

Análisis de la calidad del agua del arroyo Langueyú, Tandil, Buenos Aires

Ruiz de Galarreta, Víctor Alejandro¹; Banda Noriega, Roxana Bettina¹; Najle, Roberto²; Rodríguez, Corina Iris¹; Barranquero, Rosario Soledad¹; Díaz, Adriana Alejandra¹; Miguel, Roberto Esteban¹; Pereyra, Mariana³; Priano, María Eugenia⁴

¹Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales, Facultad de Ciencias Humanas,
UNICEN

²Laboratorio de Biología Celular y Ecotoxicología, Departamento de Ciencias
Biológicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNICEN

³Grupo de Flujos Geofísicos y Ambientales (GFGA), Facultad de Ciencias Exactas,
UNICEN

⁴Instituto de Física Arroyo Seco (IFAS), Facultad de Ciencias Exactas, UNICEN

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de
Ciencias Humanas. Campus Universitario Tandil. Paraje Arroyo Seco s/n. 7000,
Tandil, Buenos Aires.

agala@live.com.ar

Recibido: 15 de octubre de 2013

Publicado: 30 de diciembre de 2013

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo el análisis de la calidad del agua del arroyo Langueyú para determinar el estado de situación y su relación con la gestión de los recursos hídricos superficiales a nivel local. Se tuvieron en cuenta antecedentes hidrológicos regionales. Se efectuaron recorridos siguiendo el cauce del arroyo desde la cuenca alta, al Sur de la ciudad de Tandil incluyendo sus tributarios Blanco y Del Fuerte, hasta la intersección con la Ruta Provincial N° 30. Se seleccionaron 9 sitios en los que se realizaron muestreos de calidad de agua en el período 2009-2011. Se complementó el estudio con un ensayo ecotoxicológico referido al desarrollo y crecimiento de bulbos de cebolla y de peces. Además, se identificaron los usos del suelo lindantes al cauce y sus afectaciones. Se detectó que los efluentes de impacto en el recurso son en su mayoría las descargas provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Obras Sanitarias de Tandil (OST) y de las industrias alimenticias. Los resultados revelan un aumento significativo de los parámetros físicoquímicos en agua a partir de la descarga de una de las plantas de OST. Se detectó la inhibición en el crecimiento de las raíces de las cebollas y una disminución en el porcentaje de sobrevivencia en peces en los puntos de descarga. Los resultados microbiológicos y la materia orgánica, medida a través de DBO5 y DQO, denotan el impacto de la descarga cloacal. Se propone a futuro el monitoreo y análisis detallado del agua del arroyo y de los distintos efluentes antrópicos.

Palabras clave: hidrología ambiental, calidad del agua, ecotoxicología, arroyo Langueyú.

ABSTRACT

This work aims to analyze water quality of Langueyú stream, in order to determine its state and relationship with surface water management at local level. Regional previous studies were taken into account. Several itineraries were done along Langueyú stream channel, since the high part of the basin at the south, to the Provincial Route N° 30 at the north. Two tributary streams were included, called Blanco and Del Fuerte. During the period 2009-2011, water quality sampling was executed in 9 selected places. An ecotoxicological test was done using onion bulbs and fish, in order to evaluate their development and growth. Besides, land uses near the stream and their impacts on water were identified. The main impact on surface water is caused by discharges from

waste water treatment plants belonging to Obras Sanitarias Tandil (OST) and by food industries. Results show a significant increasing of physicochemical water parameters starting from one of the treatment plants. Growth inhibition in onions roots and decreasing in survival percentage of fish were detected in discharge points. Microbiological results together with DBO₅ y DQO show the impact of waste water discharge. Detailed monitoring and analysis of Languyú stream water and human discharges is recommended.

Key words: environmental hydrology, water quality, ecotoxicology, Languyú stream.

INTRODUCCIÓN

El objeto de estudio del presente trabajo es un sector de la cuenca alta y media del arroyo Languyú, que nace en las sierras de Tandil producto del aporte de pequeñas cuencas intraserranas (Fig. 1). Sus principales afluentes son el arroyo Blanco, por el oeste, y el del Fuerte por el este. Ambos están entubados desde las inmediaciones del sector serrano hasta alrededor de 300 metros antes de su confluencia donde comienza el arroyo Languyú, que escurre a cielo abierto.

El hecho de que la ciudad se asiente sobre la cuenca del arroyo, y que su curso la recorra tanto entubado como en superficie, es una de las características más importantes a considerar al momento de llevar adelante un análisis hidrológico-ambiental. La historia de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en la ciudad ha determinado, en gran parte, su condición ambiental actual.

La ciudad de Tandil se abastece, tanto para consumo humano como para uso industriales, comerciales y agropecuarios, del recurso hídrico subterráneo compuesto por el acuífero freático multiunitario (Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2005). El recurso hídrico superficial, además de su funcionalidad ecológica, es utilizado por la comunidad con fines recreativos, paisajísticos y como receptor de efluentes.

Asimismo, el arroyo y sus afluentes se localizan en un área de riqueza paisajística, biológica, geológica y recreativa, lo cual ha sido reconocido a través de la declaración de "Paisaje Protegido Provincial" del área del partido de Tandil (Ley 14126 y DR 1766 de 2010).

Las decisiones de gestión del recurso hídrico superficial (entubamiento de arroyos, obras de regulación de crecidas, permisos de descarga de efluentes, etc.) así como los usos por parte de la comunidad en general modifican su condición ambiental.

También la explotación del recurso hídrico subterráneo puede alterar la relación efluente-influente con el curso superficial generando que el arroyo aporte agua al acuífero en lugar de recibirla de éste (Barranquero et al., 2008).

