encausado del sector (Figura 6, Anexo)).

El funcionamiento de la red de drenaje artificial se describe en el apartado de hidrodinámica.

## **7. HIDROGEOLOGÍA**

El término se refiere al estudio de la geología desde el punto de vista del agua subterránea.

De acuerdo a su extensión areal y espesor en el sistema geohidrológico, las dos unidades estratigráficas descritas, los sedimentos pampeanos y la Formación Maldonado, se pueden agrupar en sendas secciones hidrogeológicas: Sección Pampeana y Sección Pospampeana.

### **Sección hidrogeológica Pampeana**

Constituida por los sedimentos pampeanos que afloran al norte del área de estudio y se extienden en todo el subsuelo de la misma, ubicándose en la costa a una profundidad cercana a los 15 metros. Esta unidad se encuentra ampliamente distribuida en toda la región en posición aflorante o subaflorante y su espesor total alcanza los 150 metros. Litológicamente son sedimentos loésicos cementados por carbonato de calcio, presentando comunes zonas de entoscamiento que los tipifican. Dada la complejidad de los procesos sedimentarios que le dieron origen, son frecuentes las anisotropías hidrolíticas locales dando lugar a una alternancia de niveles acuíferos-acuitardos (sistema multicapa) cuyo hidroapoyo es difícil determinar dado el pasaje transicional de estos sedimentos a las formaciones miocénicas subyacentes. No obstante, desde el punto de vista hidrogeológico regional los sedimentos pampeanos se comportan como un solo sistema de transmisión de agua más o menos homogéneo.

La transmisividad promedio de los niveles acuíferos de los sedimentos pampeanos es del orden de los  $150 \text{ m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$  para los primeros 100 metros de espesor con conductividades hidráulicas que varían localmente entre 0,3 y  $3 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$  y coeficientes de almacenamiento de 0,12 a 0,05 en profundidad (Carrica, 1998). Los valores de permeabilidad son mayores que los esperables por su granometría y grado de cementación, dado que su permeabilidad secundaria (por macroporos, microfisuras, canalículos etc.) es mayor que la primaria.

Algunos pozos perforados en las cercanías del Polo Petroquímico a la misma cota topográfica y en la misma unidad geológica manifestaron surgencia

de agua a partir de aproximadamente los 32 metros de profundidad para llegar a los 50 metros de profundidad con un caudal de surgencia natural de 480 litros por hora. Este fenómeno ratifica que el área de estudio, adyacente a la ría de Bahía Blanca, constituye un área de descarga regional del acuífero freático, con una red de flujo que en profundidad presenta una importante componente vertical ascendente.

### **Sección hidrogeológica Pospampeana**

Comprende los sedimentos de la Formación Maldonado y los suelos actuales y cubren la sección anterior con un espesor de hasta 12 metros. El nivel arenoso de escaso espesor que compone su base denota condiciones de buena permeabilidad, mientras que hacia el techo la granometría del sedimento disminuye notablemente (arcillas) y consecuentemente los valores de permeabilidad.

Ensayos de bombeo realizados en la Plaza de Ing. White arrojaron valores de transmisividad del orden de los  $50 \text{ m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$  y porosidades efectiva del 10 % en la sección inferior disminuyendo hacia la superficie al 5 % conforme la menor granometría observada (Bonorino y Sala, 1983). Otro ensayo de bombeo a caudal constante efectuado en un pozo de 15 metros de profundidad ubicado en el sector de INDUPA acusó una transmisividad de  $36 \text{ m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$ , en el modo recuperación, para el conjunto de ambas secciones hidrogeológicas perforadas. Los resultados son solo representativos de los parámetros hidráulicos medios del paquete sedimentario ensayado.

Los ensayos orientativos de permeabilidad efectuados por el método Auger Hole en piezómetros (Bonorino y Sala, 1983) determinaron valores entre un rango de entre  $0,1$  y  $1,5 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ , lo cual denota que los datos fluctúan desde bajas permeabilidades de los materiales arcillosos superiores hasta valores medios en los niveles mas arenosos y, teniendo en cuenta el resultado del ensayo de bombeo, una mayor permeabilidad del paquete arenoso que conforma la base.

La falta de información hidráulica de detalle no permite caracterizar el comportamiento hidrogeológico diferencial de ambas secciones. Sin embargo desde el punto de vista del funcionamiento global se pueden considerar como un sistema continuo de transmisión de agua en profundidad.

La presencia de abundante materia orgánica y de arcilla en la parte superior de la sección Pospampeana permiten inferir que los fenómenos de adsorción pueden alcanzar magnitudes importantes lo que condicionaría el transporte de sustancias contaminantes hacia los niveles inferiores de la misma. Sin embargo, la rápida respuesta de los niveles freáticos (ascenso) a la recarga por agua de lluvia (Bonorino y Sala, 1983) marca una importante permeabilidad secundaria de los sedimentos superficiales (debida a la presencia de macroporos, microfisuras, grietas de disecación y bioturbación). Si a ello se le suma la escasa profundidad de yacencia del nivel freático, se pone en evidencia la alta vulnerabilidad intrínseca del acuífero a la contaminación.

## 7.1. Régimen hidráulico

Como se sabe, el movimiento del agua en un medio poroso es tridimensional y está regido por las diferencias de potencial entre las zonas de afluencia y efluencia y el parámetro conductividad hidráulica que equivale a la permeabilidad del medio y que se considera, a los efectos prácticos, invariable en el tiempo. Para un punto determinado, la altura piezométrica del nivel freático dependerá de la relación aporte-pérdidas de la parcela, la que es variable en el tiempo.

El balance hidrológico modular anual simplificado del área, considerando la precipitación anual media (período 1956-94) de 586 mm y una evapotranspiración potencial media anual calculada por la metodología de Thornthwaite y Mather (1955) de 771 mm, aparece como deficitario. Sin embargo, el registro de las oscilaciones del nivel freático detectadas años anteriores (Bonorino y Sala, 1983), demuestran que existe un importante volumen de recarga (cantidad de agua precipitada que alcanza el nivel freático) en prácticamente todos los meses del año. De este volumen de agua el 97% volvería a la atmósfera por evapotranspiración, mientras que el 3% restante conformaría, según los mencionados autores, el escurrimiento subterráneo lateral con descarga a la ría.

Planteado en términos del balance hidrológico de la capa freática del área de estudio, los aportes están dados por la recarga por agua de lluvia y la afluencia subterránea y las salidas (pérdidas) por la evaporación de los cuerpos de agua libres, la evapotranspiración del suelo y la efluencia subterránea (flujo subterráneo) hacia las zanjas de drenaje y hacia el estuario. Las variaciones temporales en la magnitud de estas componentes provocan variaciones de almacenamiento de agua en el acuífero, las que se traducen en oscilaciones del nivel freático.

Lo extremadamente llano del paisaje natural y la presencia de un acuífero freático a escasa profundidad con bajos gradientes hidráulicos, marcan condiciones hidrodinámicas particulares que dominan todo el litoral costero del sector de Ing. White y que denotan una clara predominancia de movimientos hídricos verticales de infiltración, recarga, evaporación y evapotranspiración sobre un muy lento y escaso escurrimiento lateral superficial y subterráneo.

Este funcionamiento hidrológico del sistema no solo depende de la capacidad evaporante de la atmósfera, sino además de la poca profundidad de la superficie freática que permite mantener el nivel de agua por encima de la zona neutra de evaporación. La fina granometría de la porción superior de la sección Pospampeana y el escaso desarrollo de la zona de aireación facilitan la transferencia de agua desde la capa freática por ascenso capilar para cubrir el déficit de agua del suelo dando una mayor continuidad al proceso de evapotranspiración.

Debido a las condiciones físicas reinantes, las aguas subterráneas están sometidas a un régimen hidráulico marcadamente no permanente con fuerte influencia de las condiciones meteorológicas y modificado por acciones antrópicas. Las ya mencionadas tareas de relleno artificial de las partes bajas

provoca escasa a nulas diferencias de altura entre los puntos con topografía natural más elevada y los sectores de descarga natural de las aguas, llegando inclusive a frecuentes situaciones de inversión del relieve natural.

