

---

**Estudio preliminar de agua superficial para el desarrollo socio-económico  
complementario en una comarca turística**

**Sandra Noemí Fernández<sup>1</sup>; Natalia Cecilia López<sup>1</sup>; Mario Eduardo Sequeira<sup>1,2,\*</sup>;  
Laura Daniela Brandizi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Área de Hidráulica. Departamento de Ingeniería. Universidad Nacional del Sur.  
Avenida Alem 1253. (8000) Bahía Blanca. Argentina.

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

\* Actualmente Profesor Titular Jubilado

[sfermand@uns.edu.ar](mailto:sfermand@uns.edu.ar)

## RESUMEN

El crecimiento de la comarca serrana a la vera del río Sauce Grande representa un desafío frente al abastecimiento poblacional de agua y el desarrollo económico. Los objetivos fueron evaluar algunas características del agua superficial para consumo humano y cría de peces en tres sitios del cauce principal y describir la variación estacional entre ellos. Se registraron, entre febrero y diciembre de 2015, temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto (OD), turbiedad y sólidos disueltos totales (TDS) en E1, E2, E3 (nombrados hacia la naciente), y lecturas limnigráficas en E1 y E2, determinándose caudales. La temperatura del agua varió entre 6,7 y 22,5 °C, resultando similar en los sitios muestreados, excepto en primavera de 2015 donde se registraron valores inferiores en E1. El pH se halló entre 6,2 y 7,2 y resultó E1 > E2 y E3 en primavera y verano. El OD se halló entre 8,7 y 13,5 mg/L, aumentando en los tres sitios desde el período estival al invernal, y a la inversa. Los valores de TDS y turbiedad se hallaron en rangos de 113-346 mg/L y para NTU de 4,2-52,3. Para ambos resultó E1 > E2 y E3, excepto turbiedad en febrero de 2015. Se observaron en E1 y E3, crecidas en febrero de 2015, con aumento pronunciado de turbiedad y marcada disminución de TDS y OD en E3, y agosto de 2015, donde no se observaron variaciones significativas de turbiedad y TDS. En septiembre de 2015 se observó en E1 aumento de turbiedad, disminución de TDS y mínimo pH en coincidencia con una crecida. No hubo diferencias significativas entre E2 (hoya) y E3 (vado). Los parámetros fisicoquímicos muestreados resultaron adecuados para la supervivencia de la vida acuática. Se requieren estudios costo-eficiencia para tratamiento de la turbiedad para consumo humano. Se recomienda continuar monitoreando E1 y E3 e incorporar nuevos sitios y parámetros de muestreo.

**Palabras Claves:** río Sauce Grande, comarca turística, abastecimiento, recurso hídrico superficial.

## ABSTRACT

The mountainous tourist region growth at Sauce Grande riverside represents a challenge to human water supply and the economic development. The aims of this

study were to evaluate some characteristics of surface water for human consumption and fish farming at three sites in the main course, and to describe the seasonal variation between them. From February to December 2015 were recorded water temperature, pH, dissolved oxygen (DO), turbidity and total dissolved solids (TDS) at E1, E2 and E3 (towards the source of the river). In E1 and E2 were made limnigraphic readings and flow measurement. Water temperature ranged between 6,7 and 22,5 °C, resulting similar at studied sites, except in spring 2015 where lower values were recorded at E1. Levels of pH were between 6,2 and 7,2 and were higher at E1 with respect to E2 and E3 in spring and summer. DO concentration was between 8,7-13,5 mg/L, increasing its values in all three sites from summer to winter period, and backward. TDS and turbidity values were found between 113-346 mg/L and 4,2-52,3 for NTU. For both parameters resulted E1 > E2 and E3, except turbidity in February 2015. There were observed floods at E1 and E3 in February 2015 with pronounced increasing of turbidity and significant decrease in TDS and DO at E3, and in August 2015, when no significant variations of turbidity or TDS were observed. Increase in turbidity, decrease in TDS and minimum pH at E1 was observed in September 2015 matching with a flood. There were no significant variations between E2 (pond) and E3 (ford). The observed physicochemical parameters resulted suitable for aquatic life survival. Cost-efficiency studies are necessary for treatment of turbidity of water for human consumption. It is recommended to continue monitoring E1 and E3 and incorporate new stations and sampling parameters.

**Key Words:** Sauce Grande river, tourist area, water supply, surface water resource.

## INTRODUCCIÓN

### Área de estudio

La cuenca del río Sauce Grande se ubica en el paralelo  $38^{\circ}08' S$  meridiano  $62^{\circ}05' W$ , a lo largo de los partidos de Tornquist, Coronel Pringles y Coronel Suárez, provincia de Buenos Aires, Argentina (Fig. 1). La zona cuenta con dos Áreas Protegidas: el Parque Provincial Ernesto Tornquist localizado en el sector Noroeste de la cuenca y el Parque Provincial Paso de las Piedras ubicado en el sector alto-medio de la misma.