Por otra parte existen antecedentes que han evaluado las características de las cargas contaminantes que resultan de la actividad antrópica (Banda Noriega et al., 2008) y la afectación del recurso hídrico superficial tanto en su calidad fisicoquímica como bacteriológica (Cifuentes, 2012).

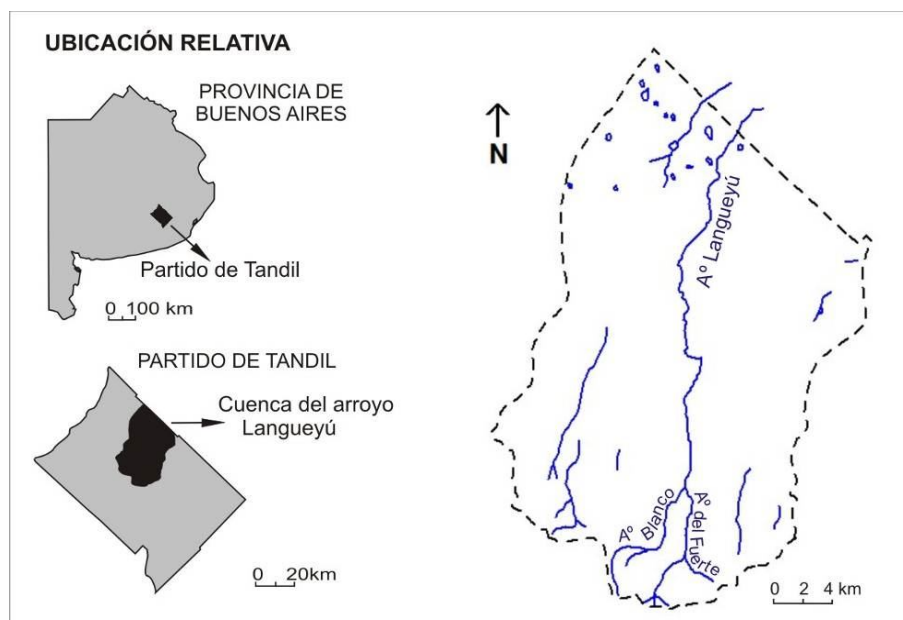


Figura 1. Ubicación de la cuenca del arroyo Langueyú.

La evaluación de la calidad de las aguas de un curso a través de parámetros fisicoquímicos se enriquece con la inclusión de ensayos de ecotoxicidad. Por tal motivo, para abordar en una primera instancia la calidad ecológica del arroyo, se ha planteado el ensayo de toxicidad en plantines de cebollas y en peces.

El objetivo del trabajo fue determinar la calidad del curso superficial que conforma la cuenca del arroyo Langueyú. Se espera que este diagnóstico pueda contribuir a estudios futuros que atiendan a una evaluación sistémica del arroyo y su cuenca, del mismo modo que pueda ser de utilidad para los gestores como herramienta para la planificación hidrológica y un manejo adecuado del recurso. Asimismo, se pretende generar un insumo para los medios educativos, de capacitación y divulgación para

conocer los recursos regionales y la necesidad de su protección y manejo responsable tendiente al desarrollo sostenible.

El trabajo se aborda desde un marco conceptual ambiental, de acuerdo al cual la problemática hídrica debe entenderse como un sistema complejo en el cual se interrelacionan numerosas variables de las esferas natural, sociopolítica y económica.

Descripción del medio físico natural

La cuenca del arroyo Langueyú se desarrolla sobre el faldeo N del sistema de Tandilia constituido por sierras, cerros, cerrilladas y lomas que se elevan entre 50 y 250 m de la llanura pampeana. Dicho sistema serrano se encuentra alineado en sentido NO-SE por algo más de 300 km desde las inmediaciones de Olavarría hasta Mar del Plata.

Regionalmente el cordón está constituido por el Basamento Cristalino, de edad Precámbrica (Teruggi et al., 1958; y Dalla Salda, 1999); una cubierta sedimentaria de edad paleozoica inferior o precámbrica (ausente en el sector de estudio) y sedimentitas cuaternarias, constituidas por los “sedimentos pampeanos” con textura de limos predominante.

En el partido de Tandil, se pueden diferenciar tres unidades morfológicas principales: Serranías, Piedemonte y Llanura (Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2005).

Hidrología

La cuenca del arroyo Langueyú cubre una superficie aproximada de 600 km², nace en las Sierras de Tandil fluyendo sus aguas con rumbo NE hacia la depresión del río Salado. Presenta divisorias bien marcadas en el sector serrano, con concentración de sus aguas donde se observa el típico diseño de drenaje dendrítico en el cual se integran los arroyos del Fuerte (margen derecha) y Blanco (margen izquierda). En la confluencia de ambos en el sector pedemontano comienza a denominarse arroyo Langueyú (Fig. 2). En este sector y hacia la llanura continúa en solitario sin recibir afluentes de importancia.

Los arroyos ubicados al S de la ciudad presentan obras de regulación, como el Dique del Fuerte (Lago del Fuerte). A partir del pie de la presa, el curso se denomina arroyo del Fuerte, cuyo recorrido atraviesa el ejido urbano por su sector E hasta las cercanías de la Ruta Nacional 226 (Fig.2). Por el O del casco urbano pasa el arroyo Blanco que se une al anterior aguas arriba y a corta distancia de la mencionada ruta. Ambos cursos se hallan entubados en su tránsito por la ciudad. El área de la cuenca alta,

hasta la RN 226, es de 120 km². Esta superficie representa el 20% del total de la cuenca dentro del partido.

La ciudad, posee una población aproximada 111.483 habitantes de acuerdo al Censo de Población y Vivienda (INDEC, 2010) y ocupa una superficie aproximada de 50 km². La expansión urbana hizo que se ocuparan gran parte de los valles de los tributarios de los arroyos del Fuerte (entubado en 1973) y Blanco (entubado en 1980-81).