Como consecuencia, es frecuente que en los lugares topográficamente más deprimidos aflore el agua subterránea principalmente en otoño e invierno que constituye la estación húmeda del año hidrológico. Durante esa época, los afloramientos del nivel freático producen anegamientos por presencia de lagunas y encharcamientos que suelen perduran varios meses, inclusive sin que existan precipitaciones en el período. Estos sectores constituyen, por excelencia, áreas de descarga local por evaporación del acuífero freático, si bien el fenómeno de evapotranspiración se produce a través de toda la superficie del área de estudio, con excepción, claro está, de las áreas impermeabilizadas.

El estiaje constituye la estación seca del año hidrológico, y las pérdidas por evaporación y evapotranspiración superan a los aportes por recarga provocando una disminución de las reservas de agua subterránea que se traduce en un descenso de los niveles freáticos. El desecamiento de los suelos salinos, deja en superficie un residuo de sales (efluorescencias) claramente visible a simple vista, en fotos aéreas e imágenes satelitales. El fenómeno ha dado lugar al nombre de la bahía que contiene al estuario.

## **7.2. Hidrodinámica del flujo subterráneo**

La densidad de los puntos de medición del nivel freático (piezómetros) existentes hasta el presente solo permite caracterizar las particularidades del flujo somero local, esto es el escurrimiento subterráneo de los primeros metros de profundidad. No obstante, las manifestaciones de surgencia observadas en pozos mas profundos, a partir de los 30 metros, (cfr. apartado 5.2.) ponen en evidencia la existencia de un flujo mas profundo con una componente vertical ascendente, situación que condice con la presencia cercana del estuario que es por naturaleza el área de descarga regional de los niveles acuíferos someros de la zona.

Los escasos mapas de redes de flujo construidos hasta el presente muestran un flujo somero anual equilibrado con recarga y descarga local y circunstancialmente, en las estaciones de máxima precipitación y mínima evaporación, con predominio de la recarga lo que favorece la formación de bajos inundables.

El espesor de la zona de aireación o zona no saturada varía conforme las condiciones topográficas del predio y, como se dijo en el párrafo anterior, la época del año, entre inexistente (nivel freático aflorante) y los 5 metros (profundidad máxima del nivel freático) .

En síntesis se trataría de una capa freática con tendencia natural a ser plana, transformada por acción antrópica en una conjunción de formas radiales, unas cerradas (domos) con flujo divergente y otras abiertas con flujo convergente.

### **7.2.1. Antecedentes**

Existen unos pocos informes antecedentes que describen la morfología general de la red de flujo subterránea de la capa freática del área de estudio. Entre ellos merece citarse los trabajos de Bonorino y Sala, 1983; Sala et. al., 1985; y O.S.B.A., 1991. Si bien las obras de infraestructura que se han llevado a cabo en la zona han ido modificando localmente la orientación del escurrimiento subterráneo, la información precedentemente mencionada, denota, en general, una marcada dirección del flujo subterráneo hacia la ría de Bahía Blanca, punto de descarga natural del acuífero freático.

También, los distintos autores han coincidido en que los sectores con relleno artificial (generalmente asociados a actividades de riego y/o recarga artificial por pérdidas de agua, etc) actúan como zonas de recarga local generando una capa freática de tipo radial con presencia de domos con flujo divergente a la periferia.

Los mapas de isopiezas de la capa freática elaborados por la Comisión de Estudio de Suelos White-Cerri en 1983 (Anexo) corresponden a los censos realizados el 19 de julio y al 12 de septiembre de ese año. Si bien, los valores absolutos de las curvas no son comparables con los actuales por estar referidas a otro nivel de referencia, las curvas isofreáticas marcan una dirección general del flujo subterráneo hacia la ría (estuario), nivel base de descarga de las aguas. Las obras de relleno y drenaje realizadas hasta ese entonces muestran su clara influencia sobre la morfología de la capa freática generando un manto de tipo radial con presencia de domos con flujo divergente en las zonas con relleno (ejido urbano y el ramal ferroviario, PBB, Polisur etc) y vaguadas con flujo convergente hacia los sectores de descarga local constituidos por la ya existente, aunque de dimensiones mucho mas pequeñas, zanja de drenaje que corre paralela a la calle Tarija y por los terrenos naturales sin drenaje.

Similar morfología de la capa freática se observa en el mapa elaborado por Sala et. al. 1985 (Anexo). En dicho trabajo se midieron, además, algunos gradientes hidráulicos para el sector del Polo Petroquímico observando que los valores disminuyen desde el norte (Camino Sesquicentenario) hacia el sector costero con valores del orden de  $1,3 \cdot 10^{-3}$  a  $7 \cdot 10^{-4}$ , lo que indica un notable decrecimiento de la velocidad de flujo subterráneo de norte a sur.

De acuerdo a estas mediciones y a los parámetros hidráulicos medios de la sección hidrogeológica pospampeana (asumiendo una conductividad hidráulica media de  $0,5 \text{ m.d}^{-1}$  y una porosidad efectiva de 0,05; cfr. apartado 7) la velocidad media del flujo subterráneo hacia los sectores de descarga es muy lenta, del orden de los 7 milímetros por día. Es decir que hipotéticamente un contaminante conservativo disuelto en el agua subterránea de la capa freática y transportado por advección desde el actual sector de PBB-Polisur hasta la ría hubiera tardado en llegar unos 800 años, atravesando unos 2000 metros en el sentido del flujo. Bajo las mismas condiciones, un potencial contaminante que alcanzara la freática a la altura del predio que ocupa la Planta de Clorosoda tardaría unos 500 años en atravesar la distancia que lo separa de la ría.

La explicación de estos bajos gradientes hidráulicos condice con la topografía natural del sector, la ausencia de zanjas de drenaje y la realización de las primeras tareas de relleno artificial del sector de Cangrejales, que constituía el área de descarga natural del acuífero de la zona de estudio.

Otro proceso a tener en cuenta es que parte del caudal subterráneo circulante descarga en forma areal difusa a través de toda la superficie que compone el fondo de los bajos y no solamente por sus perímetros, lo que trae aparejado una desaceleración de la velocidad de flujo, al ser relativamente mayor la superficie de filtración ascendente que la del flujo natural, y pérdida de caudal subterráneo de descarga hacia la ría. La conjunción de estos factores provoca un mayor tiempo de permanencia del agua en el acuífero con el consecuente aumento del tiempo de contacto entre agua y sedimento, fenómeno que tiene fundamental importancia en el proceso de salinización de las aguas.

Los mencionados autores (Sala, et. al, 1985) establecen además, un modelo conceptual de la descarga natural del flujo subterráneo en el sector costero en base al análisis de varios lugares, desde la usina termoeléctrica hasta la localidad de General Cerri. El funcionamiento hidráulico del modelo presenta las siguientes particularidades: a) una descarga continua de agua subterránea con volúmenes variables en el tiempo por los efectos de las mareas, b) una desaceleración de la velocidad de flujo subterráneo por disminución de los gradientes hidráulicos en pleamar y c) durante la bajamar la zona intertidal actúa como superficie de descarga parcial por evaporación. De acuerdo a este modelo, el sector de Cangrejales constituía una típica franja de descarga natural de la capa freática.

El comportamiento hidrodinámico mencionado es válido para las condiciones del medio físico de la época en que se realizaron estas mediciones, es decir existía una sexta parte del área actual rellena artificialmente y recién se habían comenzado los trabajos de relleno de la zona de Cangrejales.

En 1991, O.S.B.A. confeccionó un mapa de isopiezas de la capa freática en base a un nuevo relevamiento (Anexo). En él se aprecia claramente el efecto de las nuevas tareas de relleno de predios del polo petroquímico sobre el escurrimiento subterráneo. Se observa allí una capa freática radial, con la presencia de un domo que constituye una divisoria local de aguas con epicentro en los actuales predios de Polisur e Indupa que genera un flujo divergente en todas direcciones. Para ese sector los gradientes hidráulicos se habían incrementado de  $7 \cdot 10^{-4}$ , en los mapas anteriores, a  $2,3 \cdot 10^{-3}$  en promedio, con el consecuente aumento de la velocidad del flujo subterráneo hacia los sectores de descarga.

### **7.2.2. Situación actual**

El mapa de isopiezas de la capa freática de la figura 4.4. (Anexo) se confeccionó en base a la información recabada durante las tareas de censo



hidrológico realizadas en el mes de julio de 2002.

Las distintas cotas topográficas de referencia utilizadas en los mapas antecedentes y las oscilaciones estacionales naturales de los niveles freáticos no permiten realizar una comparación de alturas piezométricas en términos de valores absolutos. Sin embargo, con respecto a los mapas anteriores pueden apreciarse notables diferencias en la morfología de la capa freática que implican variaciones y hasta inversiones en la dirección del flujo subterráneo natural.

