

MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS EN RELACIÓN A LOS VERTIDOS DEL EFLUENTE DEL COMPLEJO DE CENTRALES TÉRMICAS EL BRACHO (PROVINCIA DE TUCUMÁN)

Gustavo Zurita (PLUSPETROL Energy SA), Carlos Girardi (PLUSPETROL SA), Eduardo Kruse (EVARSA)

SINOPSIS

Se analizan los resultados de un programa de monitoreo de aguas subterráneas y aguas superficiales en el área del Complejo de Centrales Térmicas El Bracho, cuyo objetivo es efectuar un control del acuífero en explotación y evaluar la influencia del efluente industrial en la evolución de los caudales y parámetros químicos de las aguas superficiales.

El plan de monitoreo incluye la realización de aforos mensuales y muestreos trimestrales para determinaciones químicas en el efluente y en los canales pluviales, además del seguimiento de las aguas subterráneas a través de mediciones mensuales de niveles y muestreos trimestrales.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el período 2002 – 2005 no existen evidencias de sobreexplotación de las aguas subterráneas que podrían generar un deterioro en la calidad o un agotamiento de reservas del recurso hídrico subterráneo.

El efluente se caracteriza por presentar un agua levemente salina y parámetros aceptables para el vertido en el agua superficial. El seguimiento muestra que su descarga en un cuerpo (Canal DP2) con contenidos de DBO, DQO y nitrito que indican la existencia de contaminación, genera una fuerte disminución en estos parámetros aguas abajo del vertido.

La red de monitoreo resulta una herramienta importante para conocer el impacto de la actividad de generación de energía eléctrica en el medio físico. La operación y mantenimiento de este tipo de redes de monitoreo, es una excelente oportunidad a los efectos de documentar cambios en el sistema hidrológico, predecir sobreexplotación de acuíferos y, además, generar información suficiente en regiones donde es escasa la información relativa a estudios de cuencas hídricas.

1. INTRODUCCION

Los requerimientos de agua del Complejo de Centrales Térmicas El Bracho son abastecidos por los recursos hídricos subterráneos. Luego de los procesos de tratamiento correspondientes, el destino final del agua residual es el canal Desagüe Pluvial 2 (DP2). Este canal forma parte de una red de canales destinados a evacuar los excedentes de lluvia que se producen en el territorio de la Provincia de Tucumán.

A partir de 2002, Pluspetrol desarrolla un programa de monitoreo de aguas subterráneas y aguas superficiales en el área de influencia de las centrales con la finalidad de efectuar un seguimiento de las aguas subterráneas en explotación y evaluar la influencia de la descarga del vertido del efluente en la evolución de los caudales y parámetros químicos de las aguas superficiales.

El objetivo de este trabajo es analizar los resultados obtenidos a partir del desarrollo de este programa de monitoreo.

2. DESARROLLO

2.1 Características generales

El Complejo de Centrales Térmicas El Bracho se encuentra a aproximadamente 20 km al sudoeste de San Miguel de Tucumán, a pocos metros de la Ruta Nacional N° 9.

Este complejo es uno de los polos energéticos más importantes de Argentina, encontrándose entre los primeros productores de energía eléctrica a nivel nacional en cuanto a la capacidad de sus instalaciones. La generación se produce a partir de plantas de ciclo combinado compuestas por turbogeneradores de gas.

2.2 Metodología

El programa de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas que se realiza tiene los siguientes objetivos:

- controlar el funcionamiento hidrodinámico e hidroquímico del acuífero actualmente en explotación para el abastecimiento a las centrales térmicas.
- controlar la influencia de la descarga del efluente de las centrales térmicas en el comportamiento de parámetros químicos y su relación con los caudales en los canales pluviales (DP2 y DP Troncal).

En relación a las aguas subterráneas se realiza la medición mensual de los niveles piezométricos y muestreos trimestrales en 15 perforaciones, 13 de ellas existentes en el predio del complejo “El Bracho” y 2 externas (Hospital El Bracho y Comuna El Cevilar). En la Figura 1 se observa la ubicación de las perforaciones. Las determinaciones químicas trimestrales incluyen: pH, sólidos disueltos totales, conductividad, calcio, magnesio, potasio, sílice, sodio, bicarbonatos, cloruro, sulfato, arsénico, fluoruro, RAS y además metales pesados (hierro, cadmio, cobre, cromo total, plomo, cinc, níquel).



Figura 1

Las tareas vinculadas al agua superficial abarcan aforos mensuales (método velocidad – área) y muestreos trimestrales del efluente, DP2 y DP Troncal. En el caso de la zona de descarga del efluente, situado a 14 km del complejo (Figura 2) se ha ubicado una estación de monitoreo a aproximadamente 50 m aguas arriba y otro 50 m aguas debajo de la descarga.



Figura 2

Las determinaciones químicas realizadas incluyen: pH, conductividad, SDT, Sólidos sedimentables (10 min), Sólidos sedimentables (2hs), sulfuros, Sólidos Solubles en Eter Etílico (SSEE), DBO5, DQO, Fenoles, SAAM, Hidrocarburos totales, Cloro Residual, calcio, sodio, potasio, magnesio, RAS, Nitrato, nitrito, amoníaco, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, fluoruros, arsénico, sílice, cadmio, cromo total, cobre, plomo, zinc, níquel, hierro total.

2.3 Características hidrogeológicas

El Complejo El Bracho se sitúa en un ámbito vinculado con la acumulación de sedimentos fluviales, que conforman localmente una región llana. Se trata de un ambiente intermedio del Abanico Aluvial del Río Salí. En esta llanura predominan materiales finos (limo-arcilla), aunque en los cauces son frecuentes sedimentos más gruesos (arenas y gravas).

Globalmente se reconoce en el subsuelo la presencia de capas de alta permeabilidad (acuíferos) separados por otras de baja permeabilidad, representando un ámbito propicio para la extracción de agua subterránea en cantidad y calidad adecuada.

De acuerdo a las perforaciones construidas en El Bracho y sus proximidades es posible reconocer, hasta los 290 m de profundidad un acuífero multiunitario interrelacionado desde un punto de vista hidráulico. A los efectos prácticos y de acuerdo a la profundidad alcanzada por los pozos se ha subdividido en dos unidades acuíferas, una superior desarrollada hasta 150 m de profundidad y otra inferior, por debajo de 180 m y al menos hasta 290 m de profundidad. Los parámetros hidráulicos reconocidos indican para la unidad superior una transmisividad media de $600 \text{ m}^2/\text{día}$ y un coeficiente de almacenamiento de 4×10^{-4} , mientras que para la unidad inferior, que tiene una mayor producción, es de $2300 \text{ m}^2/\text{día}$ y 2×10^{-4} respectivamente.

El agua disponible en ambas unidades es de baja salinidad, con un residuo seco del orden de 700 mg/l, con características bicarbonatada – clorurada - sódica.