El Dique del Fuerte, construido para paliar el problema de las inundaciones, funciona como regulador, posee una superficie aproximada de 19 hectáreas y una profundidad promedio de 0.80 m. Además de actuar como dissipador de energía del agua superficial y retardar la salida natural, se utiliza con fines deportivos - recreativos.

El suministro de agua para consumo y otras necesidades de la población urbana y rural, se ha realizado históricamente a partir del recurso subterráneo que presenta características adecuadas de calidad y cantidad, y también porque el caudal del arroyo es escaso. El acuífero principal explotado se presenta en el medio poroso clástico constituido por los sedimentos pampeanos. El flujo subterráneo regional muestra un sentido de escurrimiento hacia el noreste, en concordancia con las características morfológicas superficiales (Ruiz de Galarreta, et. al. 2007). El curso del arroyo Langueyú no recibe aportes laterales y su relación con las aguas subterráneas es de escasa magnitud dependiendo de los desequilibrios tanto naturales como artificiales que se presenten en su recorrido.

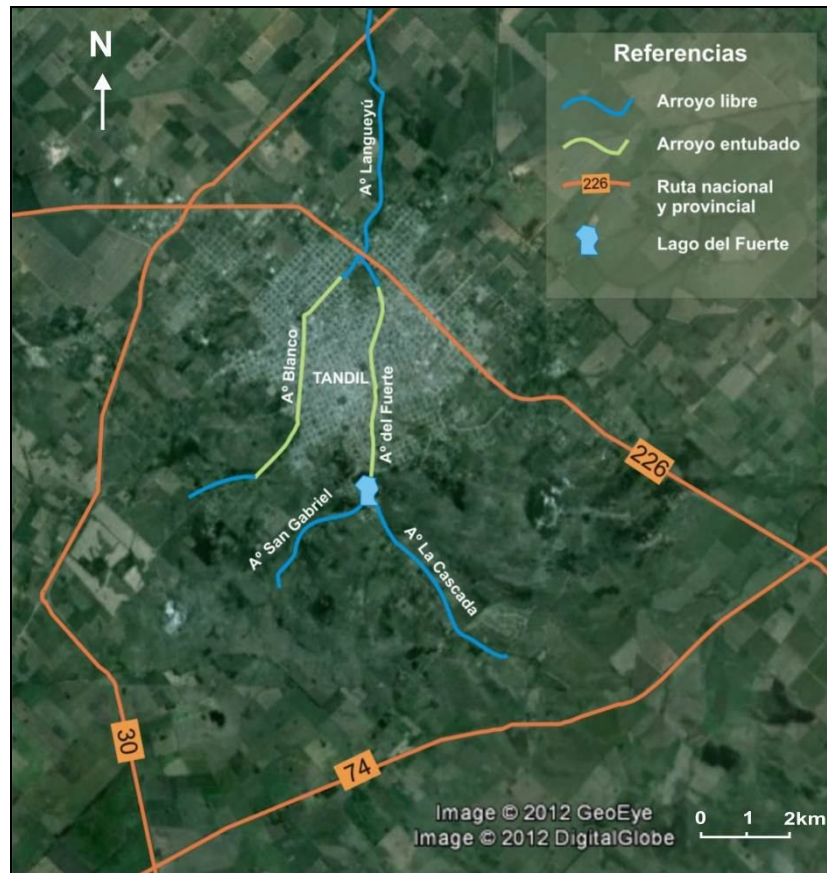


Figura 2. Esquema del recorrido del arroyo Langueyú y sus tributarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar la calidad del agua del arroyo Langueyú se ha planteado el análisis sistémico ambiental a partir del conocimiento de la evolución histórica de la apropiación, uso y gestión hídrica por parte de la población y el ente público, y del cotejo de fuentes primarias y secundarias para llegar a un diagnóstico de situación.

La caracterización del medio físico en sus aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos, y de las cargas contaminantes que se vuelcan o impactan al arroyo, se basó en la consideración de antecedentes generales y estudios específicos que el grupo de investigación del Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA) ha efectuado en la región.

Se identificaron diversas actividades en las inmediaciones del curso que realizan sus vuelcos de efluentes al arroyo. Se complementó con información demográfica de la zona y los usos que la población realiza del arroyo.

Asimismo, se hicieron campañas de reconocimiento y muestreo de las aguas del arroyo para realizar análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de parámetros que luego se detallan.

Del muestreo también se evaluó el efecto en términos de su ecotoxicidad aguda en plantas y peces. Se efectuó el Ensayo de toxicidad aguda con *Allium cepa L.*, mediante el análisis de la inhibición del crecimiento promedio de raíces de cebolla (Diaz Baez et al., 2008) y Ensayo de toxicidad aguda (inmovilización o mortalidad) en peces (*Cnesterodon decemmaculatus*) (Sprague, 1969).

Muestreos de campo

Se llevó a cabo un primer recorrido de campo con fecha 12/06/2009 en el cual se observaron las condiciones en distintos tramos de la red de drenaje tanto de la cabecera de la cuenca (arroyos Blanco y del Fuerte hasta sus respectivos entubamientos) como aguas abajo donde los cursos vuelven a estar en superficie. Durante el recorrido se determinaron sitios de descarga de efluentes; y los caudales en base a la medición de las secciones y la velocidad obtenida con flotadores. También se determinó la conductividad eléctrica a fin de conocer indirectamente el grado de salinidad en los puntos de interés. El análisis de todo lo observado y los resultados fueron el insumo para definir los puntos de muestreo en las salidas sucesivas (Fig. 3).