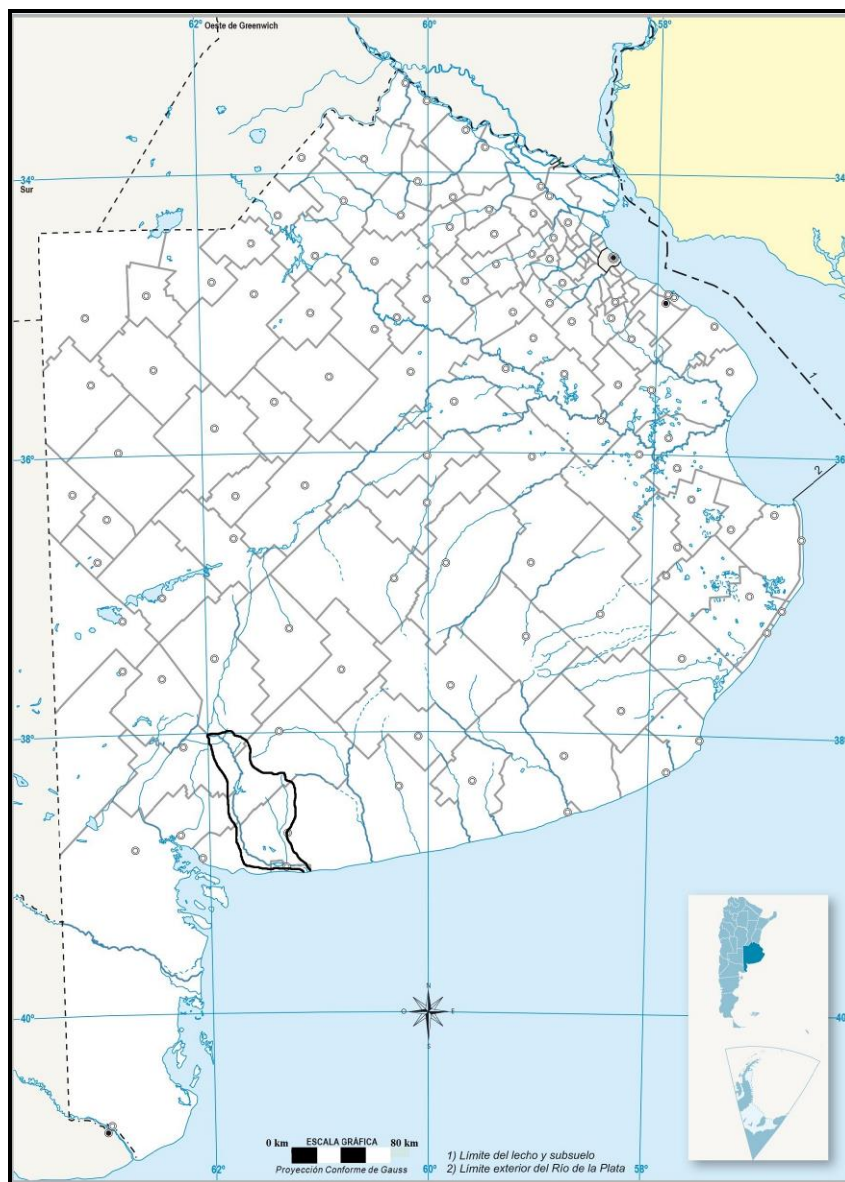


Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio. Modificado de <http://www.ign.gob.ar>.

La cuenca alta del río Sauce Grande, desde su nacimiento en el Sistema de Ventania hasta su llegada al Embalse Paso de las Piedras, abarca una superficie de 1490 km<sup>2</sup> y en ella el río recorre 62 km de longitud (UNS et al., 2004) (Fig. 2). Este embalse, de 328 Hm<sup>3</sup> de volumen máximo (Schefer, 2004) y construido a comienzos de la década de 1970, constituye en la actualidad la principal fuente de abastecimiento de agua potable para las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta y de agua cruda al polo industrial cercano, haciendo imprescindible el mantenerlo libre de contaminantes.

La cuenca alta del río Sauce Grande presenta tres unidades geomorfológicas importantes: las serranías donde los afluentes discurren en pequeños y profundos cañadones, los niveles de pedemonte con cobertura loésica y el valle del río (Rabassa, 1982). En esta última se destaca la presencia de barrancas (escarpas de erosión) cuyas paredes verticales y alturas variables (entre 3 y 8 m) encajonan y controlan el cauce del río (Luque et al., 1979).

En el tramo superior de la cuenca alta, el río Sauce Grande recibe el aporte de diversos afluentes de régimen torrencial: arroyos de las Piedras, Del Abra, Atravesado y Abra Fea sobre su margen izquierda, y arroyos Del Oro, con sus afluentes Belisario y Las Piedras, y Rivero, sobre su margen derecha (UNS et al., 2004).

En su tramo medio, sobre la margen izquierda, la cuenca alta recibe las aguas del arroyo El Negro y sus afluentes los arroyos Toro Negro y Piedra Azul, y, sobre la margen derecha, los arroyos San Teófilo, Rivera y San Bernardo con su afluente el arroyo San Diego (UNS et al., 2004). En este tramo el río atraviesa las localidades de Sierra de la Ventana, Villa Arcadia y Saldungaray, la última de las cuales dispone de su cementerio en las cercanías de la margen derecha del mismo.

En el tramo inferior de la cuenca alta, hasta su desembocadura en el Embalse Paso de las Piedras, el río Sauce Grande recibe sólo aportes sobre su margen izquierda: arroyos Toro y El Zorro (UNS et al., 2004).

#### *Clima y escorrentía*

El clima es templado con veranos secos y calurosos, otoños lluviosos y templados, inviernos fríos y secos, y primaveras lluviosas con heladas tardías y vientos fuertes. Las precipitaciones anuales promedio se encuentran entre 650 y 950 mm (UNS et al.,

2004). Las grandes avenidas registradas en la cuenca alta del río Sauce Grande se originan a partir de lluvias torrenciales de baja frecuencia (Gil, 2009).

El caudal promedio plurianual del río Sauce Grande es de 4,54 m<sup>3</sup>/s, resultado del análisis estadístico de los caudales medidos en la Ex - Toma de agua de Aguas Corrientes de Obras Sanitarias, ubicada entre Saldungaray y el Dique Paso de las Piedras (Schefer, 2004).

#### *Uso del suelo*

Relevamientos efectuados entre el trienio 1998-1999-2000 por Aduriz et al. (2003) indican que en la cuenca alta el 72 % de la superficie se encuentra abocada a la ganadería y el restante 28 % a la agricultura, lo que permitió ratificar la información regional disponible en estudios previos de caracterización de los agrosistemas de la zona de estudio. Actualmente, se han diversificado los tipos de cultivos, incorporándose la plantación de olivos, vides y plantas aromáticas, como consta en el Proyecto y Fundamentos del Plan de Desarrollo del Sudoeste - Ley 13.647 (Gil, 2009).

La intensificación de la agricultura registrada en diversas regiones de nuestro país por Obschatko (1993), Pucciarelli (1993) y Reca y Parellada (2001) probablemente estaría provocando la degradación y contaminación de los suelos y produciendo arrastre de contaminantes hacia el río Sauce Grande y, por ende, hacia el lago Paso de las Piedras (Aduriz et al., 2003).