2.4 Explotación de aguas subterráneas

El caudal total extraído por las perforaciones entre 2002 y 2004 alcanzó un promedio de $645 \text{ m}^3/\text{hora}$, lo cual es levemente superior al valor del lapso actual Enero – Julio de 2005 ($614 \text{ m}^3/\text{hora}$).

En la Figura 3 se observa la evolución de los caudales promedios extraídos.

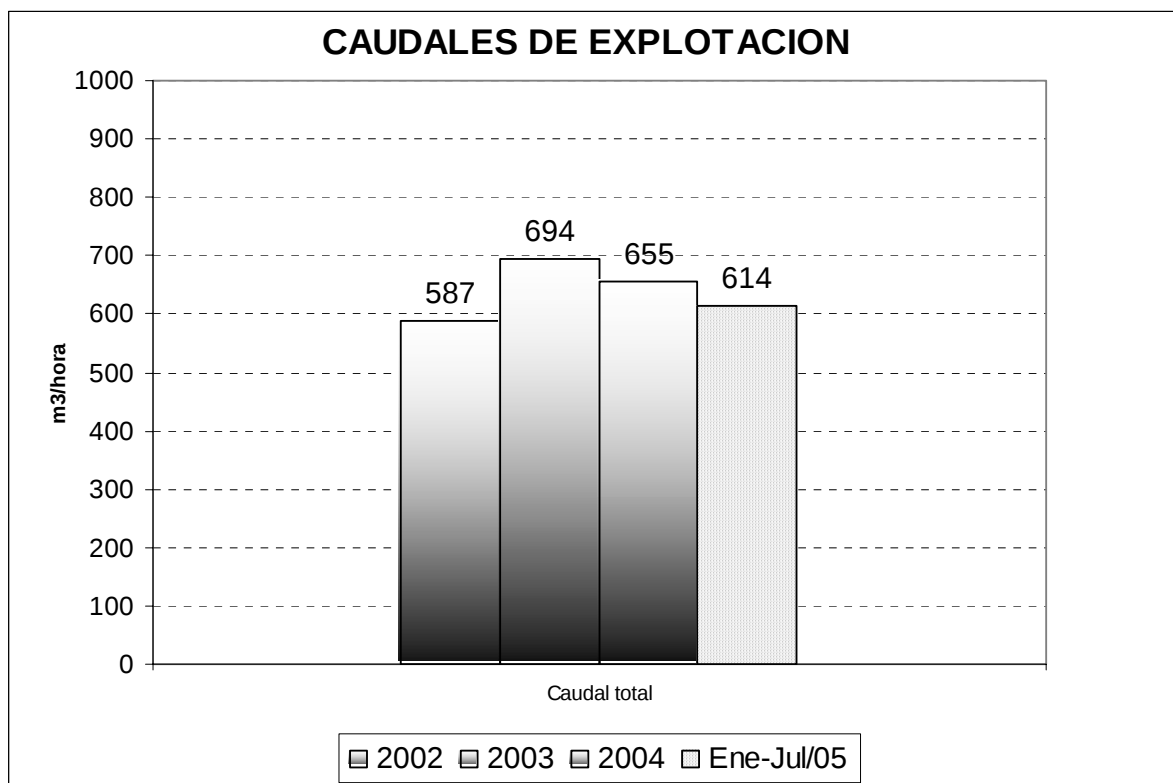


Figura 3

Prácticamente la totalidad del volumen explotado corresponde al nivel acuífero inferior, ya que menos del 1% se extrae del superior.

Las oscilaciones de los niveles piezométricos registrados en un pozo que capta del nivel acuífero inferior y otro del nivel acuífero superior se pueden observar en las Figuras 4 y 5 respectivamente.