Dentro de esta última apreciación es particularmente notable la situación generada a partir del relleno artificial de la zona de Cangrejales. Ese sector, que naturalmente constituía una zona de descarga natural de la capa freática, tanto por flujo subterráneo lateral como por descarga difusa ascendente en la zona intertidal, hoy conforma, desde el punto de vista de la morfología de la capa freática un domo, producto del ascenso del nivel freático, que genera una divisoria de agua subterránea con un flujo divergente hacia el norte (Calle 18 de Julio) y hacia el sur (estuario). El flujo subterráneo hacia el norte es inverso al flujo natural hacia el estuario.

La conformación de estos domos por el ascenso del nivel freático, ponen de manifiesto un incremento de la recarga en los sectores con relleno artificial. Ello es producto de una conjunción de varios factores tales como la diferente permeabilidad de los materiales de relleno, presencia de impermeabilizaciones con drenajes pluviales de descarga localizada, operaciones de riego etc.

El mismo proceso, ya observado en mapas antecedentes, se produce en la zona ocupada por las plantas de PBB-Polisur e Indupa, donde, en general se verifica la existencia de un manto de forma radial positiva (domo) que genera una divisoria de agua con flujos divergentes. Por otra parte, el sector bajo riego de las plantas lindante con la Avenida 18 de Julio queda claramente identificado con alturas piezométricas elevadas producto de la recarga de agua.

Dentro de este panorama general, el mapa analizado presenta algunas particularidades como la presencia de una vaguada (depresión de la capa freática) en el sector que ocupa la Planta de CVM de Indupa como consecuencia de las tareas de bombeo para remediación del acuífero que se realizan en ese lugar (Figura 6, Anexo). De acuerdo a lo informado la magnitud del bombeo alcanzaría los  $4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  con cuatro pozos de bombeo de operación continua, al que habría que restarle unos  $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  de agua con nutrientes que se inyectan simultáneamente a través de siete pozos.

Una tarea similar se está llevando a cabo en la Planta de Cloro-Soda de Indupa, sin embargo la escala de trabajo y la equidistancia entre curvas elegida no permite apreciar los efectos del bombeo. De todos modos, en esta planta, según lo informado, la magnitud del bombeo es mucho menor, tratándose de tres pozos que bombean en forma continua entre  $0,6$  y  $0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

En cuanto al sistema de drenaje artificial o zanjas drenaje del sector (Figura 6, Anexo), el mismo se ha ampliado merced a tareas llevadas a cabo por la Municipalidad de Bahía Blanca. El principal colector lo constituye un canal que

con rumbo NE-SO (paralelo a la calle Tarija) drena la parte norte del área de estudio. Dicho canal cruza la Avenida 18 de Julio, bordea por el sector este a la Planta de Profertil y con rumbo sur desemboca en el estuario. Este canal recibe como principales aportes dos zanjas de drenaje. La primera drena el sector este del Barrio 26 de Septiembre y corre hacia el sudeste, paralela a la Avenida San Martín, integrándose al colector principal en la intersección de esta calle con Tarija. La segunda, lindante por el norte a la Avenida 18 de Julio, desagua, con el mismo rumbo, antes de la intersección de dicha arteria con Tarija y drena los desagües pluviales de las plantas del sector.

Existen además otras zanjas de carácter secundario dentro de las que se destaca, por su proximidad a la planta de Clorosoda, la que conecta con rumbo NE-SO (paralela a la de la calle Tarija) la Avenida San Martín con la Avenida 18 de Julio. Por su parte, el sector noroeste comprendido entre la Avenida 18 de Julio y la San Martín constituye una zona naturalmente deprimida frecuentemente anegada, atravesada por el canal de vertido de efluentes de las plantas. Esta zona es drenada por una zanja que parte perpendicular a la Avenida San Martín lindando con el límite NO de la Planta de PBB (LHC II) hasta el mencionado canal de efluentes. A partir de ese punto sigue paralela a este canal, drenando las aguas hacia el NO.

Todas las zanjas de drenaje construidas en el área de estudio tienen una conexión hidráulica directa con la capa freática, pudiéndose las considerar como simples afloramientos del nivel freático. En todos los casos estas zanjas de drenaje presentan un comportamiento hidráulico efluente con respecto a la capa freática, de allí el empleo del término “zanjas de drenaje” y consecuentemente canalizan las aguas subterráneas hacia su punto de descarga base que es la ría.

En síntesis, de la comparación y análisis del mapa de isopiezas elaborado con los mapas precedentes merece destacarse:

- Cambios de dirección del flujo subterráneo, observándose en muchos casos un sentido inverso al natural.
- Incrementos notables de los gradientes hidráulicos y consecuentemente la velocidad de flujo subterráneo hacia las zanjas de drenaje construidas artificialmente. El mayor gradiente hidráulico y la menor distancia entre los potenciales focos de contaminación del agua y las zanjas de drenaje acorta sustancialmente el tiempo de llegada de un potencial contaminante disuelto en el agua a la ría.
- El relleno de la zona de Cangrejales ha modificado notoriamente la dinámica del sistema hidrológico natural del sector. La anulación de esta zona de descarga natural ha provocado fuertes ascensos del nivel freático como resultado de la alteración de la relación recarga-descarga, conformando una capa freática en forma de domo (radial divergente) que genera localmente direcciones de flujos subterráneos inversos a los naturales.
- La construcción de zanjas de drenaje profundas acelera el flujo subterráneo por un incremento del gradiente hidráulico debido, en este caso, a una disminución

de la cota del nivel base de descarga dada por el nivel del agua en las zanjas.

- La modificación del sistema hidrológico del área ha afectado también a los terrenos naturales sin relleno con cambios en la dirección de flujo subterráneo, frecuentes anegamientos y rechazo de la recarga natural por agua de lluvia debido a los afloramientos del nivel freático.

Los cambios de dirección en el sentido del flujo subterráneo natural se manifiesta en toda el área de estudio. La inversión de dirección de flujo natural observada al norte del Polo Petroquímico y en la zona de Cangrejales ha modificado totalmente el sistema hidrológico de descarga natural hacia la ría. En estos sectores se han medido gradientes hidráulicos del orden de  $1,5 \cdot 10^{-3}$  desde la planta de PVC hacia la Avenida San Martín, de  $5 \cdot 10^{-3}$  al este de la planta de Clorosoda e igual valor desde la planta de Mega hacia la Avenida 18 de Julio y de  $2 \cdot 10^{-3}$  desde Profertil hacia la antes mencionada arteria.

Los gradientes hidráulicos de los filetes de flujo con orientación natural hacia el sur también han experimentado un fuerte incremento, observándose al sur de Polisur, gradientes del orden de  $4 \cdot 10^{-3}$  valor que ha duplicado las últimas mediciones realizadas en ese lugar (cfr. 7.2.1.)

Como ya se mencionó, el incremento de los gradientes hidráulicos sumado a la construcción de las zanjas de drenaje en las cercanías de potenciales focos de contaminación ha disminuido considerablemente el tiempo de llegada de un hipotético contaminante conservativo transportado por el agua subterránea. A los efectos de una comparación con los anteriores ejemplos (cfr 7.2.1) en el mapa presentado en este informe pueden medirse gradientes hidráulicos del orden  $7,7 \cdot 10^{-3}$  en filetes de flujo que con rumbo NE parten desde el límite del predio de Clorosoda hasta interceptar la zanja de drenaje distante unos 250 metros. La velocidad de flujo puede estimarse, ahora, en unos 80 milímetros por día con lo que el tiempo estimado de llegada del agua a la mencionada zanja es de unos 8 años y medio, o sea 58 veces más rápido que en las condiciones anteriores (500 años)

### **7.3. Aspectos hidroquímicos**

La caracterización química del agua subterránea se realizó en base a la información antecedente existente sobre el área, Bonorino y Sala (1983), Sala et. al. (1985) y Carrica (1998). El agua subterránea de la capa freática del lugar son salmueras (aguas hipersalinas) con conductividad eléctrica entre 47.600 y 108.100  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , fuertemente cloruradas sódicas, característico de aguas subterráneas de áreas de descarga, con escasa circulación y con un tiempo importante de residencia en formaciones geológicas ligadas a un origen marino. Subordinados a estos iones se encuentran los sulfatos y el magnesio, la  $\text{rMg/rCa}$  es mayor a 1 lo cual confirma el paso por formaciones geológicas con aguas marinas.