Otros emprendimientos existentes son la Estación de Piscicultura sobre el arroyo El Negro, hoy inactiva, y la explotación de una cantera de canto rodado sobre la margen derecha del Sauce Grande aguas arriba de la localidad de Sierra de la Ventana, en el tramo denominado Peralta, en la llanura de inundación del río (Gil, 2009).

La atracción generada por el ambiente serrano en la población en general y la existencia de balnearios ubicados a lo largo del cauce, ha derivado en un aumento sostenido de la construcción de viviendas de fin de semana en las localidades de Sierra de la Ventana, Villa Arcadia y Villa Ventana, localidades que además acusaron un aumento poblacional de 43 %, 42 % y 37 % respectivamente según datos censados por el INDEC en 2001 y 2010. Esta situación indica, por un lado, la necesidad de evaluar fuentes de agua superficial como complemento al actual abastecimiento a

través de pozos subterráneos y, por otro lado, la generación de actividades socio-económicas compatibles con el ambiente serrano.

### *Objetivos*

El conocimiento de los factores que intervienen en los procesos hidrológicos es muy importante debido a que es en las cuencas hidrográficas donde se genera el agua necesaria para diferentes usos del suelo o consumo urbano, y por tanto la calidad y la cantidad del rendimiento hídrico se vuelve crítico (Chow et al., 1994).

A través del muestreo preliminar de parámetros físicoquímicos básicos en el agua superficial, en tres sitios sobre el curso principal del río Sauce Grande, se plantearon como objetivos de este trabajo:

- Describir la variación estacional de los parámetros muestreados entre los sitios de interés e identificar posibles causas.
- Detectar si existen cambios significativos de los parámetros muestreados entre dos sitios contiguos sobre el cauce principal con distinta tasa de renovación del agua.
- Evaluar el agua superficial como fuente de abastecimiento complementario de las localidades asentadas en la zona, respondiendo al crecimiento poblacional que demuestran, a partir del análisis de ciertas características físicoquímicas.
- Verificar si el agua superficial cumple con las condiciones de supervivencia de la vida acuática en los sitios de muestreo a fin de evaluar el desarrollo de pesca recreativa y/o la cría de peces en dichos sectores.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se basó en el muestreo preliminar de parámetros físicoquímicos básicos en el agua superficial del río Sauce Grande en inmediaciones de los asentamientos urbanos y de estaciones limnigráficas activas, de manera de evaluar la variación conjunta de caudales y parámetros básicos de calidad.

Se establecieron tres sitios de muestreo en la cuenca alta del río Sauce Grande: La Toma (E1) ubicado en la zona inferior (próxima al Embalse del dique Paso de las Piedras), Establecimiento Recovecos-Hoya (E2) y Establecimiento Recovecos-Vado

(E3), ambos ubicados en la zona superior de la cuenca alta, siendo E2 un sector con menor tasa de renovación de agua (Tabla 1 y Fig. 2).

Los muestreos del agua superficial del río Sauce Grande se llevaron a cabo con una Sonda Multiparamétrica Horiba U52-G. Se analizó la evolución temporal y espacial de los parámetros temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto (OD), turbiedad y sólidos disueltos totales (TDS) entre febrero 2015 y diciembre 2015, tomándose 6 muestras en E1 y 5 muestras en E2 y E3. El diseño de muestreo considera dos muestreos en verano, dos en invierno y dos en primavera.

Durante la crecida de septiembre de 2015 no fue posible acceder a los sitios E2 y E3 para llevar a cabo el muestreo correspondiente. Por otro lado, no se determinó el valor de OD en la campaña de diciembre de 2015 por problemas en el sensor.

A fin de obtener información hidrológica del río Sauce Grande en cuenca alta, se dispone de dos estaciones limnigráficas marca Génica Ingeniería, instaladas en el Establecimiento Los Recovecos (L2) y en La Toma (L1) (Tabla 1 y Fig. 2). Esta última cuenta con un equipo accesorio que transmite los datos de fecha, hora, nivel del agua y del estado de batería en tiempo real a una página web. Se han estimado ecuaciones de caudales Q - H (curva de descarga), correspondientes a ambas estaciones limnigráficas, que se ajustaron mediante caudales obtenidos con un caudalímetro aforador batimétrico de ríos ADCP (Tipo Sontek M9). Estas ecuaciones permitieron calcular los caudales en concordancia con los muestreos de calidad.

Tabla 1. Ubicación y características de las estaciones limnigráficas y de los sitios de muestreo.

Denominación	Coordenadas		Característica del sitio	Ubicación del sitio
	Latitud	Longitud		
E1	38° 17' 27" S	61° 43' 08" O	Estación Muestreo: La Toma	Río Sauce Grande
L1	38° 17' 21" S	61° 43' 09" O	Estación Limnigráfica: La Toma	Río Sauce Grande
E2	38° 03' 09" S	61° 51' 28" O	Estación Muestreo: Establecimiento Recovecos-Lago	Río Sauce Grande



<b>L2</b>	38° 03' 09" S	61° 51' 28" O	Estación Limnigráfica: Establecimiento Recovecos-Lago	Río Sauce Grande
<b>E3</b>	38° 03' 07" S	61° 51' 31" O	Estación Muestreo: Establecimiento Recovecos-Vado	Río Sauce Grande

Se relevaron las obras hidráulicas construidas en los cauces de los afluentes y del cauce principal del río Sauce Grande, que se presume pueden afectar los parámetros muestreados aguas abajo de los mismos. En esta etapa se reconocieron obras de contención de diverso porte y con diferentes usos tales como elevar el nivel del río con el fin de derivar parte del caudal (A1 y A2) o generar un lago por endicamiento con fines recreativos de balneario (D1, D2 y D3). Se detallan características de las mismas en la Tabla 2 y se sitúan en la Fig. 2.

Tabla 2. Ubicación y características de las obras hidráulicas antrópicas relevadas.