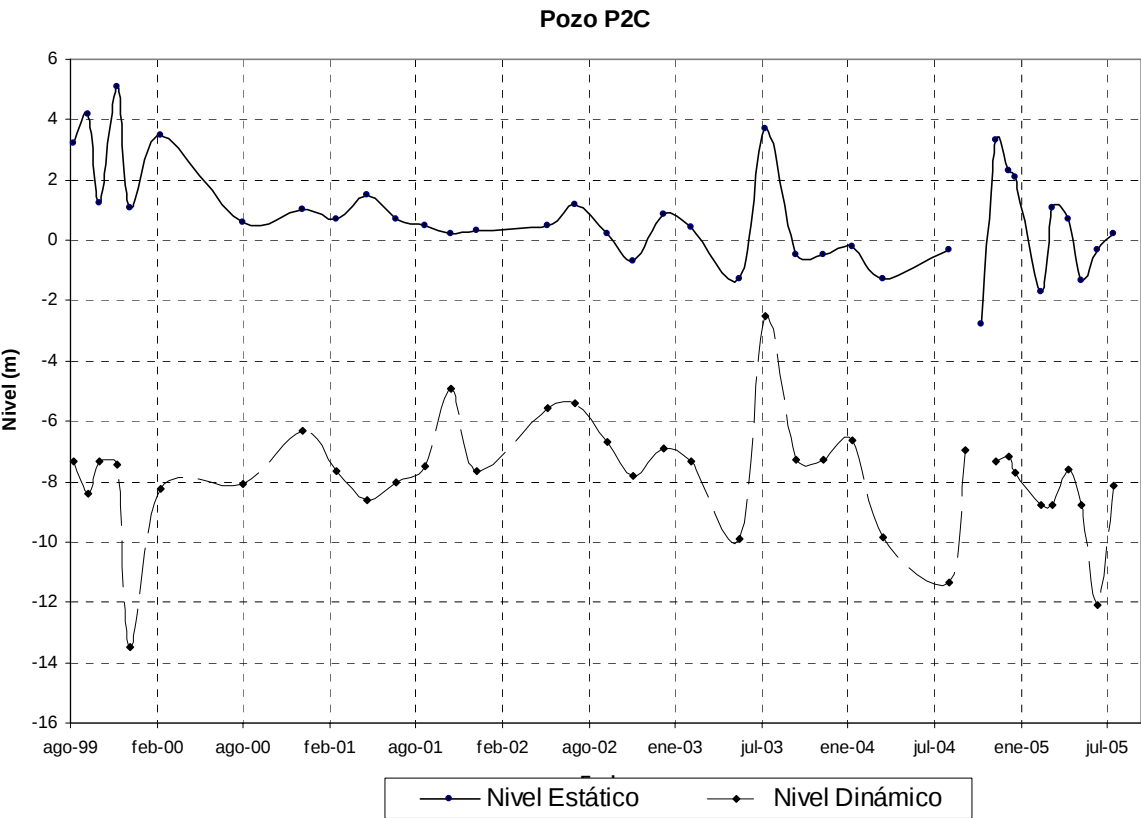


Figura 4

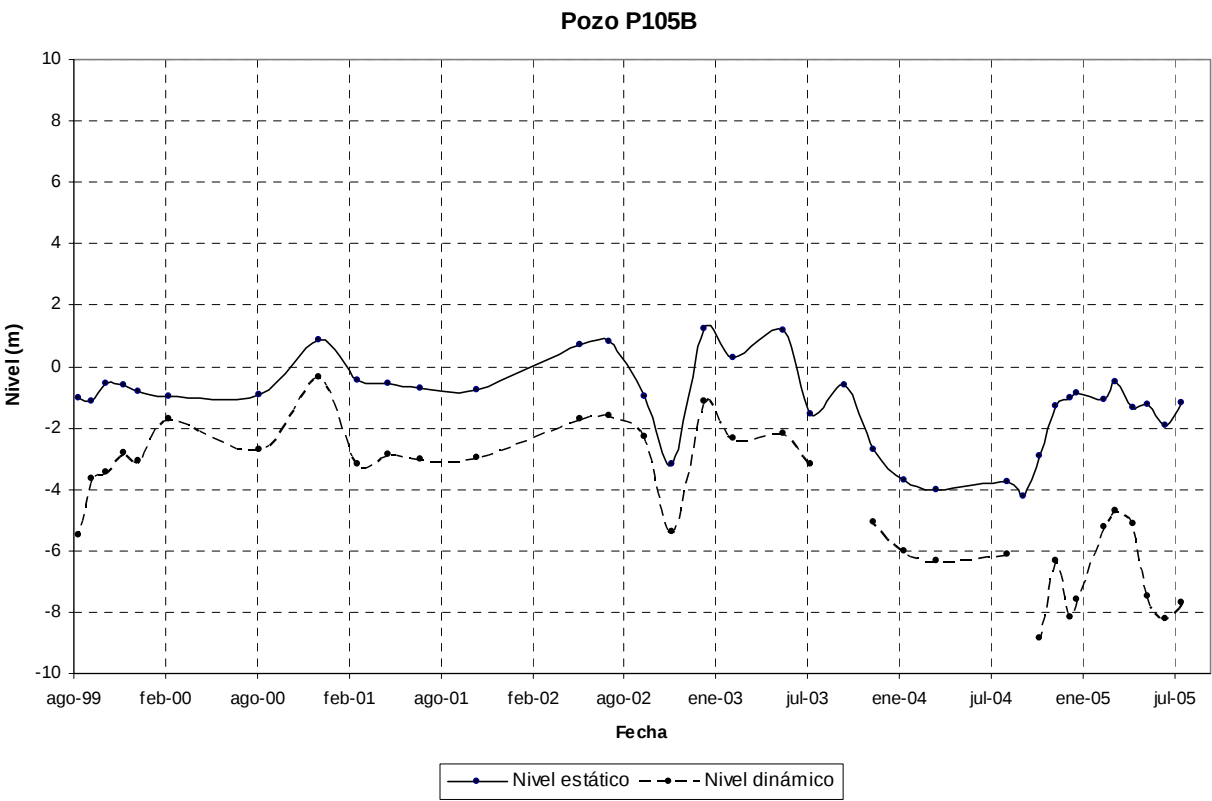


Figura 5

Estos pozos resultan representativos de las fluctuaciones que se registran en las otras perforaciones en ambos niveles acuíferos.

Las variaciones reconocidas en los pozos que captan agua del nivel acuífero superior son relativamente concordantes y se pueden relacionar con las oscilaciones naturales de los niveles piezométricos, vinculados principalmente con la relación recarga, flujo subterráneo y descarga natural de los niveles acuíferos.

Los ascensos y descensos de los niveles piezométricos en los pozos que explotan la unidad acuífera inferior, se pueden vincular con el programa de explotación (rotación de los pozos en servicio) y también con el ciclo natural (recarga – descarga del acuífero), no existiendo indicadores de agotamiento de las reservas en este nivel acuífero, a pesar de los volúmenes extraídos.

Los resultados de los análisis químicos de los pozos en el período que se analiza no muestran variaciones importantes en los tenores de cationes y aniones principales. Tanto en los pozos que extraen agua del nivel acuífero superior o inferior la característica química es clorurada bicarbonatada sódica. En el gráfico de la Figura 6 (Diagrama de Piper) se han representado los cationes y aniones mayoritarios.

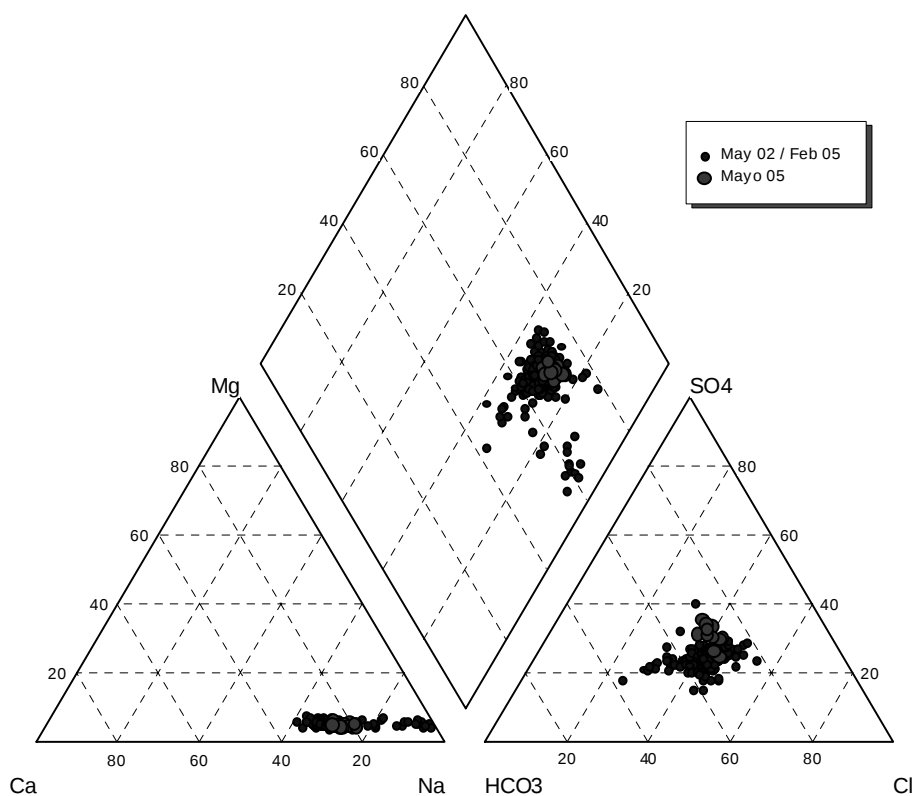


Figura 6

En la Figura 7 se ha representado la variación areal de la conductividad del agua.