Determinaciones fisicoquímicas

Con diferencias en algunos muestreos, se realizaron las siguientes determinaciones fisicoquímicas: conductividad eléctrica, pH, temperatura del agua, iones mayoritarios (bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio y potasio) y nitratos. La demanda química de oxígeno (DQO) y bioquímica de oxígeno (DBO) se determinaron sólo en el último muestreo.



Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo.

Tabla 1. Ubicación y características de los sitios de muestreo.

Denominación	Coordenadas planas		Ubicación del sitio
LAN 1	5577218	5867349	A° Del Fuerte, a la salida del Dique
LAN 2	5575111	5867507	A° Blanco, antes del entubado
LAN 3	5577466	5871336	A° Del Fuerte, a la salida del entubado
LAN 4	5576744	5871366	A° Blanco, a la salida del entubado
LAN 5	5577127	5871972	Confluencia de los arroyos Blanco y Del Fuerte
LAN 6	5577136	5872560	A° Langueyú, intersección calle Darragueira. Descarga de la planta antigua de OST
LAN 7	5577460	5873867	A° Langueyú, intersección calle Independencia
LAN 8	5577119	5872113	A° Langueyú, descarga de planta nueva de OST
LAN 9	5577303	5877080	A° Langueyú, intersección con Ruta Provincial 30

Las determinaciones de conductividad, ph, temperatura y bicarbonatos se efectuaron en el campo. Para ello se utilizó un conductímetro portátil Hanna HI 9811-5 y el método de titulación para bicarbonatos (APHA, 2005). Los análisis restantes en el Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Minerales de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UNICEN), de acuerdo a los métodos normalizados (APHA, 2005). La DBO₅ y DQO se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de UNLP.

Determinaciones bacteriológicas

Las determinaciones bacteriológicas, como indicadores de contaminación, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UNICEN). Los análisis incluyeron: bacterias aeróbicas mesófilas, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. En noviembre de 2010 no se determinó directamente *Escherichia coli*, sino que se aislaron un conjunto de bacterias entéricas (*Klebsiella*, *Proteus vulgaris*, *Escherichia coli* y *Citrobacter*).

Ensayos ecotoxicológicos

Por un lado, se realizó el ensayo de toxicidad aguda con *Allium cepa* L. Cuando un bulbo de cebolla (*Allium* sp.) se rehidrata, se estimula el crecimiento de las células y se elongan las raíces de la planta, pero si la hidratación se realiza en presencia de sustancias tóxicas este crecimiento puede inhibirse. La cuantificación de este efecto puede realizarse mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces respecto a la longitud promedio de las raíces del control (Díaz Baez et al, 2008) En los ensayos de toxicidad aguda con *Allium cepa* L. se evaluó el porcentaje de inhibición del crecimiento de la raíz de cebolla a 24, 48, 72 y 96 horas, 8 y 9 días. El ensayo fue realizado por quintuplicado. Al tiempo final (9 días) se cortaron todas las raíces de los cebollines correspondientes a cada muestreo, se secaron con papel absorbente y se pesaron.

También se efectuó el ensayo de toxicidad aguda en peces (*Cnesterodon decemmaculatus*), con la determinación de efectos de intoxicación aguda (inmovilización o mortalidad), observados en un tiempo de exposición de hasta 96 hs., en una especie de pez dulceacuícola, el *Cnesterodon decemmaculatus* (Sprague, 1969 y 1970). En el transcurso de este tiempo es necesario registrar la mortalidad de los peces a las 24, 48, 72 y 96 horas. Durante este ensayo se expone al organismo

seleccionado a muestras de agua provenientes de: a) agua del vertedero del dique Tandil, utilizado como testigo; b) agua del arroyo donde descarga el efluente de la depuradora antigua de OST; c) agua del arroyo donde descarga el efluente de la depuradora nueva de OST; d) agua de perforación de un domicilio particular. El ensayo fue realizado por quintuplicado/muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Usos e impactos en el curso de agua

El partido de Tandil de acuerdo a los datos suministrados por el del INDEC (2010) posee 123.871 habitantes, 90% de los cuales se concentran en la ciudad cabecera. Las principales actividades del sector primario son las agropecuarias y minera. Por otra parte, según el trabajo elaborado por FCEc-SEPyD (1999), predomina claramente el sector terciario sobre el secundario: al primero le corresponde el 78% de las empresas y el 70% del personal.

La actividad industrial, desde sus inicios en 1920, se ha centrado en el rubro metalúrgico y en menor proporción en el agro-alimenticio. En los últimos 10 años ha tenido gran impulso el turismo y lo pequeños emprendimientos vinculados a la actividad agroalimentaria.

El arroyo Langueyú no ha sido utilizado como fuente de agua potable, sin embargo ha tenido un uso recreativo que en la actualidad está limitado por la degradación pretérita y presente.

Un importante polo de atracción de la ciudad lo constituye el espejo de agua del Lago del Fuerte, el cual es utilizado para actividades recreativas en general. De acuerdo a estudios recientes sufre una degradación substancial con un incremento de fosfatos y presencia de cianobacterias que marcan una preocupante eutrofización y contaminación (Cifuentes, 2012). La presencia de estas algas compromete el uso recreativo del lago, ya que son potencialmente tóxicas. Esta situación es especialmente relevante en el período estival constituyendo un riesgo sanitario para la población usuaria.

Por otro lado, a lo largo del recorrido del arroyo es de interés identificar las fuentes de cargas contaminantes en su mayoría debida a actividades productivas y de saneamiento básico. En base a estudios antecedentes del grupo de investigación del CINEA, e información proveniente del Organismo Provincial para el Desarrollo

Sostenible (OPDS) se relevaron y caracterizaron distintas cargas contaminantes urbanas e industriales (Banda Noriega et al, 2008).