Denominación	Coordenadas		Característica del sitio	Ubicación del sitio
	Latitud	Longitud		
<b>D1</b>	38° 05' 23" S	61° 55' 54" O	Dique Balneario - Villa Ventana	Arroyo Belisario
<b>A2</b>	38° 10' 16" S	61° 54' 11" O	Azud Sierras Grandes	Arroyo San Bernardo
<b>D2</b>	38° 08' 09" S	61° 48' 25" O	Diquecito Balneario - San Bernardo	Arroyo San Bernardo
<b>A1</b>	38° 07' 15" S	61° 45' 28" O	Azud - Estación de Piscicultura	Arroyo El Negro
<b>D3</b>	38° 07' 10" S	61° 47' 36" O	Balneario Municipal "El Dique" Sierra de la Ventana	Río Sauce Grande

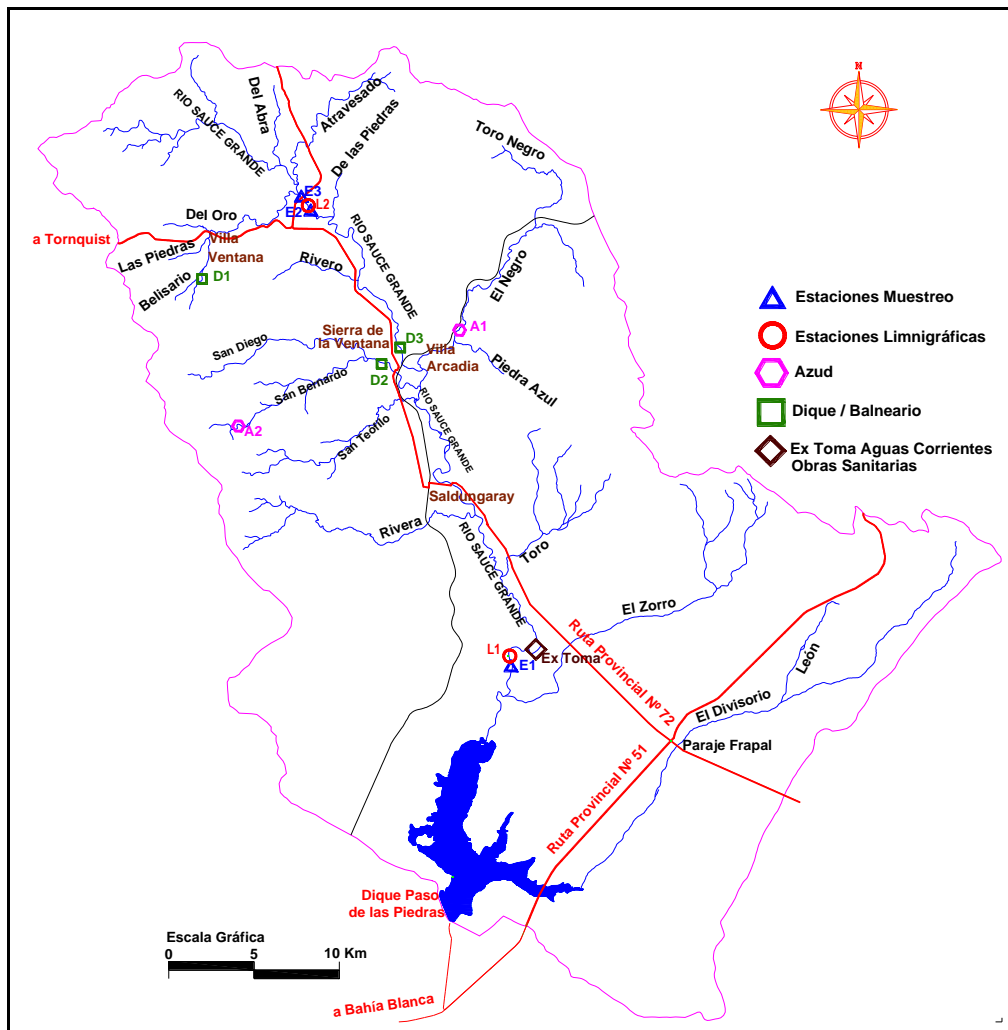


Figura 2: Cuenca alta del río Sauce Grande: cauce principal, afluentes, estaciones limnigráficas y de muestreo, localidades y obras hidráulicas relevadas. Modificado de UNS et al., 2004 (Dibujante Pablo Abalo).

En la Fig. 3 se ilustran los equipos utilizados para el muestreo del agua superficial y aforo del agua del río. Además, las obras hidráulicas relevadas se muestran en las Fig. 4, 5 y 6.



Figura 3: a) Muestreo de calidad del agua superficial. b) Aforo con equipo ADCP.

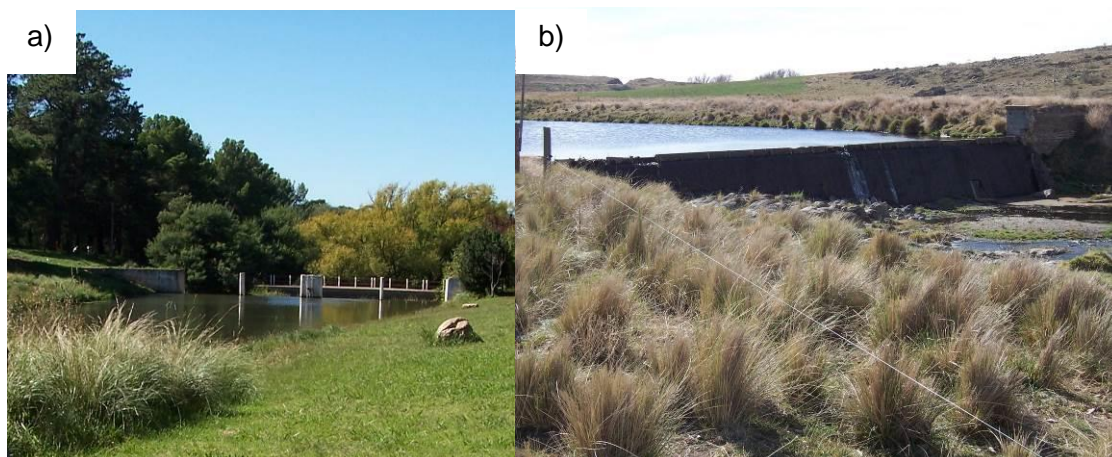


Figura 4: a) Dique Balneario - Villa Ventana. b) Azud - Estación de Piscicultura.