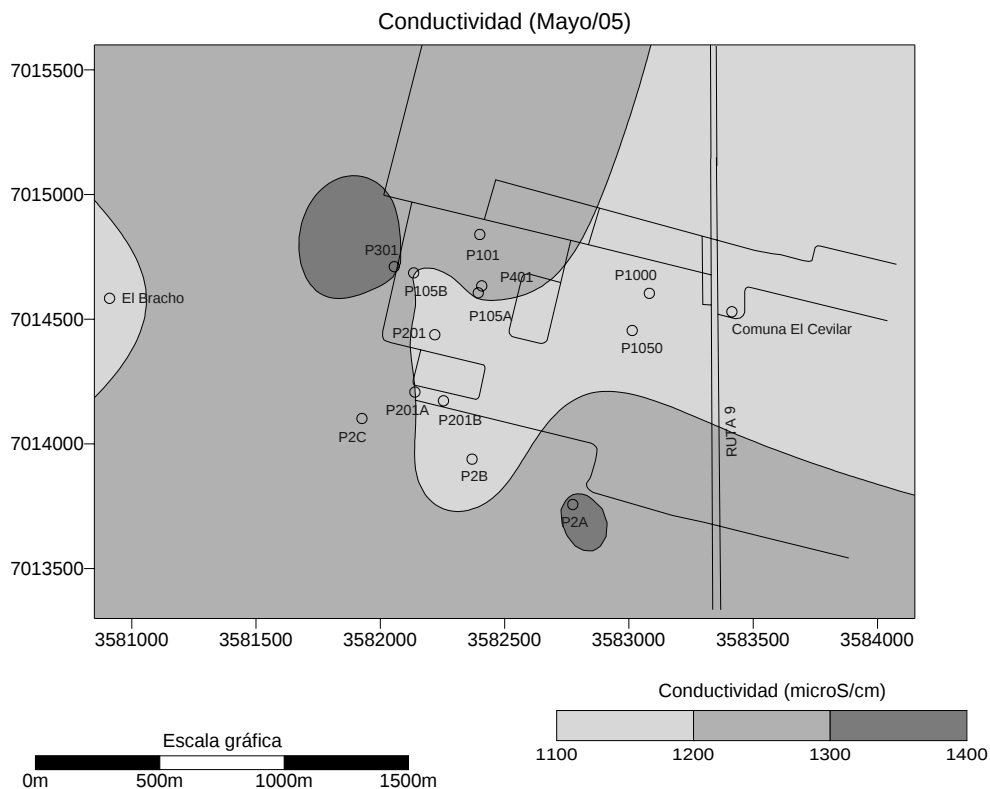


Figura 7

La variación areal de la conductividad, que resulta similar al comportamiento de aniones y cationes principales permite establecer que no existen variaciones significativas en la calidad química. Además se reconoce una homogeneidad en la composición tanto en los pozos más profundos como lo menos profundos. Tampoco se reconoce una variación química entre los pozos que son explotados a altos caudales en forma continua (nivel inferior) y aquellos de escaso caudal con extracción intermitente (nivel superior).

En la Figura 8 se han incluido las variaciones temporales (entre 1999 y 2005) de conductividad del agua de pozos que extraen del nivel superior (105 A, 105B, 201 A y 201 B) y del nivel inferior (2 A, 2 B y 2 C).

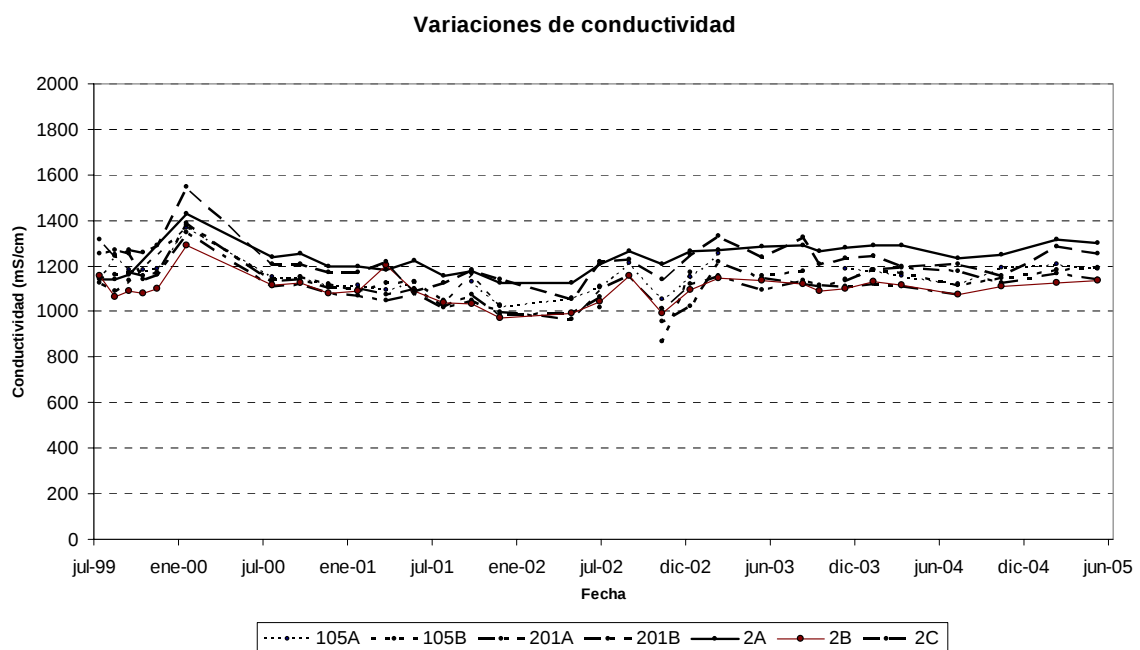


Figura 8

Lo mostrado en la Figura 8 para la conductividad del agua es similar para la serie en que se representan los contenidos de cationes y aniones principales. En este caso también se puede definir que existe una constancia en la composición química a través del tiempo en los pozos del nivel inferior y en los del nivel superior.

Las determinaciones de metales pesados (cadmio, cobre, cromo, plomo, níquel, zinc, hierro) muestran valores inferiores al límite de detección. En la Tabla 1 se indican los resultados de los análisis químicos correspondientes a Mayo de 2005.