Particularmente desde la ruta Nacional 226 y con dirección N el arroyo Languayú recibe varias descargas en pocos metros de recorrido. Una de ellas es la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas, que procesa parte de los efluentes de la zona servida de la ciudad (aproximadamente el 55 %) y el contenido de los camiones atmosféricos. Cuenta con tres líneas paralelas constituidas por sedimentadores, lechos percoladores y un biodigestor de barro. No obstante, la planta se ve superada en su capacidad de tratamiento debido a las conexiones clandestinas de las aguas pluviales, forzando la realización de un by pass y la descarga de aguas residuales crudas al arroyo, en su intersección con la RN 226.

En el año 2010 inició la actividad una nueva planta, ubicada en el sector NO de la ciudad y en cercanías al arroyo, en el sector urbano de Villa Aguirre. Estas instalaciones cuentan con reactores de "lodos activados" para la degradación aeróbica de la materia orgánica, con una capacidad aproximada de 15.000 habitantes. Sus efluentes son volcados al arroyo en el lugar identificado en el plano de la Figura 3 como LAN 8.

En referencia a la actividad productiva, se relevaron 21 industrias en el área, donde gran parte corresponden a industriales alimenticias, le siguen talleres e industrias metal básicas, y se identificó una curtiembre. Dentro del rubro alimenticio se cuenta con elaboración de embutidos, mataderos y frigoríficos, con faenas entre 1300 y 3200 animales mensuales. Los mataderos generan efluentes entre 2300 y 5800 m³/mes con altas concentraciones de DBO₅ (2500 mg/l) y nitrógeno (DQO:DBO₅:N: 12:4:1). Los tratamientos consisten en sedimentaciones y lagunas facultativas y aeróbicas, las descargas son efectuadas al arroyo (Banda Noriega et al, 2008). Su funcionamiento es deficiente y las descargas aportan sedimentos y coliformes fecales al arroyo (OPDS, 2009).

También dentro de este rubro hay industrias lácteas con elaboración de quesos y dulce de leche con consumos mensuales entre 50.000 y 100.000 litros de leche. Los caudales de efluentes van entre 120 y 450 m³/mes y las DBO₅ entre 3.000 y 3.500 mg/l. Los tratamientos son similares a los anteriores y las descargas son efectuadas en el arroyo y también en suelo. Se ha constatado su deficiencia en el tratamiento y la no adecuación de los parámetros de descarga (OPDS, 2009). Si bien esta última es

información puntual relevada por el Organismo de contralor, contribuye al presente diagnóstico.

Asimismo la única curtiembre identificada, actualmente vuelca sus efluentes al sistema de cloacas donde posteriormente son tratados en la planta depuradora de aguas residuales urbanas. Los parámetros de vuelco de acuerdo a antecedentes (OPDS, 2009) son adecuados a la reglamentación vigente de la provincia de Buenos Aires (Resolución 336/03).

Calidad del agua y principales cargas contaminantes

En la actualidad, el arroyo Langueyú no presenta condiciones para ser considerado como fuente de agua para consumo, tampoco reúne las condiciones para uso recreativo, en gran parte debido a las cargas contaminantes que degradan sus aguas. Esto se verifica con el estudio hidroquímico siguiendo el recorrido del arroyo Langueyú, desde su inicio en la conjunción del arroyo Blanco y Del Fuerte, en la ruta nacional 226, hasta pasar la intersección con la ruta provincial 30. Las muestras tomadas en relación a los focos de contaminación revelan un incremento significativo de los parámetros estudiados (Tablas 2, 3 y 4) a partir de la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales más antigua de OST (Fig. 4).



Figura 4. Foto del arroyo Langueyú en el sitio de descarga de la planta de tratamiento.

Datos de Obras Sanitarias Tandil correspondientes al período 1992-2005, indican que los caudales recibidos en la planta de tratamiento en los primeros años fueron de 0,26 m³/h/día, alcanzando 0,41 m³/h/día en los últimos años del período. Estos valores

superan los estándares de 200 l/hab/día, debido a que consideran en forma conjunta los efluentes industriales, los comerciales, institucionales, y hasta puede incluir aguas pluviales recibidas a través de conexiones clandestinas.

Es importante destacar que en la zona donde se encuentran los pozos de explotación de agua potable por parte de OST, se manifiesta una inversión en el funcionamiento del sistema hídrico, pasando a ser el arroyo perdedor de sus aguas con aporte hacia el medio subterráneo, debido a los conos de depresión generados (Barranquero et. al., 2008). Este factor hace que el arroyo constituya una fuente real y potencial de contaminación al medio subterráneo.

Tabla 2. Resultados fisicoquímicos (a) y microbiológicos (b) del 13/10/2009.

a)

Muestra	CE (µS/cm)	T (°C)	pH	Bicarbonatos	Cloruros	Nitratos	Sulfatos	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio
LAN 1	501	17,9	7,86	237,9	20,99	4,04	25,88	26,33	14,25	23,10	2,46
LAN 2	681	16,4	7,65	457,5	26,99	5,39	69,63	51,32	28,59	24,90	3,15
LAN 3	581	17,5	7,83	286,7	34,49	43,42	28,73	34,83	19,83	26,93	3,26
LAN 4	904	18,4	7,74	536,8	61,98	138,43	50,44	62,83	36,26	42,62	6,53
LAN 5	528	18,8	7,84	359,9	43,49	71,03	40,02	47,10	26,15	32,97	4,68
LAN 6	1177	19,9	7,43	567,3	101,47	15,10	118,42	48,94	28,96	84,04	10,47
LAN 7	1189	21,3	7,42	573,4	94,97	6,84	74,01	47,40	27,84	87,04	14,42

Aniones y cationes en mg/l

b)