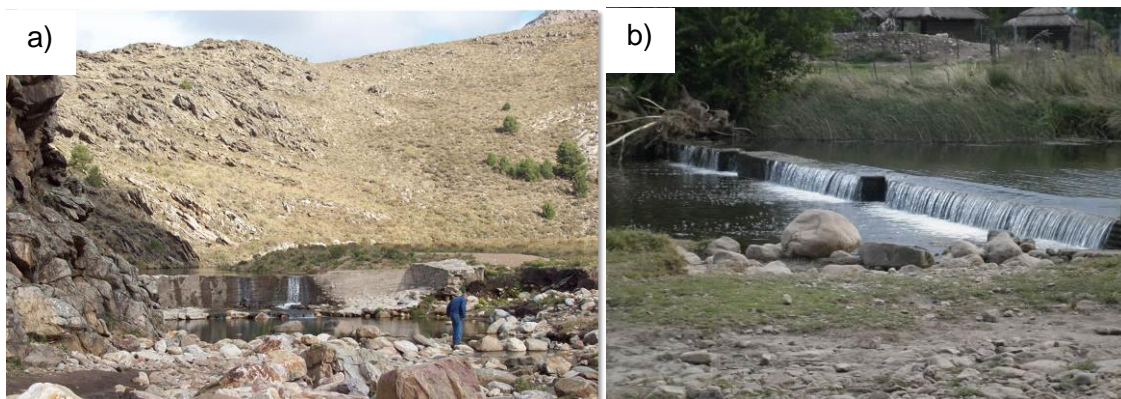


Figura 5: a) Azud Sierras Grandes. b) Diquecito Balneario - San Bernardo (Fuente: <http://www.panoramio.com/photo/72225296?source=wapi&referrer=kh.google.com>).



Figura 6: Balneario Municipal "El Dique" Sierra de la Ventana (Fuente: <http://www.panoramio.com/photo/38905067?source=wapi&referrer=kh.google.com>).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Temperatura del agua*

Los registros de temperatura del agua se observan en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores registrados de temperatura del agua en los sitios de muestreo.

Fecha de muestreo	Temperatura del agua (°C)		
	E1	E2	E3
02/2015	19,5	19,0	19,0
07/2015	7,0	6,7	7,5
08/2015	10,6	11,9	12,0
09/2015	11,1	-	-
11/2015	17,2	18,3	19,2
12/2015	22,1	21,8	22,5

La temperatura del agua no mostró variaciones significativas entre E2 y E3 durante el período muestreado. Por otra parte, E1 reflejó una disminución en la temperatura del agua entre agosto y noviembre de 2015 respecto a E2 y E3, no observándose diferencias significativas entre ellos en el resto del período muestreado. Este comportamiento puede deberse al efecto de la diferencia horaria mañana-tarde de seis

horas entre los muestreos en E1 y E2-E3 respectivamente. Esta diferencia no se observa en la época estival, presumiblemente debido a la mayor cantidad de horas diarias de exposición solar.

### *pH*

Los registros de pH del agua se observan en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores registrados de pH en los sitios de muestreo.

Fecha de muestreo	pH		
	E1	E2	E3
02/2015	6,9	6,4	6,5
07/2015	6,9	6,6	7,0
08/2015	6,9	6,7	6,9
09/2015	6,2	-	-
11/2015	7,2	6,9	7,0
12/2015	6,9	6,5	6,6

Los valores de pH en los tres sitios de muestreo se encontraron entre 6,4 y 7,2. Los valores registrados de pH resultaron mayores en E1 respecto a E2 y E3 en primavera y verano, siendo superiores en E3 respecto a E2 durante todo el estudio.

La fijación de dióxido de carbono durante la fotosíntesis provoca un aumento del pH del agua (Metcalf y Eddy, 1981). Los valores de pH registrados durante el estudio reflejan menor actividad de los productores primarios en los sitios E2 y E3 respecto a E1 - a pesar que los muestreos se realizaron en momentos con mayor exposición solar - debido a la sombra proyectada por la abundante vegetación ribereña observada en dichos sitios. Esto se condice con lo expresado por Pozo et al. (2009) que en los cursos de agua que discurren bajo un dosel arbóreo que limita la penetración de la luz y con alta pendiente, se dificulta el crecimiento de los productores primarios, entre los que se encuentran aquellos que realizan fotosíntesis.

Muestreos efectuados por Fiorentino (1999) en el sector intermedio entre E1 y E2-E3 arrojaron valores de pH significativamente mayores ( $7,5 < \text{pH} < 8,3$ ), que los obtenidos en el presente estudio.

#### OD

Los registros de OD del agua se observan en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores registrados de OD en los sitios de muestreo.

Fecha de muestreo	Oxígeno Disuelto (mg/L)		
	E1	E2	E3
02/2015	9,1	7,9	8,7
07/2015	10,5	10,0	13,5
08/2015	9,9	9,4	10,8
09/2015	9,7	-	-
11/2015	9,1	8,7	9,9

El OD aumentó en los tres sitios de muestreo desde el período estival al período invernal, correspondiendo con el aumento de la tensión superficial en la interfase y provocado por la disminución de la temperatura, ocurriendo lo contrario desde la época invernal a la estival.

La estación E2 mostró valores de OD menores que en E3, al igual que el pH, correspondiendo este comportamiento a la menor tasa de renovación de agua en la hoya existente en E2.

Tanto el pH como el OD registrados a lo largo del estudio se encontraron dentro de los rangos recomendados por U.S. EPA (1986) para la supervivencia de peces de agua dulce la mayor parte del tiempo, lo que indica en forma preliminar, la posibilidad de desarrollo de pesca recreativa y emprendimientos piscícolas en los tres sitios muestreados.

La disminución de OD y/o pH en correspondencia con episodios de alta turbiedad informados por Nebel y Wright (1999) y Abarca (2007), fueron observados

parcialmente durante el estudio. Se registró una disminución de pH en E1 durante la crecida de septiembre de 2015 y una disminución de OD en E2 y E3 en febrero de 2015.