Parametro	Unidad	P101	P201	P301	P201B	P2A	P2B	P2C	P105A	P105B	P1000	P1050	COMUNA	HOSPITAL
pH	^^^	7,8	7,9	7,9	7,6	7,8	7,7	7,8	7,7	7,8	7,8	7,7	7,9	7,6
Conductividad	uS/cm	1252	1165	1344	1167	1317	1128	1287	1207	1181	1167	1171	1127	1173
SDT	mg/L	753	692	791	723	790	684	760	726	702	693	690	673	690
Sodio	mg/L	188	177	196	173	186	164	179	175	176	164	168	177	166
Potasio	mg/L	3,9	4,0	4,1	3,8	4,9	6,2	5,4	4,7	3,8	3,8	3,9	4,9	3,7
Calcio	mg/L	53,3	44,2	65,6	53,5	68,7	53,1	61,5	61,7	53,4	51,7	57,0	49,1	56,0
Magnesio	mg/L	8,18	7,66	8,70	8,30	8,96	6,28	7,60	8,00	8,14	7,60	8,20	8,37	9,11
RAS	mg/L	6,33	6,46	6,03	5,81	5,60	5,66	5,72	5,56	5,92	5,63	5,50	6,14	5,42
Nitrato	mg/L	6,4	< 5,0	6,4	6,5	7,5	6,4	6,6	7,3	6,8	5,6	6,6	< 5,0	5,3
Cloruros	mg/L	178	175	192	172	177	165	180	175	169	169	168	156	163
Sulfato	mg/L	154	138	156	154	139	139	146	151	152	146	146	137	142
Bicarbonato	mg/L	253	210	277	230	306	207	267	226	230	212	233	246	241
Carbonatos	mg/L	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0
Fluoruros	mg/L	0,36	0,30	0,35	0,26	0,38	0,24	0,31	0,24	0,32	0,30	0,31	0,26	0,33
Arsénico	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Silice	mg/L	26,9	18,5	28,4	37,7	27,4	26,4	27,7	30,5	31,1	31,5	32,6	55,5	30,1
Cadmio	mg/L	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Cromo Total	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	< 0,002
Cobre	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,005
Plomo	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinc	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Níquel	mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Hierro Total	mg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10

Tabla 1

De acuerdo a los datos obtenidos en el programa de monitoreo hasta la actualidad (condiciones hidrodinámicas y resultados de los análisis químicos) no existen evidencias de sobreexplotación de las aguas subterráneas que podrían generar un deterioro en la calidad o un agotamiento de reservas del recurso hídrico subterráneo.

2.5 Características de los canales pluviales

El destino final de los líquidos residuales de las centrales térmicas es el canal Desagüe Pluvial 2 (DP2). Este canal forma parte de una red de canales destinados a evacuar los excedentes de lluvia que se producen en el territorio provincial para que los mismos no generen problemas en los terrenos proclives de inundarse o ser sometidos a deterioros por lluvias intensas. Los dos canales más importantes se han construido con dicho objetivo y para desalinizar las tierras aledañas son los Canales DP 1 y precisamente el DP2.

El DP2 tiene un recorrido importante y actúa como evacuador de lluvias y crecidas y adicionalmente como colector de drenajes de los terrenos mejorando la calidad de los suelos al permitir la evacuación de aguas salobres del subsuelo.

Debe tenerse en cuenta que la evacuación de lluvias y el control de los excesos de agua por medio del canal es esporádico. Los caudales que circulan en forma permanente son consecuencia de la descarga del agua freática de los terrenos aledaños. Esos caudales tienden a mantener el cauce activo y mejorar las condiciones de escurrimiento. El aporte de agua subterránea relativamente salina hace que el agua que fluye por el canal presente cierto grado de salinidad

Este canal, además del vertido que se produce a través del efluente de las centrales térmicas de El Bracho, es utilizado para el vuelco de efluentes del mineraloducto de la empresa La Alumbra y efluentes de ingenios de la zona

El DP2 se conecta hacia aguas abajo con el Canal DP Troncal, que llega al lago del embalse de Río Hondo.

2.6 Régimen hidrológico de los canales

La descarga media del efluente es de 0,07 m³/seg, presentando variaciones importantes de acuerdo a las características del funcionamiento de las plantas de generación, con un mínimo de 0,01 m³/seg y un máximo de 0,10 m³/seg.

Los caudales escurridos por el canal DP2 en el período de registros oscilaron entre un mínimo de prácticamente 0 m³/seg y un máximo de 0,65 m³/seg. En la Figura 9 se comparan los caudales registrados anualmente en el Canal DP2.

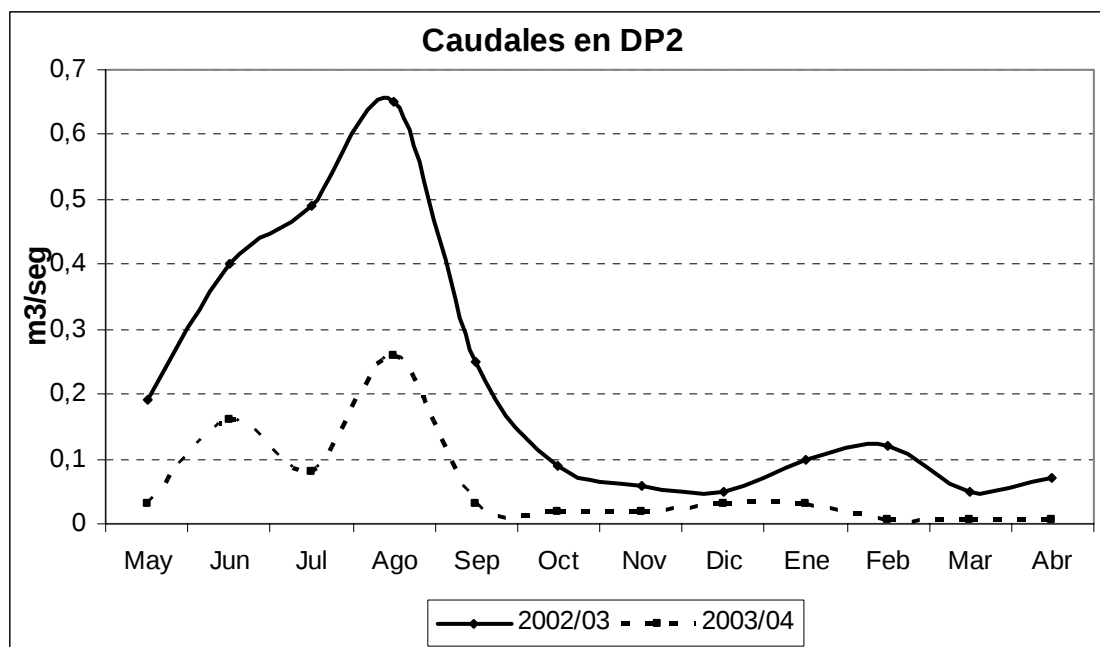


Figura 9

Los caudales escurridos por el DP2 a partir de Mayo de 2003 resultan significativamente inferiores a los correspondientes al año anterior. El caudal medio en el lapso Mayo/2002 – Marzo/2003 fue de 0,25 m³/seg, mientras que en el mismo período de 2003/2004 alcanzó a 0,06 m³/seg. Se debe mencionar que en ambos casos el pico de caudal se produjo en el mes de agosto.

En la Figura 10 se han representado los caudales mensuales registrados en el DP Troncal en la sección ubicada en el puente de Viclos (cruce con la Ruta 323- unos 15 km aguas abajo).