Dentro de la sección hidrogeológica Pospampeana, los valores de conductividad eléctrica del agua (CE) se incrementan en profundidad hasta, en algunos casos, duplicar ampliamente a los del agua de mar. Las curvas de

isoconductividad muestran una marcada coincidencia con las curvas isopiezas y son indicativas de la dirección del flujo subterráneo.

Como regla general, puede decirse que en toda el área el fenómeno de recarga natural o inducida, produce una zona de mezcla (zonación hidroquímica) que se manifiesta en la porción superior de la capa acuífera (2 a 3 metros) con aguas de menor salinidad y es particularmente marcado en los sectores con relleno artificial y algo menos acentuado en lugares con materiales naturales (Sala et al., 1985)

En un piezómetro instalado en las inmediaciones del edificio central de la usina L. Piedrabuena, durante su construcción en el año 1983, se determinó una CE de  $24.500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en el primer metro de espesor saturado,  $43.710 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en el segundo metro y valores de alrededor de  $63.000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en el fondo (15 metros).

#### **7.4. Vulnerabilidad del acuífero a la contaminación**

Se entiende por vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea a la susceptibilidad que presenta un acuífero de ser afectado adversamente por un determinado contaminante (Foster et. al., 1987). La vulnerabilidad es una propiedad intrínseca de un sistema hidrológico que depende del medio físico el cual condiciona la accesibilidad de la zona saturada a la penetración de un contaminante y de la capacidad de atenuación de los estratos por encima de ella.

Algunos sistemas de evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos tienen en cuenta factores como profundidad del agua subterránea, tasa de recarga, litología del suelo, de la zona no saturada y del acuífero, conductividad hidráulica y topografía; sin dejar de tener en cuenta la dinámica del sistema. Está claro que a menor profundidad del nivel piezométrico, con una mayor recarga, con la presencia de rocas o sedimentos con alta conductividad hidráulica (permeabilidad) y una baja pendiente topográfica del terreno, el acuífero presentará un alto índice de vulnerabilidad a la contaminación.

Sin embargo, no todos los factores mencionados tienen, para una determinada zona, el mismo "peso" o importancia, considerándose, en general, que la profundidad del nivel freático, el tipo de acuífero y la composición litológica de la zona no saturada son determinantes en la valoración de la vulnerabilidad intrínseca de un acuífero (Foster e Hirata, 1991). Conforme estos tres parámetros el acuífero freático del área de estudio tiene una vulnerabilidad a la contaminación moderada.

Si a los factores mencionados se le suma: la casi ausencia de suelo, la existencia de una zona no saturada con un valor de permeabilidad, por porosidad secundaria, medio, una tasa de recarga importante y la casi nula pendiente topográfica, el acuífero freático estudiado puede ser catalogado como de vulnerabilidad a la contaminación moderada a alta.

Cabe destacar que el término vulnerabilidad a un contaminante universal no tiene demasiado sentido, siendo lo ideal definir para cada sector del área de

estudio la especie de contaminante y sus propiedades y en base a ello y a la vulnerabilidad intrínseca del acuífero determinar el riesgo de contaminación.

## **7.5. Usos del agua subterránea**

Desde el punto de vista de la explotación del agua subterránea de la capa freática del sector, la salinidad natural de la misma (hipersalina) la hacen real y potencialmente inútil para todo tipo de uso.

Es claro que el mayor riesgo ambiental de la contaminación del acuífero lo constituye la posibilidad de que sus aguas fluyan a una zanja de drenaje y a través de ella hacia la ría. La potencial contaminación de este cuerpo de agua constituiría una seria amenaza a todo el ecosistema de la zona costera.

## **8. CONCLUSIONES**

La permanente transformación operada en el área del puerto de Ing. White en los últimos veinte años ha dado lugar a un cambio morfológico del paisaje y consecuentemente a la transformación de mecanismos y procesos naturales que tienen lugar en su sistema hidrológico.

Los rellenos de suelo llevados a cabo en el sector que actualmente ocupan las plantas más antiguas del Polo Petroquímico y las ubicadas en la franja de Cangrejales han generado sendos domos hidráulicos debido al aumento de los niveles freáticos. Esta estructura genera direcciones de flujo subterráneo inversos a los naturales, incrementa los gradientes hidráulicos y consecuentemente su velocidad de circulación hacia los lugares de descarga constituidos por las zanjas de drenaje y la ría.

Al mismo tiempo, el aumento de los módulos pluviométricos en los últimos años incrementó la recarga y la magnitud las superficies anegadas para lo cual se construyeron nuevas zanjas de drenaje y se prolongaron los existentes a fin de paliar los inconvenientes ocasionados por ellas.

El resultado final de todos estos cambios ha sido el aumento del volumen de agua descargado a la ría y la reducción del tiempo en alcanzar la misma de los solutos disueltos en ella, ya sea por la vía superficial como por la subterránea.

Si bien las aguas del acuífero freático son hipersalinas, la tipificación de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación de moderada a alta permite predecir un riesgo ambiental cierto para el ámbito de la ría que es el destino final del escurrimiento de todas las aguas.

## **9. RECOMENDACIONES**

Como tarea para un futuro a corto plazo se recomienda: evaluar la descarga de contaminantes que se producen en la ría de Bahía Blanca, a través del sistema natural (acuífero freático) y antrópico (canales superficiales), como

consecuencia de la actividad industrial del Polo Petroquímico.

Para lograr este objetivo será necesario:

- Generar información básica, hidrogeológica e hidrodinámica, para elaborar el modelo de funcionamiento del sistema acuífero costero.
- Evaluar la magnitud de los aportes de agua superficial y subterránea a la ría.
- Individualizar los principales contaminantes contenidos en el nivel superior del acuífero libre costero, de naturaleza arcillo-arenosa, y en el inferior, contenido en sedimentos loésicos.
- Estimar el volumen de los principales contaminantes que contribuyen a la degradación del agua subterránea.
- Determinar la influencia de las propiedades físicas y químicas de los sedimentos que componen la zona no saturada (ZNS) sobre el comportamiento hidrodinámico y el transporte de los contaminantes hacia el acuífero freático.
- Evaluar el volumen de contaminantes que pasa del acuífero libre al escurrimiento superficial de los canales construidos que descargan en la ría.

La suma de estos conocimientos posibilitará mejorar: a) el diseño de los sistemas de remediación, al adaptar los mismos a las condiciones hidrogeológicas reales y a las características particulares del contaminante y b) el control de la descarga hacia los drenes o canales superficiales.

En cuanto a las obras de canalización y drenaje se recomienda que su diseño y construcción debe llevarse a cabo teniendo en cuenta el equilibrio entre la dinámica superficial y subterránea del agua. El desconocimiento de esta pauta puede dar lugar a efectos indeseables e impactar en otras áreas aledañas a dichas obras.

## **10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

Bonorino A. G. y J. M. Sala, 1983. Capítulo: Geohidrología. Comisión Estudio de Suelos White-Cerri. MOP de la Provincia de Buenos Aires. Informe Final (inédito). La Plata.

Carrica J.C.; 1998. Hidrogeología de la cuenca del arroyo Napostá Grande, Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. UNS (inédita). 215 p.

Fidalgo F., F. De Francesco y R. Pascual, 1975. Geología superficial de la llanura bonaerense. VI Congreso Geológico Argentino. Bahía Blanca. Relatorio: 103-138.

Fidalgo F. 1983. Geología y Geomorfología del área de White-Cerri y los alrededores de Bahía Blanca. Comisión Estudio de Suelos White-Cerri. MOP de la Provincia de Buenos Aires. Informe Final (inédito). La Plata.

Foster, S; 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proc. Intl. Conf. "Vulnerability of soil and groundwater to

Pollutants” (Noordwijk, The Netherlands/April 1987).

Foster S, R. Hirata y Ventura M. 1987. Contaminación de las aguas subterráneas, CEPIS, Lima, Perú.

Foster S. y R. Hirata, 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas por sistemas de saneamiento básico, CEPIS, Lima, Perú.

OSBA, 1991. Polo Petroquímico bahía Blanca – Monitoreo de agua subterránea. Mapa N° 4. Equipotenciales. (Inédito) La Plata.

Sala J. M.; A. G. Bonorino y J. C. Carrica, 1985. Aspectos hidroquímicos del acuífero libre en los alrededores de Ing. White, provincia de Buenos Aires. Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses. Tandil. Actas: 505-529.