Muestreos realizados por Fiorentino (1999) en el sector intermedio entre E1 y E2-E3 arrojaron concentraciones de OD entre 10,5 y 12 mg/L, indicando que actualmente se observa una mayor amplitud en el rango de este parámetro en los sitios muestreados.

### *Turbiedad*

Los registros de turbiedad del agua y las diferencias porcentuales entre sitios se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores registrados de turbiedad y diferencias porcentuales entre sitios.

Fecha de muestreo	Turbiedad (NTU)			Turbiedad Promedio E2-E3 (NTU)	Diferencia Porcentual E2 y E3 (%)	Diferencia Porcentual (Promedio E2-E3) y E1 (%)
	E1	E2	E3			
02/2015	40,5	51,2	50,8	51,0	0,8	25,9
07/2015	5	4,5	4,2	4,4	7,1	-13,0
08/2015	22	11,9	11,0	11,5	8,2	-48,0
09/2015	52,3	-	-	-	-	-
11/2015	30,5	14,3	13,1	13,7	9,2	-55,1
12/2015	30,2	9,9	9,0	9,5	10,0	-68,7

Los valores de turbiedad en E1 se hallaron entre 5 y 52,3 NTU en todo el periodo de estudio, con un promedio de 30,1 NTU. Los valores menores de turbiedad en E1 se observaron en julio de 2015, con estado de escurrimiento normal.

La turbiedad en E2 arrojó valores entre 4,5 y 51,2 NTU a lo largo de todo el estudio, con un promedio de 18,4 NTU. El menor valor de turbiedad en E2 se registró en julio de 2015.

Los valores de turbiedad en E3 se hallaron entre 4,2 y 50,8 NTU en todo el periodo de estudio, con un promedio de 17,6 NTU. El menor valor de turbiedad en E3 se registró en julio de 2015.

Los valores de turbiedad medidos resultaron superiores en todo momento al límite tolerable de 2 NTU establecido por la Ley 11.820 de la provincia de Buenos Aires para agua potable. La turbiedad registrada en el agua superficial de los sitios estudiados requeriría procesos de tratamiento de sedimentación-coagulación-filtración a fin de ser utilizada para el abastecimiento de poblaciones. Las partículas sólidas pueden afectar los procesos de tratamiento de agua para consumo, dado que pueden causar impactos indeseados o deficiencias en la desinfección, la adsorción sobre carbón activado, el intercambio iónico y el filtrado por ósmosis inversa, y tienen asociado el tratamiento posterior de los barros resultantes de la eliminación de la turbiedad (Edzwald y Tobianson, 2011).

La turbiedad medida resultó mayor en E1 respecto a E2 y E3 a excepción del muestreo efectuado durante la crecida de febrero de 2015. En dicho muestreo, la turbiedad arrojó valores superiores en E2 y E3 aparentemente a causa del efecto conjunto de: la mayor capacidad de erosión de la avenida en zonas de la cuenca con mayor pendiente del cauce; el desfase de la onda de crecida respecto a los puntos y horarios de muestreo; y la retención parcial de sedimentos en el Dique D3 - Balneario Municipal "El Dique" de Sierra de la Ventana - ubicado entre ambas estaciones de muestreo.

La turbiedad resultó ligeramente superior en E2 respecto a E3, ubicada esta última aguas arriba de la primera, en todo el periodo de muestreo. Las diferencias porcentuales resultaron inferiores al 10 % entre ambas estaciones, no siendo lo suficientemente significativas para justificar la medición diferenciada de turbiedad en ambas estaciones.

Se calculó la diferencia porcentual entre los valores de turbiedad en E1 y los valores de turbiedad promedio entre E2 y E3. Se obtuvieron las mayores diferencias en agosto y diciembre de 2015, en coincidencia con crecidas registradas en E1 y no en E3. También se observó una alta diferencia porcentual en noviembre de 2015 presumiblemente a causa de contar E3 con caudal mínimo del período, mientras que



en E1 se observó caudal de 3,4 m<sup>3</sup>/s y turbiedad promedio. Esto último puede deberse al aporte de los afluentes que ingresan al cauce principal entre ambos sitios.

### TDS

Los registros de sólidos disueltos totales del agua y las diferencias porcentuales entre sitios se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores registrados de TDS y diferencias porcentuales entre sitios.

Fecha de muestreo	TDS (mg/L)			TDS Promedio E2-E3 (NTU)	Diferencia Porcentual E2 y E3 (%)	Diferencia Porcentual (Promedio E2-E3) y E1 (%)
	E1	E2	E3			
02/2015	261	115	113	114,0	1,8	-56,3
07/2015	346	269	268	268,5	0,4	-22,4
08/2015	284	176	177	176,5	-0,6	-37,9
09/2015	163	-	-	-	-	-
11/2015	322	210	212	211,0	-0,9	-34,5
12/2015	273	149	150	149,5	-0,7	-45,2

Los valores de TDS en E1 se encontraron entre 163 y 346 mg/L en todo el periodo muestreado, con 275 mg/L de valor promedio.

Los TDS en E2 se hallaron entre 115 y 269 mg/L durante todo el estudio, con 183,8 mg/L de valor promedio.

Los valores de TDS en E3 se encontraron entre 113 y 268 mg/L en todo el periodo muestreado, con 184,0 mg/L como valor promedio.

Los TDS registrados en las tres estaciones muestreadas se encuentran por debajo del límite superior de 1200 mg/L establecido por la OMS (2004) para agua de bebida, y del límite tolerable de 1500 mg/L para agua potable vigente según la Ley 11.820 de la provincia de Buenos Aires.

Los TDS resultaron mayores en E1 respecto a E2 y E3, presumiblemente debido a una paulatina disolución de las sales contenidas en los sedimentos erosionados y los suelos que conforman el cauce a medida que el agua avanza en su escurrimiento, así como también a sales provenientes de fuentes difusas y/o puntuales que fluyen hacia el cauce.

Los TDS resultaron similares entre E2 y E3 durante todo el periodo de muestreo. Las diferencias porcentuales resultaron inferiores al 2 % entre ambas estaciones.