En base a esta información el caudal promedio del lapso Mayo/02-Abril/03 fue de 2,02 m³/seg, mientras que Mayo/03 – Abril/2004 fue de 0,81 m³/seg. También en este caso el mayor caudal se registró en Agosto/2002 (3,37 m³/seg) y en Agosto/2003 (2,27 m³/seg). El mínimo caudal se obtuvo en Marzo/04 (0,21 m³/seg).

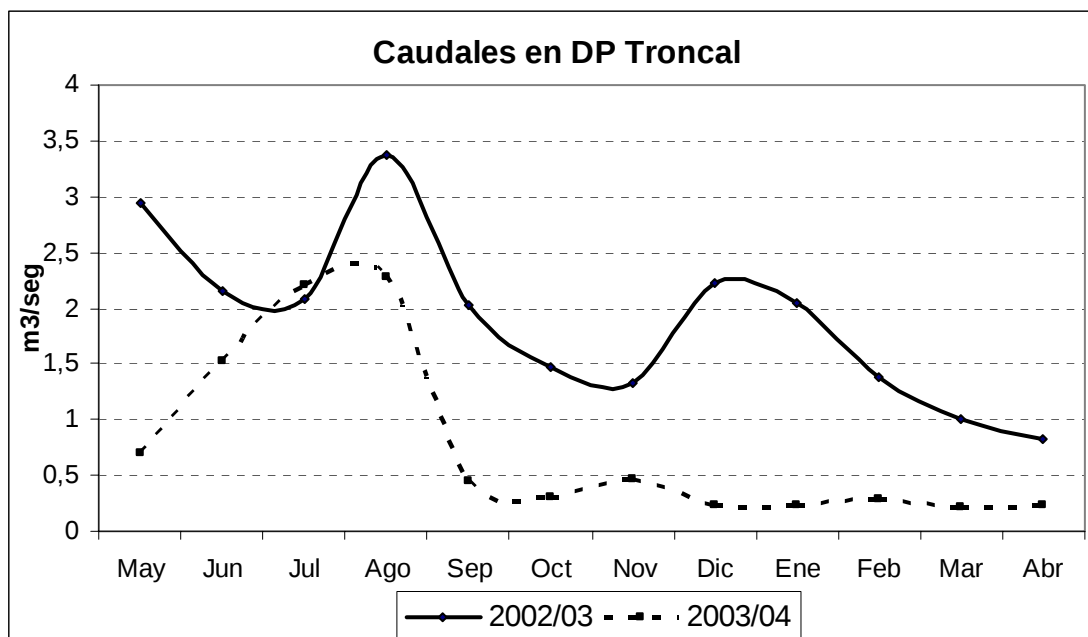


Figura 10

Los caudales en el período 2003 – 2004 fueron inferiores a los del 2002 - 2003. Únicamente en el mes de Julio de 2003 se registró un caudal levemente superior a Julio de 2002.

2.7 Relación caudales - precipitaciones

De acuerdo a las condiciones hidrológicas naturales de la región, los caudales de los ríos se incrementan en el período estival, para producirse su agotamiento en el invernal. Ello se relaciona con la distribución de las precipitaciones, cuyos valores máximos se concentran en el período noviembre – abril.

Con la finalidad de verificar estas características se han analizado los datos de precipitaciones de San Miguel de Tucumán. En la Figura 11 se muestra la distribución mensual entre Enero de 2002 y Julio de 2005.

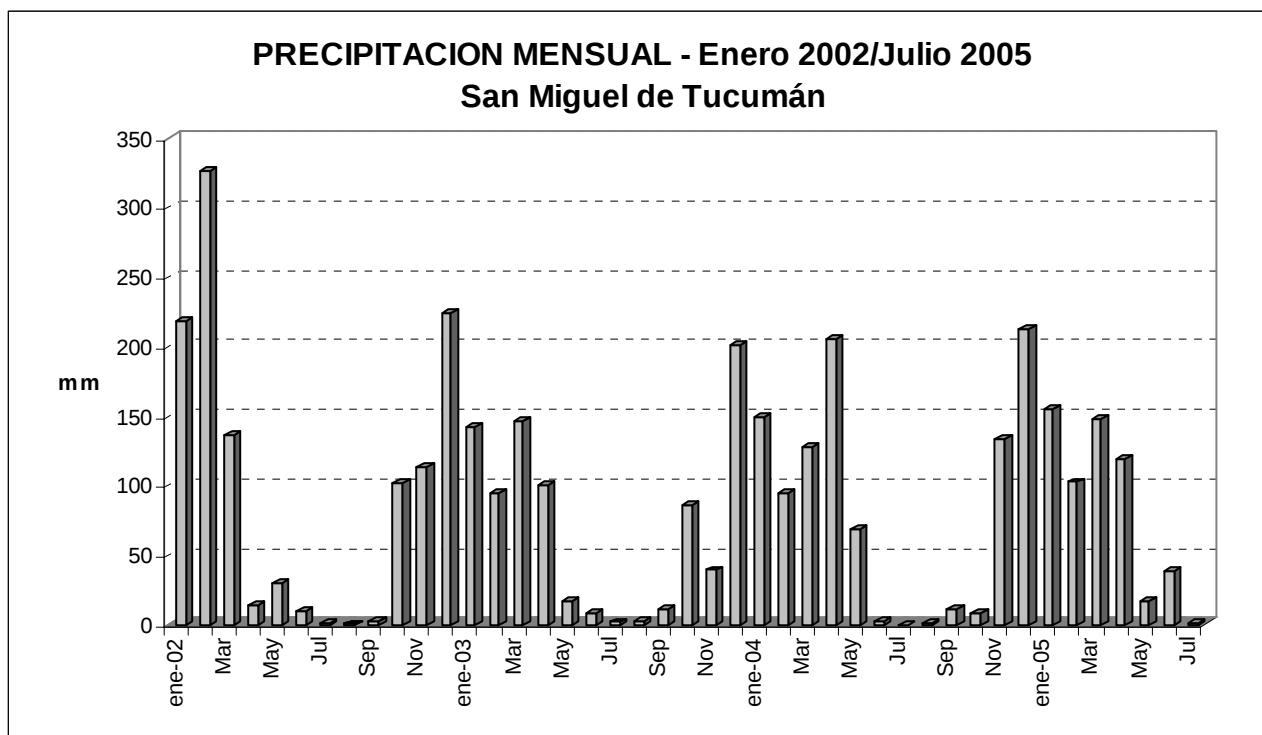


Figura 11

La lluvia anual en 2002 fue de 1177 mm, en 2003 de 847mm, en 2004 de 1013 mm y entre Enero y Julio de 2005 alcanzó a 579 mm. Entre enero y marzo se concentran las mayores precipitaciones, destacándose que en ese período el año 2003, 2004 y 2005 fueron manifiestamente más secos (382mm, 371 mm y 404 mm respectivamente) que el año 2002 (680 mm).