**Bahía Blanca, Marzo de 2003**

***Cátedra de Hidrogeología***

***Dr. A. Guillermo Bonorino (Titular)***

***Dr. René Albouy***

**TABLA 4.3 : PLANILLA DE CENSO HIDROLÓGICO**

Número de Pozo	Cota topográfica (msnm)	Profundidad del agua (mbbp)	Altura del agua (msnm)
PM1	2.499	0.81	1.69
PM2	2.489	0.99	1.50
PM3	2.324	0.85	1.47
<b>PM4</b>	2.97	1.12	1.85
PM5	2.934	1.11	1.82
PM6	3.022	1.245	1.78
PM7	3.069	1.515	1.55
PM8	3.229	0.94	2.29
PM9	3.111	0.64	2.47
PM10	3.003	0.47	2.53
PM11	2.601	0.56	2.04
PM12	3.328	0.93	2.40
PM13	2.779	0.465	2.31
PM14	2.641	0.36	2.28
PM15	2.406	0.30	2.10
PM16	2.539	0.46	2.08
PM18	3.727	1.86	1.87
PM19	3.76	0.645	3.11
PBB POLISUR EPE 1	4.204	1.95	2.25
PBB POLISUR LDPE 1	4.903	1.67	3.23
PBB POLISUR LDPE 2	4.725	1.57	3.15
PBB POLISUR LDPE 3	4.619	1.66	2.96
PBB POLISUR HDPE 1	5.367	2.35	3.01
PBB POLISUR LHCI 6	5.263	2.49	2.77
PBB POLISUR LHCII 10	5.097	2.38	2.72
INDUPA VCM PM1	4.646	0.89	3.75
INDUPA VCM PM4	4.600	1.05	3.55
INDUPA VCM PM6	4.493	1.31	3.18
INDUPA VCM PM12	4.452	0.43	4.02
INDUPA VCM P5	5.021	3.05	1.97
INDUPA PVC S3	4.718	1.10	3.62
INDUPA PVC S4	4.730	1.80	2.93
INDUPA PVC S5	4.765	1.91	2.85
INDUPA PVC S7	4.729	1.49	3.24
CLOROSODA PM1B	4.881	1.40	3.48
CLOROSODA PM4	3.550	1.52	2.03
CLOROSODA PM7	4.826	1.53	3.30
CLOROSODA PM8	4.778	2.05	2.73
CLOROSODA PM9	4.622	1.97	2.65
CLOROSODA PM12	4.730	1.84	2.89
CLOROSODA PM13	4.478	1.65	2.83
PROFERTIL P1	4.238	2.46	1.78
PROFERTIL P3	5.661	3.50	2.16
PROFERTIL P7	4.177	1.59	2.58
PROFERTIL P14	5.348	3.815	1.53
PROFERTIL P17	4.988	2.64	2.35
MEGA F1	7.306	4.95	2.35
MEGA F2	7.159	4.50	2.66
MEGA F4	4.711	3.59	1.12
MEGA F5	4.706	3.46	1.25
ESSO 1	4.210	1.22	3.00
ESSO 3	3.962	2.09	1.87
ESSO 5	3.974	1.33	2.64
ESSO 6	3.965	1.69	2.27



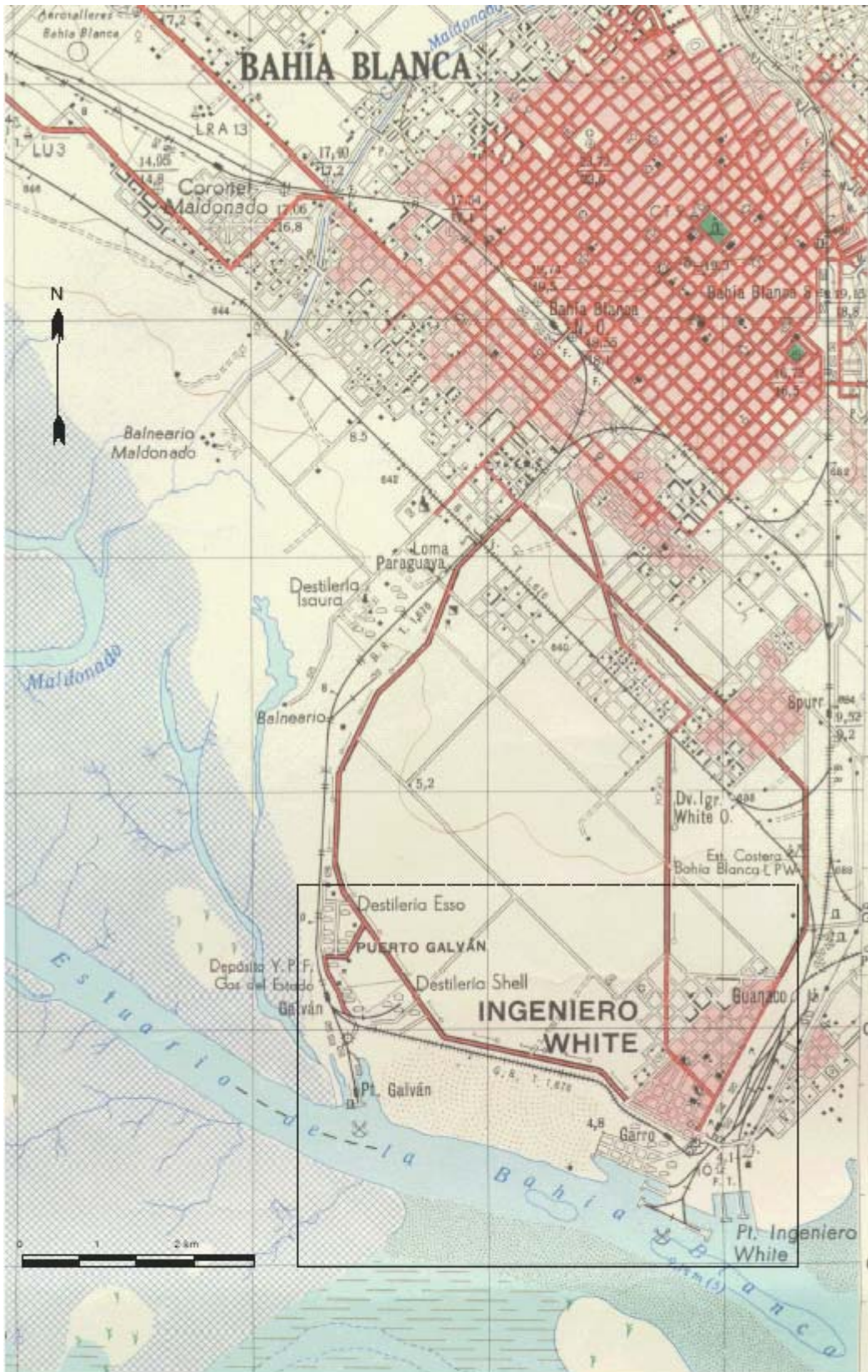
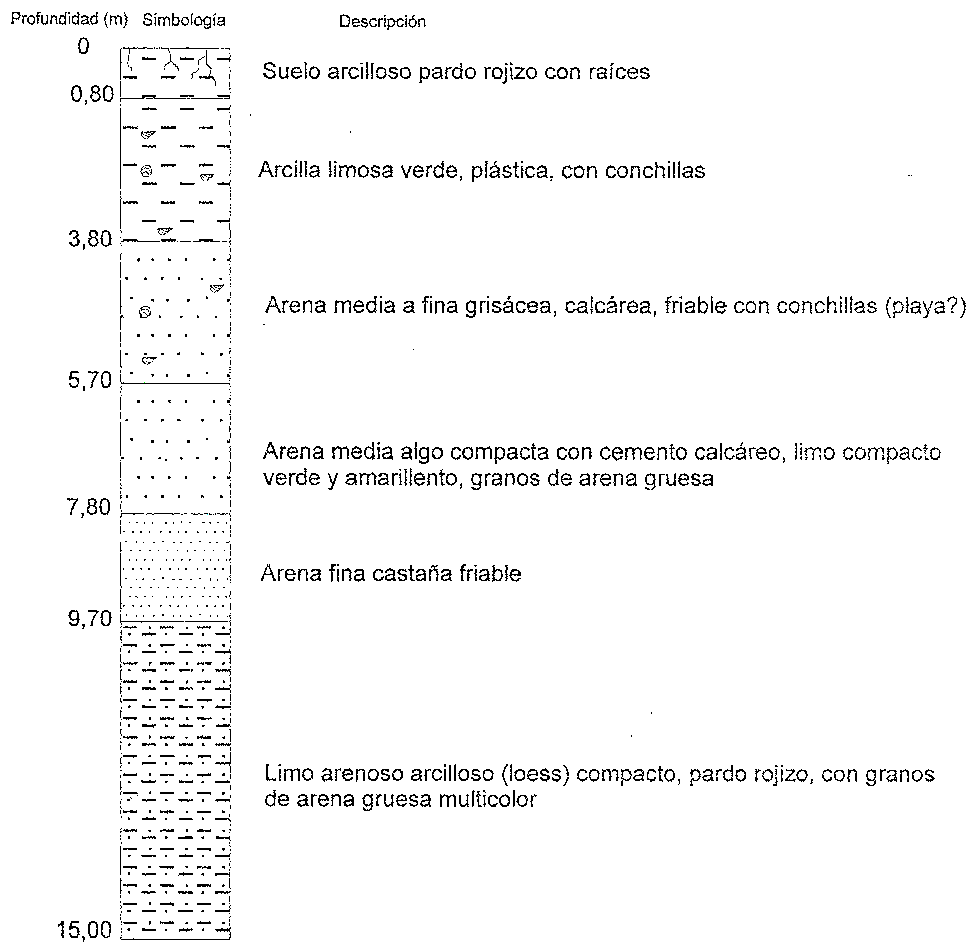