Se calculó la diferencia porcentual entre los valores de TDS entre E1 y los valores promedio entre E2 y E3, obteniéndose los mayores porcentajes en época estival, con mayor afluencia turística en las localidades de Sierra de la Ventana, Villa Arcadia y Saldungaray.

#### *Relación de caudales circulantes con los parámetros muestreados*

Los valores de caudales escurridos en E1 y E3 se muestran junto con los registros simultáneos de turbiedad y TDS en las Fig. 7 y 8.

En una cuenca forestada, la incorporación a la escorrentía de partículas de suelo erosionadas pueden causar disminuciones bruscas de pH y de concentración de sales minerales (Butturini et al., 2009). Durante las crecidas ocurridas en febrero y septiembre de 2015, se observó en E1 un aumento de los valores de turbiedad en coincidencia con una disminución de TDS, ambos en grado proporcional al caudal calculado, registrándose asimismo el menor valor de pH para dicho sitio en septiembre 2015.

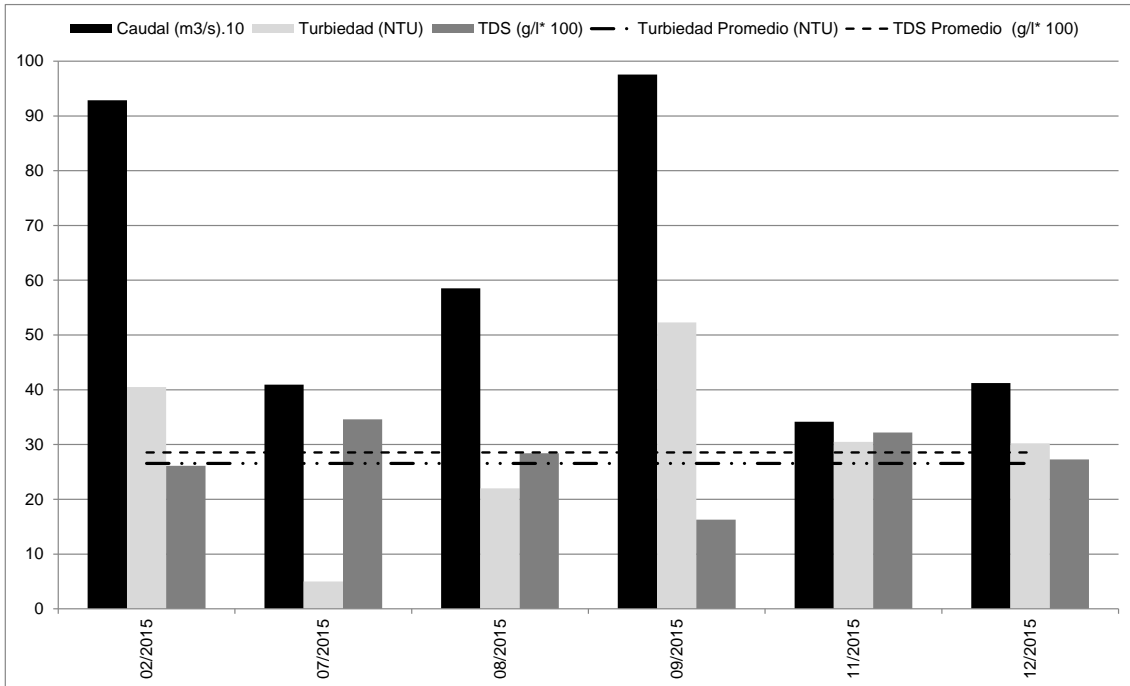


Figura 7. Comparación de caudal escurrido, turbiedad y TDS en E1.

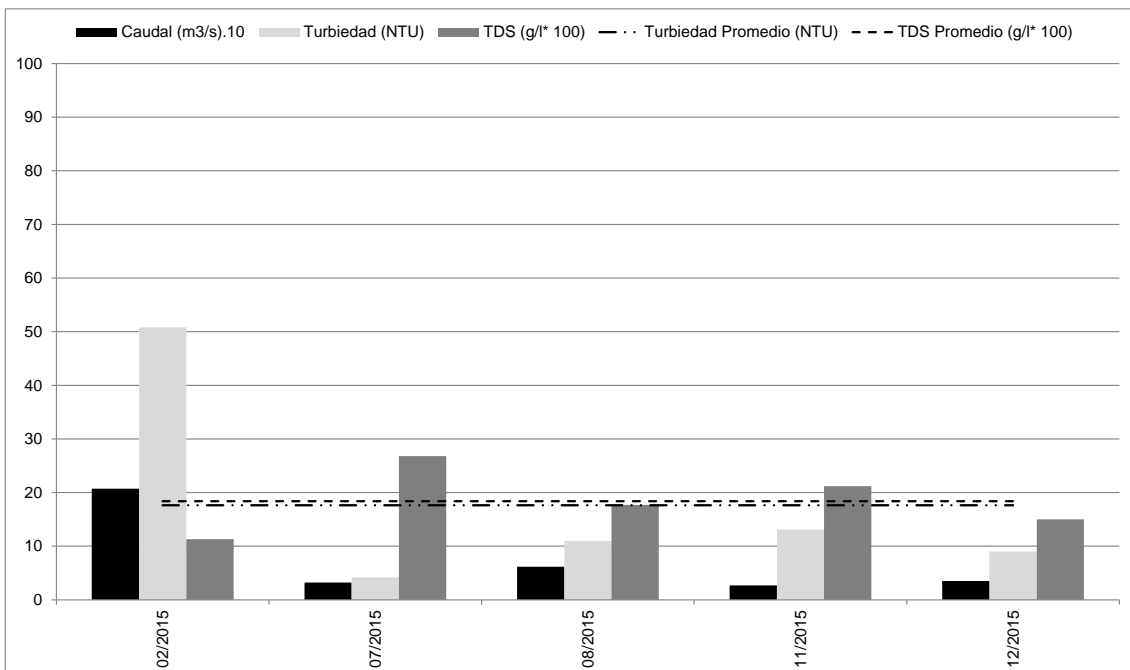


Figura 8. Comparación de caudal escurrido, turbiedad y TDS en E3.