Muestra	Coliformes Totales	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Mesófilas
	NMP/100 ml	Presencia-ausencia/100 ml	Presencia-ausencia/100 ml	UFC/ml
Límite CAA	3 NMP/100 ml	Ausencia/100 ml	Ausencia/100 ml	Hasta 500 UFC/ml
LAN 3	1100	Presencia	Ausencia	2400
LAN 4	1100	Presencia	Ausencia	14400
LAN 5	1100	Presencia	Ausencia	12966
LAN 6	1100	Presencia	Presencia	6400000
LAN 7	1100	Presencia	Ausencia	6400000

Tabla 3. Resultados fisicoquímicos (a) y microbiológicos (b) del 29/11/2010.

a)

Muestra	CE ($\mu\text{S/cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Bicarbonatos	Cloruros	Nitratos	Sulfatos	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio
LAN 1	319	24,6	7,91	207,4	29	16,7	6	23,8	9	6,5	7,4
LAN 2	731	20,5	7,95	524,6	41	45	7,2	73,9	26,9	10,6	8,9
LAN 3	727	20	7,78	366	77	55	51,3	50,2	16,7	21,6	6,4
LAN 4	773	18	8,58	488	55	55,3	32,5	69,4	25,4	12,9	14
LAN 5	638	22,6	8,36	451,4	62	58,1	72,8	66,8	23,4	14,4	9,5
LAN 6	1228	22,4	9,05	695,4	134	102,8	111,4	64,2	24,7	38,5	21,3
LAN 7	757	24	7,89	646,6	128	120,2	6,3	68,9	24,8	38,6	14,3
LAN 8	1177	22,3	7,92	585,6	120	106,7	33,5	62,5	22,6	37,6	10,5
LAN 9	1016	24	7,6	573,4	81	40,6	4,8	69,1	23,1	27,4	10,8

Aniones y cationes en mg/l

b)

Muestra	Coliformes Totales NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i> Presencia- ausencia/100 ml	Coliformes Fecales/ml	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Presencia- ausencia/100 ml	Otras bacterias entéricas presentes
1	93	Presencia	0	Presencia	Klebsiella
2	2400	Presencia	5	Ausencia	Proteus vulgaris
3	2400	Presencia	10	Presencia	Klebsiella
4	2400	Presencia	7	Ausencia	<i>Escherichia coli</i>
5	2400	Presencia	20	Ausencia	Klebsiella
6	2400	Ausencia	3300	Presencia	Citrobacter
7	2400	Presencia	3150	Presencia	Klebsiella
8	2400	Presencia	1800	Presencia	Klebsiella
9	2400	Presencia	105	Presencia	Klebsiella

Tabla 4. Resultados fisicoquímicos (a), microbiológicos (b) y DBO-DQO (c) del 03/05/2011.

a)

Muestra	CE ($\mu\text{S/cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Bicarbonatos	Cloruros	Nitratos	Sulfatos	Sodio
LAN 1	432	15,6	7,45	244	27,0	2,7	18,6	19,8
LAN 2	758	15,3	7,78	378,2	43,5	7,2	48,8	23,1
LAN 3	922	16,1	8,21	305	78,5	55,6	57,9	42,0
LAN 4	1078	15	8,47	353,8	75,5	137,6	62,2	38,0
LAN 5	930	15,8	8,36	402,6	71,5	71,4	61,9	38,9
LAN 6	1302	16,5	8,32	524,6	125,0	6,1	90,8	74,5
LAN 7	1317	17	8,18	585,6	144,0	5,6	132,5	83,6
LAN 8	1070	16	8,13	256,2	98	212,3	78,2	72,4
LAN 9	1154	14,8	8,06	451,4	105,5	25,4	51,5	67,7

Aniones y cationes en mg/l

b)

Muestra	Coliformes Totales	Coliformes fecales/ml	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	NMP/100 ml		Presencia-ausencia/100 ml	Presencia-ausencia/100 ml
LAN 1	460	13	Presencia	
LAN 2	1100	4	Presencia	
LAN 5	1100	15	Presencia	
LAN 6	1100	825	Presencia	Presencia
LAN 9	1100	600	Presencia	Presencia

c)

Muestra	DBO ₅ (mg O ₂ /l)	DQO (mg/l)
Resolución 336/03. Parámetros de descarga de efluentes	< 50	< 250
LAN 1	17	
LAN 2	< 2	
LAN 5	6	
LAN 6	60	182
LAN 9	21	

También se han detectado en el recorrido aguas abajo de la salida del ducto de OST, puntos de descarga de efluentes de industrias alimenticias ya mencionadas. En la Fig. 5 se observa en el sustrato un material de color rosado en la descarga del efluente (posibles bacterias fotosintéticas del azufre en lagunas anaerobias-facultativas, indicadoras de sobrecarga); en las Fig. 6 y 7 se muestran otras descargas, una de ellas color blanca con elevada temperatura por el vapor que emanaba. Por último se ha observado en gran parte del curso la disposición de residuos de origen doméstico, en general realizado por pobladores de las zonas aledañas (Fig. 8).

Las descargas identificadas en el recorrido junto a los resultados de las determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas permiten observar como primera cuestión variaciones de las condiciones del cauce en su recorrido.



Figura 5. Descarga de industria.



Figura 6. Descarga de industria.



Figura 7. Descarga de industria.



Figura 8. Disposición de residuos domésticos.