En la Figura 12 se ha graficado la lluvia a nivel diario entre Enero de 2002 y Julio de 2005.

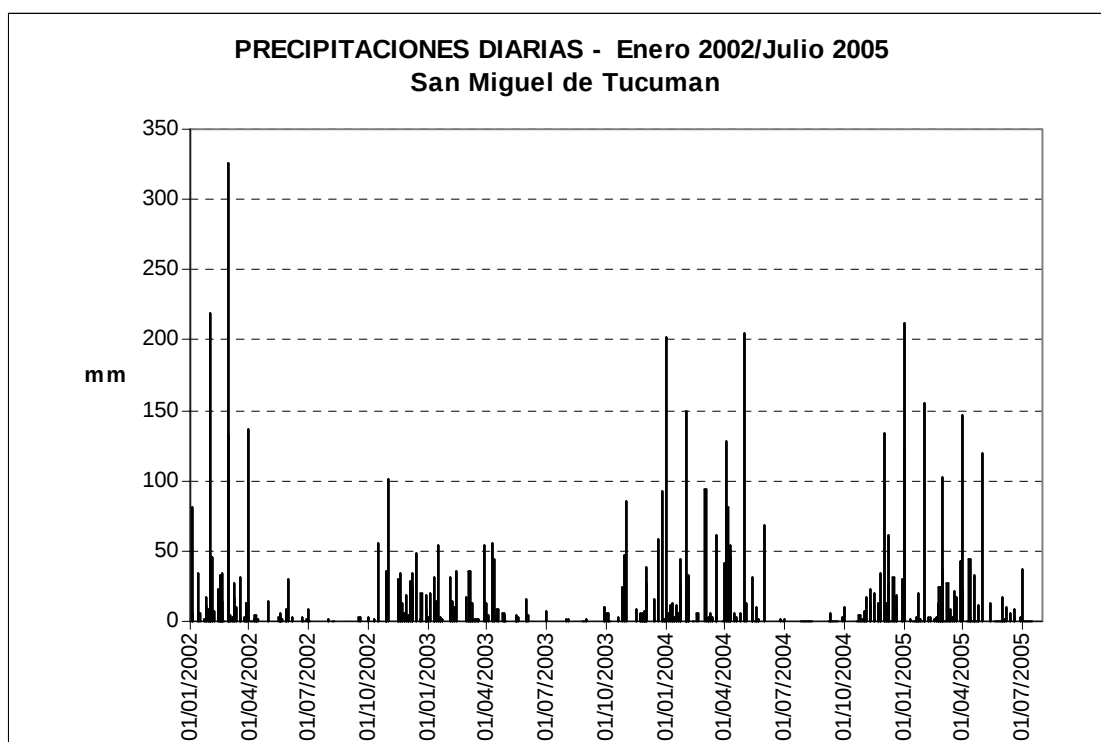


Figura 12

La precipitación máxima en 2002 se registra el 28 de febrero con 133 mm en un día, mientras que en 2003 se produce el 9 de abril con 56 mm/día, en 2004 el 4 de abril con 81 mm/día y en 2005 el 1

de Enero con 124 mm. Entre el mayo y octubre las escasas lluvias producidas fueron inferiores a 10 mm/día.

Las características mencionadas y la finalidad de los canales hacen que el incremento de caudales que se reconoce en el período de estiaje (invierno) no pueda vincularse a fenómenos naturales. Ello es producto de la descarga de efluentes, en especial de ingenios, cuyo vertido es manifiesto a partir del mes de junio. Debe tenerse en cuenta que el mayor uso de agua por parte de estos establecimientos se produce entre fines de mayo y fines de agosto.

A su vez se debe señalar que dadas las bajas precipitaciones ocurridas en el período lluvioso, Diciembre/02- Marzo/03 y Diciembre 03 – Marzo/04) no se produjeron incrementos significativos en los caudales de los canales DP2 y DP Troncal.

2.8 Características químicas

De acuerdo a los muestreos realizados el efluente industrial representa a un agua levemente salina en la cual no existe la presencia de indicadores de contaminación (metales pesados, compuestos orgánicos, material microbiológico y pesticidas).

En la Figura 13 se puede observar en un diagrama de Piper en forma comparativa las características fundamentales de acuerdo al muestreo de Febrero de 2005 correspondientes al Canal DP2, aguas arriba y aguas abajo del efluente, al efluente y al Canal DP Troncal. También se ha incluido en este diagrama a las características químicas del Ao. Muerto Mista, que es el curso de agua natural más cercana al Complejo de Centrales Térmicas y donde anteriormente volcaba el efluente industrial.

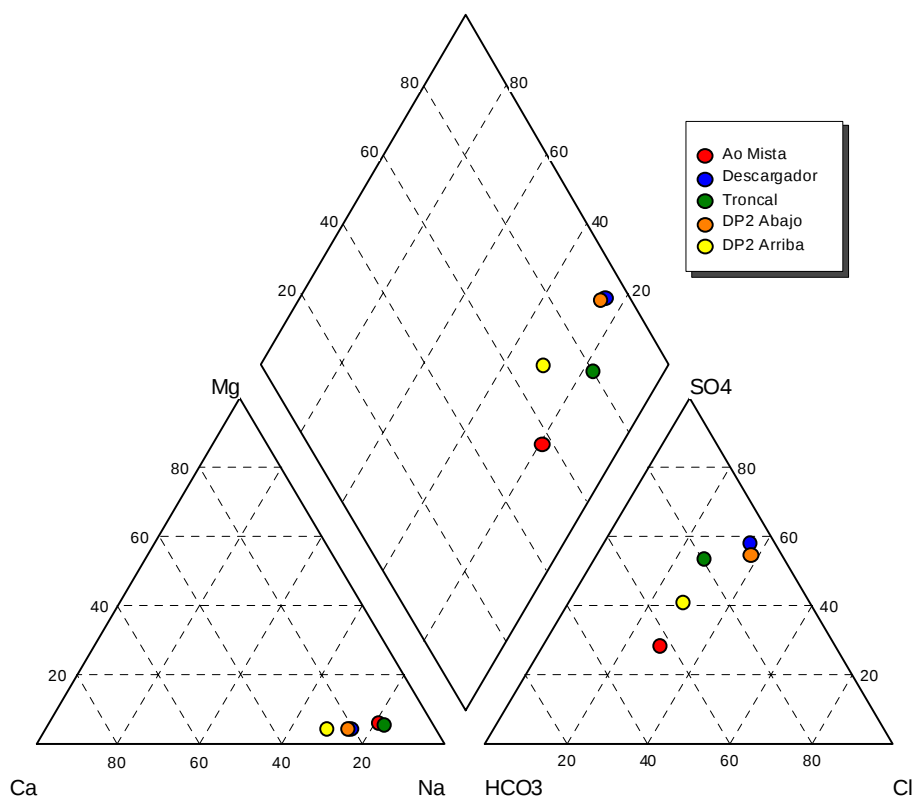


Figura 13

Las características químicas del agua en el punto aguas arriba de la descarga muestran diferencias con respecto al efluente y el punto aguas abajo. Ello es coherente si se tiene en cuenta que el bajo caudal aportado por el Canal DP 2 para ese momento de medición. En general la composición aguas abajo es coherente con la mezcla del aporte del canal y del efluente

En la Tabla 2 se pueden observar los resultados de los análisis químicos correspondientes a Febrero de 2005.