Durante la crecida de febrero de 2015 se observó un aumento pronunciado de la turbiedad en coincidencia con una marcada disminución de TDS en E3. En julio de 2015 se registró un aumento considerable de TDS en E3, observado asimismo en E1, indicando un posible ingreso de sales de origen antrópico.

En agosto de 2015, no se observaron variaciones significativas de turbiedad o TDS en correspondencia con el aumento del volumen escurrido. El caudal al momento del muestreo se encontró entre 91 y 92 % del pico de crecida correspondiente a dicho evento en E3 y E1 respectivamente.

## CONCLUSIONES

La calidad del agua superficial del río Sauce Grande en los sitios muestreados, respecto a pH y OD, permitiría la generación de alternativas de desarrollo socio-económico en la zona ribereña a través del establecimiento de sectores específicos para la pesca recreativa y estaciones piscícolas, teniendo en cuenta para ello la determinación de otros parámetros físico-químicos y biológicos y la evaluación del impacto ambiental que dichos emprendimientos acarrearían en el sector propiamente dicho y aguas abajo del mismo.

El monitoreo de la turbiedad resulta fundamental dada la incidencia que este parámetro tiene en la selección del tipo de tratamiento y en los costos asociados, definiendo con ello uno de los aspectos que es necesario evaluar en los estudios de factibilidad de uso de la fuente para consumo humano, así como también, la estimación de la cantidad de días al año en los cuales la toma superficial resultaría inoperante .

Por su parte, los TDS presentes en el agua superficial de los sitios muestreados sobre el río Sauce Grande resultan aceptables para el consumo humano, lo que no significaría costos adicionales de potabilización.

Las observaciones realizadas en el Establecimiento Recovecos permiten afirmar que los parámetros monitoreados no resultan afectados por la modificación del escurrimiento entre el vado ubicado en E3 y la hoya ubicada en E2, por lo que se recomienda mantener sólo a la estación E3 como representativa del sector para futuros muestreos.

La incorporación de dos puntos adicionales de muestreo ubicados sobre el cauce principal, uno aguas abajo de la confluencia del arroyo El Negro y otro de la del arroyo San Teófilo, y la incorporación del registro de otros parámetros de evaluación de calidad complementarios, permitiría mejorar el conocimiento de la evolución espacial de la calidad del agua superficial del río Sauce Grande luego de atravesar las ciudades de Villa Ventana, Sierra de la Ventana y Saldungaray. Esto contribuiría a diagnosticar y monitorear cambios estacionales en la calidad del agua superficial en la parte media de la cuenca alta como así también detectar los efectos de una posible contaminación en forma temprana.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los técnicos del Laboratorio de Hidráulica – Departamento de Ingeniería de la UNS, señores Pablo Ábalo y Carlos Weis, por la preparación y realización de las campañas, mantenimiento del monitoreo de las estaciones limnigráficas y su invaluable colaboración.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, F. (2007). Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de humedales y otros ecosistemas acuáticos. En *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (113-144). México: Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R. & Zambrano, L.
- Aduriz, M.A., Gargano, A.O., Chimeno, P., Saldungaray, M.C. & Conti, V.P. (2003). Caracterización de los agrosistemas predominantes de la cuenca alta del Río Sauce Grande. *RIA*, 32 (3), 3-26.
- Butturini, A., Sabater, S. & Romani, A. (2009). *Capítulo 7: La química de las aguas-Los nutrientes*. En *Conceptos y técnicas en ecología fluvial* (pp. 97 - 116). España: Elosegi, A. & Sabater, S. (Eds).
- Chow, V.T., Maidment, D. & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Colombia: McGraw-Hill.
- Edzwald, J. & Tobianson, J. (2011). *Chapter 3: Chemical principles, source water composition, and watershed protection*. En *Water quality and treatment: a handbook*

- on drinking water (pp.3.1-3.76). U.S.A.: Edzwald, J. American Water Works Association (AWWA). McGraw-Hill.
- Fiorentino, C.E. (1999). *Evaluación y riesgo de contaminación de los recursos hídricos superficiales en las vertientes del Sistema de Ventania*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.
- Gil, V. (2009). *Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de crecidas*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). (2001). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*. Argentina: INDEC.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*. Argentina: INDEC.
- Luque J.A., Paoloni J.D. & Bonorino G.A. (1979). Estudio geológico e hidrogeológico de la cuenca del Río Sauce Grande. *Publicación interna del Departamento de Ciencias Agrarias y de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional del Sur, Serie Hidrología*, 3, 64.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1981). *Tratamiento y depuración de las aguas residuales*. Barcelona. España: Labor S.A.
- Nebel, B.J. & Wright, R.T. (1999). *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. México: Pearson Educación de México.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2004). *Guidelines for Drinking-Water Quality. Vol.1*. Ginebra, Suiza: World Health Organization.
- Obschatko, E.S. (1993). *Efecto de la desregulación sobre la competitividad de la producción argentina*. Buenos Aires: Grupo Editor Latinoamericano.
- Pozo, J., Elosegí, A., Diez, J. & Molinero, J. (2009). *Capítulo 10: Dinámica y relevancia de la materia orgánica*. En *Conceptos y técnicas en ecología fluvial* (pp. 141- 167). España: Elosegí, A. & Sabater, S. (Eds).
- Pucciarelli, A.R. (1993). Cambios en la estructura agraria de la pampa bonaerense (1960-1988). *Ciclos*, (5), 70-91.
- Rabassa, J. (1982). Variación regional y significado geomorfológico de la densidad de drenaje en la cuenca del Río Sauce Grande, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 37 (3), 268-284.

- Reca, L.G. & Parellada, G.H. (2001). *El sector agropecuario argentino. Aspectos de su evolución, razones de su crecimiento reciente y posibilidades futuras*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Schefer, J.C. (2004). *Los recursos hídricos y el abastecimiento de agua: Región de Bahía Blanca*. Bahía Blanca. Argentina: CEPADE.
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (1986). *Quality criteria for water. EPA 440/5-86-001*. Washington, USA: Office of Water.
- Universidad Nacional del Sur (UNS), Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA), Organismo Regulador de Agua Bonaerense (ORAB) y Autoridad del Agua (ADA). (2004). *Informe Final Convenio*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.