En primer término, teniendo en cuenta los caudales puntuales (la velocidad medida con flotadores), el 12 de junio de 2009 se midió a la salida del entubado del A° Del Fuerte un caudal de $0,08 \text{ m}^3/\text{seg}$ y a la salida del A° Blanco $0,03 \text{ m}^3/\text{seg}$. En la confluencia se registró un caudal de $0,11 \text{ m}^3/\text{seg}$. A pocos metros de este último punto, en las cercanías del cruce con Ruta Nacional 226, se produjo un gran incremento a partir de la descarga de OST y otros efluentes de industrias, estimándose para ese momento, un caudal de $0,28 \text{ m}^3/\text{seg}$.

De acuerdo a la evaluación de los parámetros analizados en los tres muestreos (Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4), se observa que a partir de la descarga de OST (punto LAN 6) se produce un incremento de los valores en la mayoría de los elementos.

Específicamente, la conductividad eléctrica que en los sectores elegidos aguas arriba (LAN 1,2,3,4,5) posee valores que rondan los 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se incrementa al doble luego de la salida del efluente en los tres muestreos, con valores 1177, 1228 y 1302 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (Fig. 9). Asimismo, con similar comportamiento se duplican las concentraciones de cloruros y sulfatos superando en los tres casos los 100 mg/l (Fig. 10) y 90 mg/l (Fig. 11), respectivamente. Además, se produce el incremento de los cationes sodio (Fig. 12) y potasio. Los nitratos muestran comportamientos disímiles en los tres casos.

En general se produce una disminución de los parámetros en el punto más alejado (LAN 9) a 5 km de distancia desde la descarga de OST.

Es de destacar el aumento de la mayoría de los parámetros en los tramos entubados de los arroyos, resultando el más significativo el nitrato en el A° Blanco antes y a la salida del entubamiento, 5,39 mg/l a 138,43 mg/l (10/2009) y 7,2 mg/l a 137,6 mg/l (5/2011). Luego disminuye bruscamente posiblemente debido al efecto dilución del caudal aportado por OST. Los valores aguas abajo han ido variando sin presentar un comportamiento sistemático entre campañas.

Cuando se efectuó la evaluación de los análisis microbiológicos también se nota claramente el impacto de la descarga cloacal proveniente de OST. Debido a la importante carga orgánica del efluente, las bacterias aeróbicas mesófilas pasan de 12.966 UFC/ml a 640.000 UFC/ml luego de la descarga (Tabla 2), y los coliformes fecales de 20 NMP/ml a 3.300 NMP/ml (Tabla 3) y de 15 NMP/ml a 825 NMP/ml (Tabla 4).

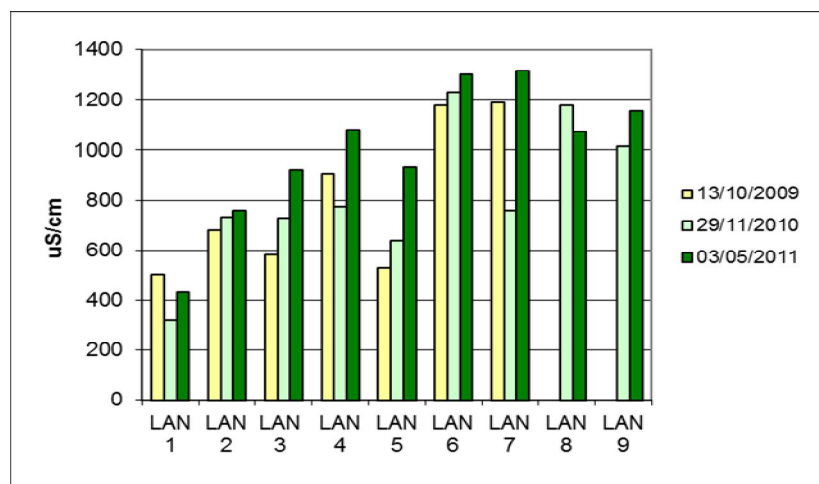


Figura 9. Conductividad eléctrica en los distintos sitios y momentos de muestreo.

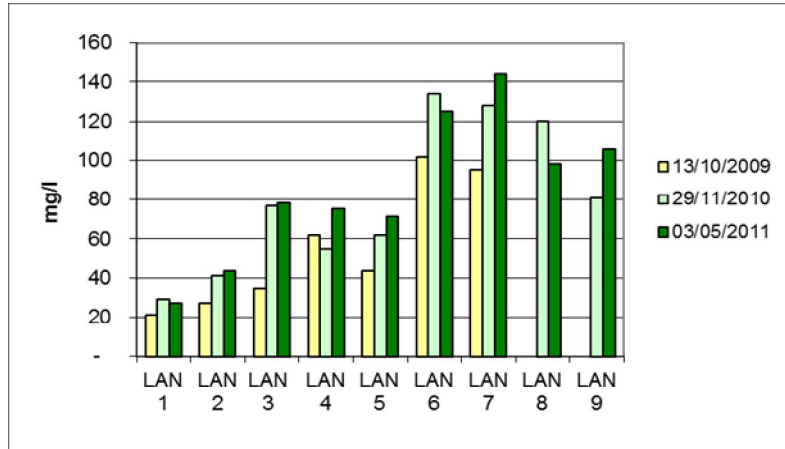


Figura 10. Cloruros en los distintos sitios y momentos de muestreo

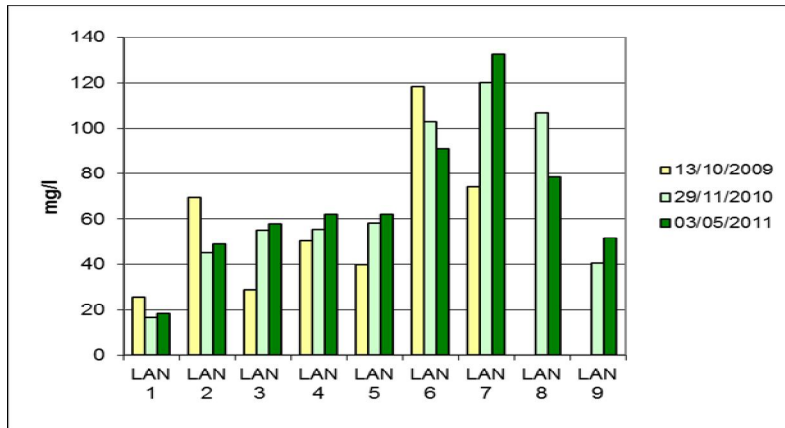


Figura 11. Sulfatos en los distintos sitios y puntos de muestreo.