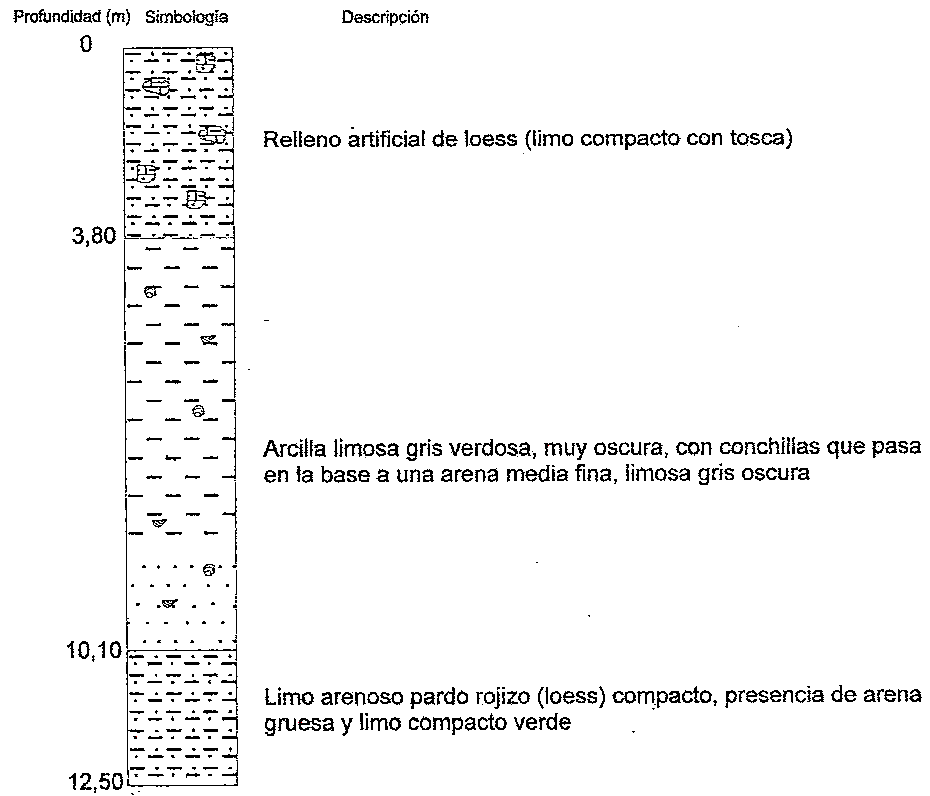
Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio

### POZO No. 34



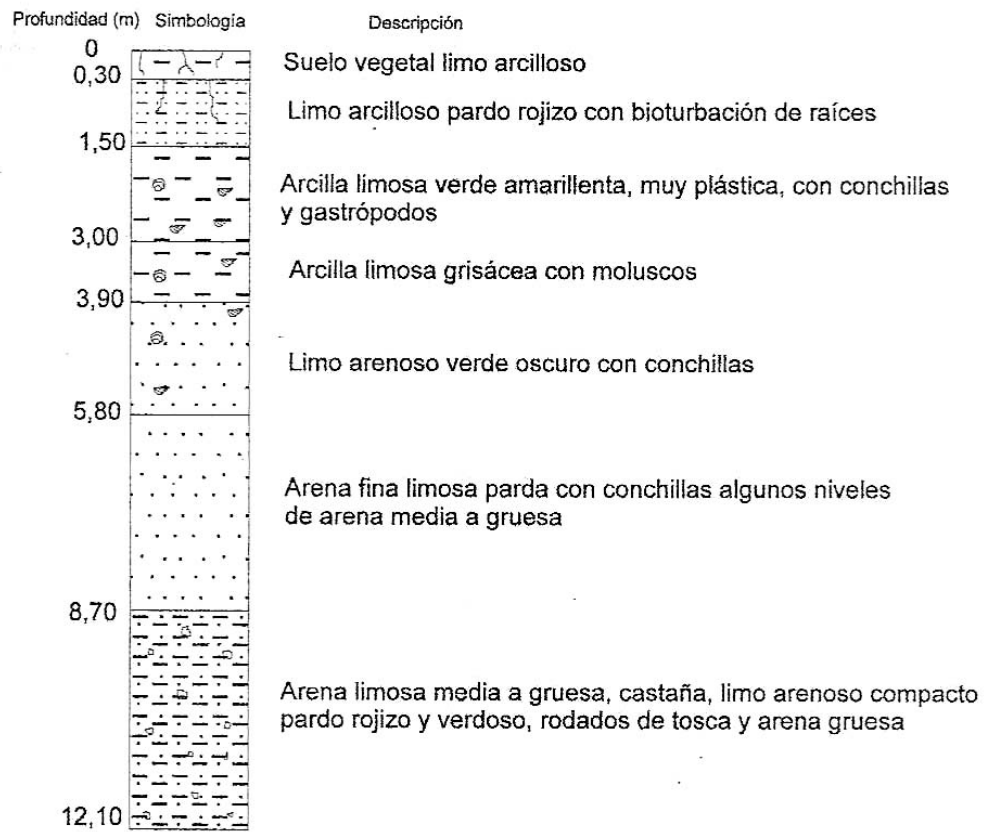
Perfil litológico de los pozos

### POZO No. 35



Perfil litológico de los pozos

## POZO No. 40



Perfil litológico de los pozos

MOP Mapa piezométrico de la capa freática 1983

OSBA Mapa piezométrico de la capa freática 1991

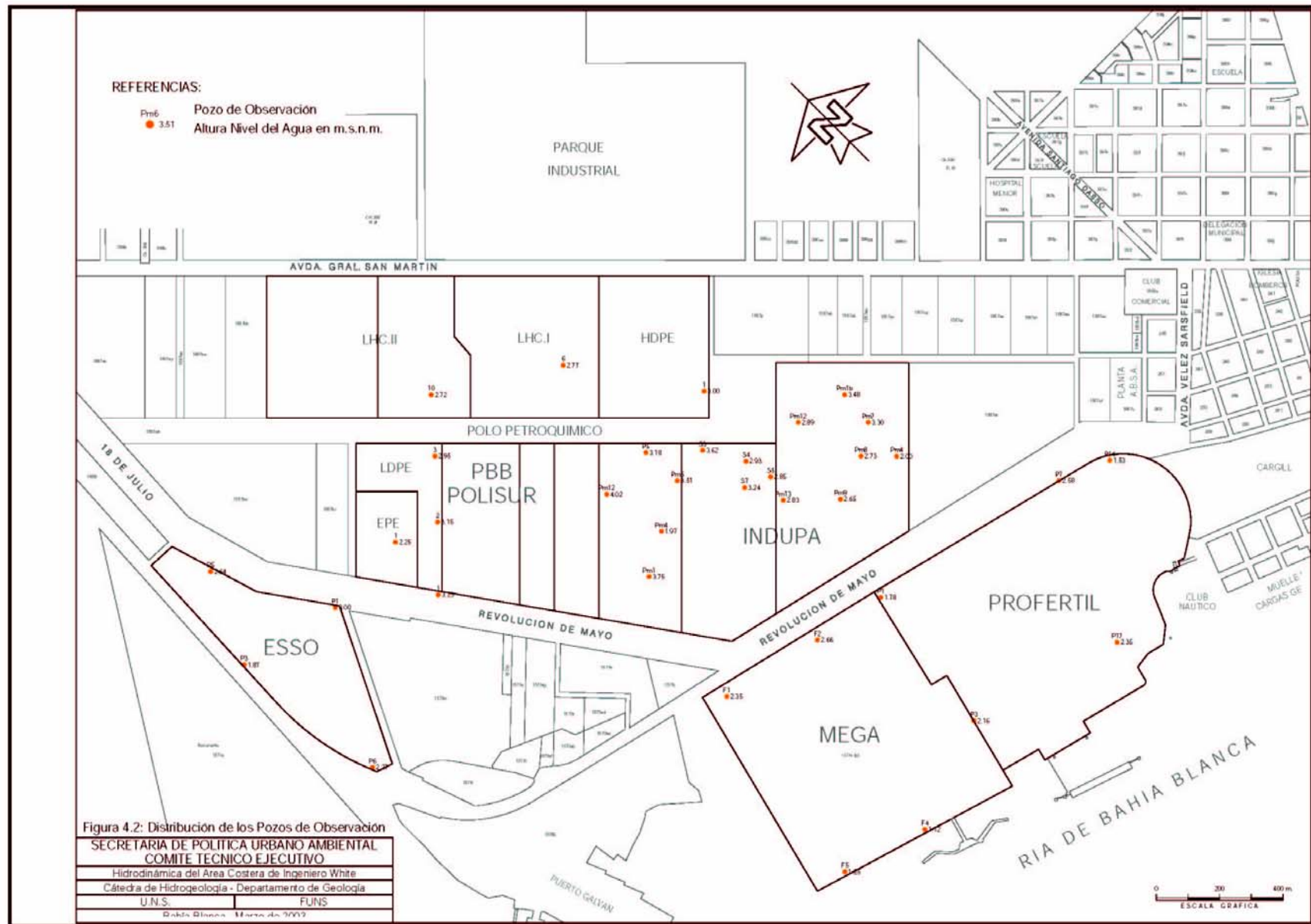
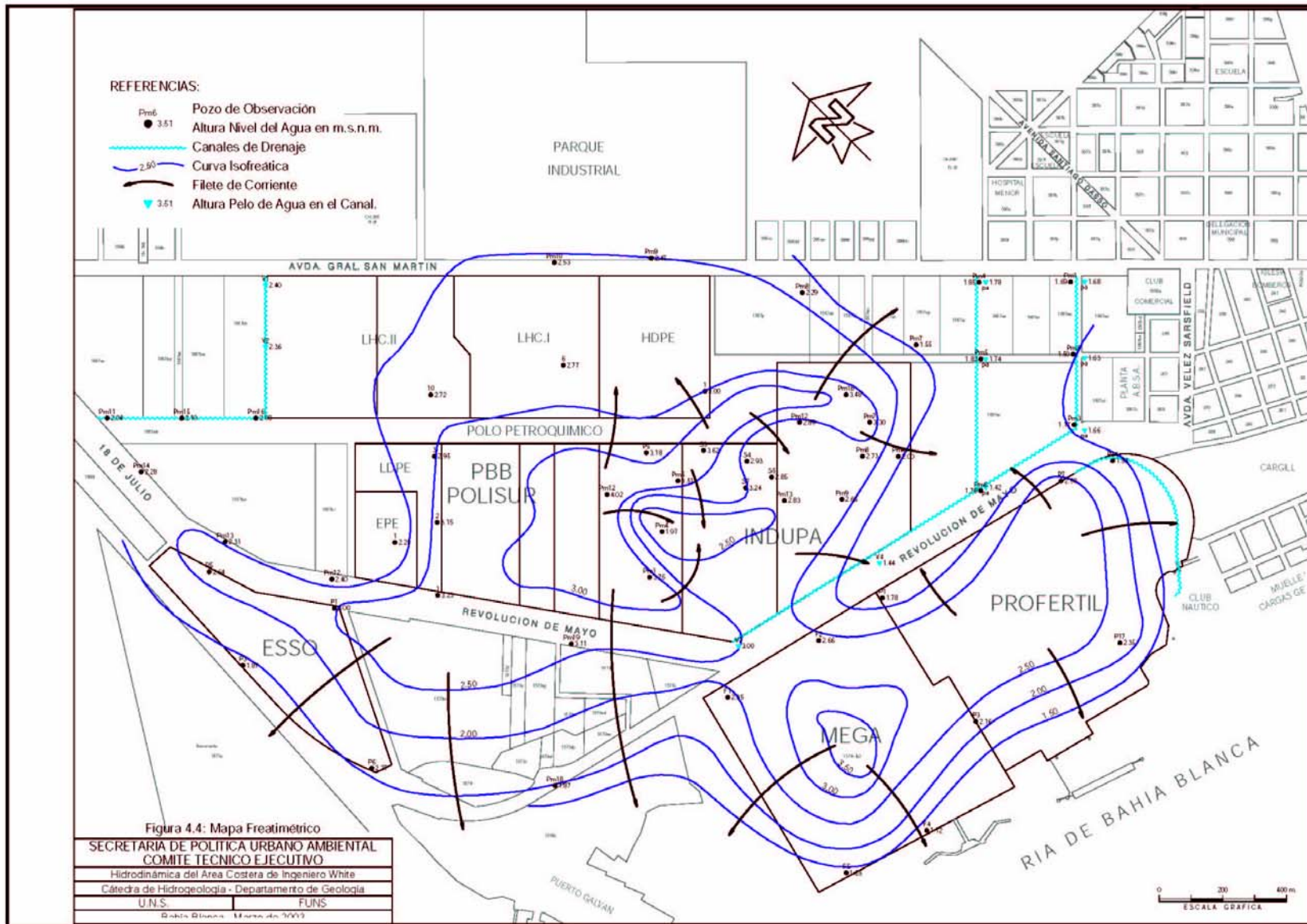
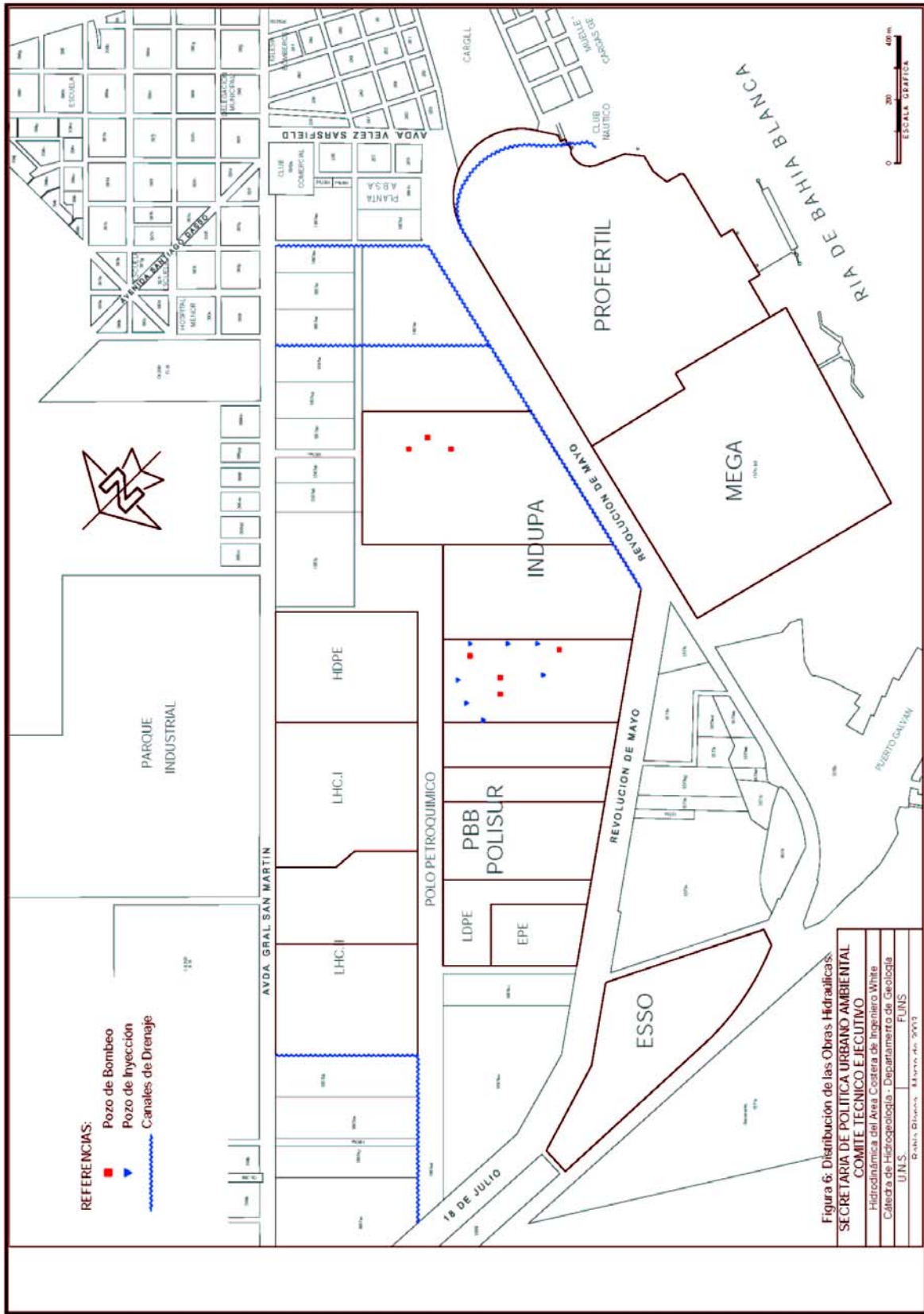