Parametro	Unidad	DP2 (arriba)	Efluente	DP2 (abajo)	DP Troncal
pH	UpH	7,4	7,7	7,6	7,8
Conductividad a 25°C	µS/cm.	1909	3942	3828	2680
Sólidos Disueltos Totales	mg/l.	1310	2482	2410	1625
Sólidos sedim. 10 min.	ml/l.	0,5	< 0,1	0,1	0,2
Sólidos sedim. 2 horas.	ml/l.	0,6	< 0,1	0,2	0,4
Sulfuros	mg/l.	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Sust. solubles en eter etílico	mg/l.	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
D.B.O.5	mg/l.	16,1	< 5,0	< 5,0	< 5,0
D.Q.O.	mg/l.	52,0	25,9	22,0	25,3
Compuestos Fenolicos	mg/l.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Detergentes (S.A.A.M)	mg/l.	< 0,10	0,15	0,13	0,48
Hidrocarburos Totales	mg/l.	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cloro residual	mg/l.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sodio	mg/l.	175	590	543	472
Potasio	mg/l.	25,2	20,6	20,5	21,0
Calcio	mg/l.	209	199	204	63,7
Magnesio	mg/l.	8,7	27,0	23,7	17,4
RAS	...	3,22	10,4	9,58	13,5
Nitrato	mg/l.	< 5,0	19,1	21,4	5,1
Nitrito	mg/l.	0,04	0,04	0,06	0,67
Amoniaco	mg/l.	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloruros	mg/l.	133	631	554	277
Sulfato	mg/l.	598	866	818	386
Bicarbonato	mg/l.	240	287	264	525
Carbonatos	mg/l.	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0
Fluoruros	mg/l.	0,61	1,14	1,06	0,71
Arsénico	mg/l.	0,02	< 0,02	0,02	0,08
Silice	mg/l.	31,3	-----	86,0	62,8
Cadmio	mg/l.	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002
Cromo Total	mg/l.	< 0.002	0,003	< 0.002	< 0.002
Cobre	mg/l.	0,056	0,021	0,014	0,017
Plomo	mg/l.	0,001	0,001	0,003	0,002
Zinc	mg/l.	< 0.05	0,06	< 0.05	< 0.05
Niquel	mg/l.	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Hierro total	mg/l.	0,66	0,16	0,24	0,83

Tabla 2

Los resultados de los análisis químicos correspondientes al muestreo de Febrero de 2005 indican que los contenidos de cadmio, cobre, cromo, zinc, níquel, hierro y plomo son bajos, debiéndose señalar que los mayores tenores de cobre y hierro registrados en las muestras del DP2 aguas arriba disminuyen su concentración aguas abajo luego de la descarga del efluente.

En ese mismo muestreo, los contenidos de DBO, DQO, nitrógeno amoniacal, compuestos fenólicos, sulfuros, son inferiores a los exigidos para un vertido a un recurso superficial, destacándose el efecto del vertido en la disminución de DBO y DQO aguas abajo del sitio de descarga.

El DP Troncal presenta un agua levemente salina de carácter sulfatada sódica. El RAS (Relación Adsorción Sodio) es mayor que el registrado en el DP2. De acuerdo a los resultados de Febrero de 2005, los valores de metales pesados son bajos y el contenido de nitrito indica la presencia de contaminación de carácter orgánico.

CONCLUSIONES

La explotación de aguas subterráneas entre los años 2002 y 2004 significó un valor promedio de 645 m³/hora (5,65 hm³/año). Este valor es superior al extraído entre Enero y Julio de 2005 que fue de 614 m³/hora.

De acuerdo a las oscilaciones de los niveles piezométricos registrados en los pozos que captan del nivel acuífero inferior y del nivel acuífero superior no existen indicadores de agotamiento de las reservas de agua subterránea. Las variaciones registradas se pueden relacionar con el programa de explotación (rotación de los pozos en servicio) y también con el ciclo natural de la relación recarga – descarga del acuífero.

Los resultados de los análisis químicos de los pozos en el período que se analiza no muestran variaciones importantes en los tenores de cationes y aniones principales. Existe una homogeneidad en la composición tanto en los pozos más profundos como lo menos profundos, no reconociéndose una variación química entre los pozos que son explotados a altos caudales en forma continua y aquellos de escaso caudal con extracción intermitente. La determinación de los contenidos de metales pesados (cadmio, cobre, cromo, plomo, hierro, níquel, zinc) indicó valores que se encuentran por debajo de su límite de detección.

De acuerdo a los datos obtenidos entre 2002 y 2005 (mediciones y resultados de los análisis químicos) no existen evidencias de sobreexplotación de las aguas subterráneas que podrían generar un deterioro en la calidad o un agotamiento de reservas del recurso hídrico subterráneo. Los registros anteriores a 2002 (desde agosto de 1999) confirman esta aseveración.

Según los aforos realizados en el período Enero – Julio de 2005, la descarga media del efluente fue de $0,055 \text{ m}^3/\text{seg}$. Este valor es inferior al promedio histórico de vertido, que es de $0,07 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Los resultados de los análisis químicos del efluente no muestran signos de contaminación. Los contenidos de DBO, DQO, nitrógeno amoniacal, compuestos fenólicos, sulfuros son inferiores a los exigidos para un vertido a un recurso superficial.

Como consecuencia de las escasas precipitaciones registradas, los caudales escurridos por el DP2 aguas arriba de la descarga en el período fueron de muy escasa significación hasta Marzo de 2005.

El Canal DP2 se caracteriza por presentar un agua levemente salina de carácter sulfatada sódica. En el Canal DP Troncal y Ao. Muerto Mista los contenidos nitrato resultan indicadores de la existencia de contaminación orgánica y ajena a la operadora en estos cuerpos de agua.

El establecimiento de una red de monitoreo permanente a los acuíferos y cursos de aguas superficiales ha demostrado ser una herramienta importante para conocer el impacto de la actividad de generación de energía eléctrica en el medio físico.

La continuidad y mantenimiento de este tipo de redes de monitoreo, donde se contrasta la evolución química e hidrodinámica de los recursos con las variables climáticas y ritmos de producción de diferentes industrias de la zona, es una excelente oportunidad a los efectos de documentar cambios en el sistema hidrológico, predecir sobreexplotación de acuíferos y, además, generar información suficiente en regiones donde es escasa la información relativa a estudios de cuencas hídricas.