Figura 4.2: Distribución de los Pozos de Observación









## **Sección IV**

### **Pozos de Monitoreo - Análisis del Acuífero Freático**

## **Caracterización fisicoquímica del acuífero freático**

Con el objetivo de llevar a cabo una evaluación acerca de la presencia de contaminantes en la napa freática se construyó una serie de pozos de monitoreo en forma periférica al área industrial. La ubicación de los pozos se muestra en el mapa de la Fig. N°1.

Los pozos fueron perforados manualmente con pala hélix hasta atravesar la capa freática unos 50 centímetros, entubados luego con cañería de PVC de 2". Posteriormente, personal municipal procedió a acotar la boca de cada piezómetro vinculándolos a un nivel de referencia unificado, en este caso el establecido por el Instituto Geográfico Militar.

A través de las perforaciones se tomaron muestras del líquido de la napa freática y se efectuaron análisis de parámetros fisicoquímicos cuyos resultados se muestran en las tablas adjuntas.

## **Conclusiones**

Los resultados corroboran que el agua de la napa tiene una gran salinidad natural, lo cual la hace potencialmente inútil para todo tipo de uso.

Por otra parte, es posible inferir que no hay indicios de contaminación de la napa freática. Esto es importante ya que el mayor peligro lo constituye la posibilidad de que sus aguas fluyan a las zanjas de drenaje y a partir de estas a la Ría de Bahía Blanca.

## **Evaluación de las descargas de los canales de drenaje**

A los efectos de complementar la evaluación de los aportes efectuados a la Ría de Bahía Blanca se propone evaluar la descarga de contaminantes que se producen a través de los canales superficiales, como consecuencia de la actividad industrial. Dichos canales y los sitios de muestreo seleccionados se muestran en el plano de la Fig. N° 2.

Fig. N° 1. Ubicación de los pozos de monitoreo.

Analito	RESULTADOS									
	POZO N° 1	POZO N° 2	POZO N° 3	POZO N° 4	POZO N° 5	POZO N° 6	POZO N° 7	POZO N° 8	POZO N° 9	POZO N° 10
pH	7	7.3	7.1	7.2	7.3	7.2	7.1	7.8	7.2	7.3
Conductividad (ms/cm)	10400	21100	47100	41500	44800	45300	48600	46000	39000	53800
Sólidos Totales (mg/l)	9150	16190	36635	36367	36432	37327	39862	3162	29985	43857
Sólidos Fijos (mg/l)	8418	14957	32005	33287	32743	34237	34740	2942	28360	42230
Sólidos Volátiles (mg/l)	732	1233	4630	3080	3690	3090	5122	220	1625	1627
Alcalinidad total (mgCaCO <sub>3</sub> /l)	270	430	465	540	320	400	475	280	670	725
DQO (mg/l)	106	290	770	640	2025	620	570	120	784	630
Sulfatos (mg/l)	1375	3200	6000	7500	7200	60	6700	780	3400	4900
Nitratos (mg/l)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Nitritos (mg/l)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Nitrógeno total (mg/l)	3.8	7.5	4.5	4.2	2.5	4.0	5.3	3.8	3.9	16.5
Amonio (mg/l)	2.75	2.50	1.00	2.25	1.50	1.80	2.15	1.25	0.75	1.00
HC tot (mg/l)	1.01	1.17	1.19	0.63	1.20	1.98	1.29	1.25	1.95	1.19
Grasas y Aceites (mg/l)	< 0.20	< 0.20	0.66	< 0.20	1.00	0.69	0.74	0.53	1.60	2.14
Sodio (mg/l)	6245	5480	13735	10150	9955	10950	9535	6020	8565	12250
Potasio (mg/l)	80	197	476	397	363	370	372	282	277	498
Calcio (mg/l)	195.9	212.2	653.0	587.7	604.1	636.7	457.0	81.6	326.5	457.1
Magnesio (mg/l)	558.4	764.0	1077.0	1234.2	1263.6	1234.2	1155.9	577.9	470.2	1155.9
Hierro (mg/l)	0.11	0.11	0.09	0.07	0.05	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02
Mercurio (mg/l)	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Plomo (mg/l)	0.06	0.03	0.02	< 0.01	0.05	0.08	0.10	0.07	< 0.01	0.05
Cromo (mg/l)	< 0.01	0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.03	< 0.01	< 0.01
Zinc (mg/l)	< 0.04	Interferencias	Interferencias	Interferencias	Interferencias	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	0.10
Níquel (mg/l)	0.40	0.25	0.05	0.05	< 0.05	0.15	0.30	0.25	0.20	0.10
1-2 EDC (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Análisis de los pozos de monitoreo

Analito	RESULTADOS					
	POZO N° 11	POZO N° 12	POZO N° 13	POZO N° 14	POZO N° 16	POZO N° 17
pH	7.0	7.1	7,1	6,8	7.0	7.3
Conductividad (ms/cm)	47800	40800	74700	65600	86300	16500
Sólidos Totales (mg/l)	43170	10995	71952	54752	73100	13410
Sólidos Fijos (mg/l)	34345	5757	59680	49172	64825	11382
Sólidos Volátiles (mg/l)	8825	5238	12272	5580	8275	2028
Alcalinidad total (mgCaCO <sub>3</sub> /l)	360	970	695	475	330	825
DQO (mg/l)	1352	714	210	870	1840	154
Sulfatos (mg/l)	3700	6500	12500	8250	6800	2900
Nitratos (mg/l)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Nitritos (mg/l)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Nitrógeno total (mg/l)	24.8	4.5	6,8	20,3	26.3	2.4
Amonio (mg/l)	2.05	2.20	Interferencias	2	1	0.70
HC tot (mg/l)	1.15	0.32	0,71	< 0.1	< 0.1	0.41
Grasas y Aceites (mg/l)	0.27	< 0.2	< 0.2	0,39	0.6	< 0.2
Sodio (mg/l)	15900	11000	27850	1320	35960	5395
Potasio (mg/l)	392	384	742	715	1010	199
Calcio (mg/l)	375.5	489.8	985,8	1077,4	848.9	310.2
Magnesio (mg/l)	989.4	1195.1	1283,3	1547,7	2399.9	558.3
Hierro (mg/l)	0.05	< 0.02	0,02	0,04	0.34	< 0.02
Mercurio (mg/l)	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Plomo (mg/l)	0.13	< 0.01	0,15	< 0.01	< 0.01	0.20
Cromo (mg/l)	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01
Zinc (mg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	Interferencias	Interferencias	< 0.04
Níquel (mg/l)	0.05	0.10	0,05	< 0.01	1,65	< 0.05
1-2 EDC (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

### Análisis de los pozos de monitoreo

Fig. N° 2. Canales superficiales y sitios de muestreo.