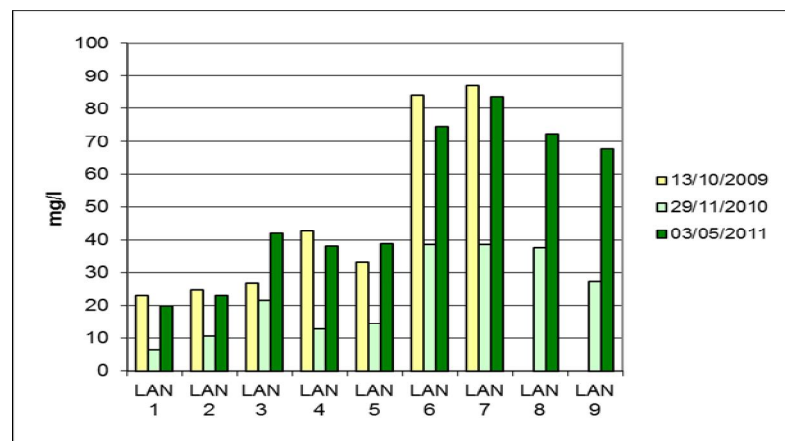


Figura 12. Sodio en los distintos sitios y puntos de muestreo.

De acuerdo a la información recabada por OPDS (2009) se destaca que los efluentes de las industrias alimenticias que descargan al arroyo no cumplen con los parámetros

de vuelco, en especial los niveles de coliformes fecales los cuales superan los límites permisibles de acuerdo a la Resolución 336/03 (< 2000 NMP/100 ml). Al respecto cabe destacar que los valores de coliformes fecales en el curso en los puntos 6, 7 y 8 de la campaña del 29/11/2010 fueron de 3300, 3150 y 1800 NMP/100 ml, respectivamente. Estos parámetros están superando los límites de descarga de un efluente en los dos primeros casos y es muy cercano en el tercero de los puntos mencionados, lo que indica el impacto efectuado en las aguas del curso.

En la última campaña se realizó en algunas estaciones la determinación de DBO₅ y sólo en la estación LAN 6 se incluyó también DQO. Los valores de DBO₅ aguas arriba de la descarga de OST son bajos. La concentración de DBO₅ después de la descarga de la planta de OST (LAN 6) es de 60 mg/l, valor que supera el límite exigido de 50 mg/l por Resolución 336/03 para efluentes líquidos a cuerpos receptores hídricos superficiales. El valor de DQO en este punto fue de 180 mg/l.

Aguas abajo se ha analizado la DBO₅ en la estación LAN 9, aproximadamente a 5 km del punto LAN 6, luego de haber recibido aportes industriales y la segunda descarga de la nueva planta de tratamiento de aguas residuales. El valor obtenido fue de 21 mg/l, disminuyendo un 65% en relación al punto LAN 6.

De acuerdo a los ensayos ecotoxicológicos, en todas las muestras de agua recolectadas en los distintos sitios, se observó inhibición del crecimiento de la raíz de cebolla durante los tres muestreos anuales (Fig. 13). Pudiéndose observar un mayor efecto de inhibición a las 48 hs (53 % - 72 % promedio) en las correspondientes a las salidas de la primera y segunda depuradoras (LAN 6 y LAN 8), donde las raíces presentaron un mayor estado de putrefacción y olor.

Las muestras LAN 7 y LAN 9 presentaron un efecto de inhibición menor debido a que los posibles contaminantes presentes se encontrarían más diluidos por estar a mayor distancia del punto de descarga.

Los puntos de muestreo anteriores a las depuradoras (LAN 3 y LAN 4), muestran valores de inhibición bajos con respecto al control.

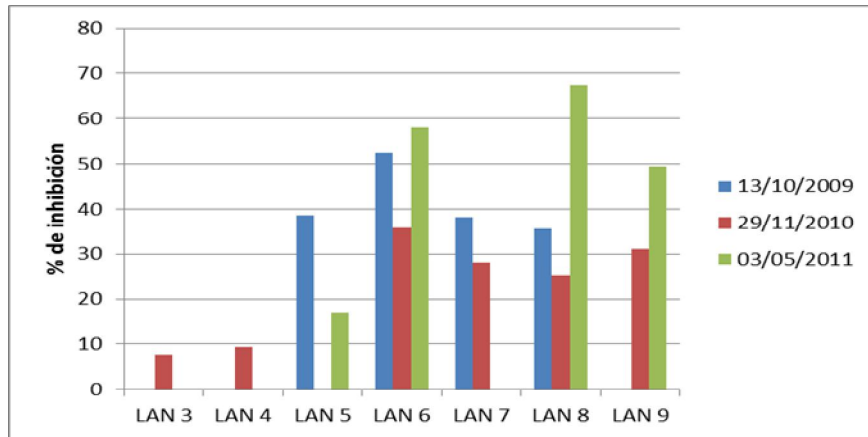


Figura 13. Ensayo inhibición crecimiento en raíz de cebolla

Los valores obtenidos por el peso de las raíces al final de la experiencia (Fig. 14) son coherentes con los resultados de porcentaje de inhibición en todos los sitios y en los dos años de muestreo.

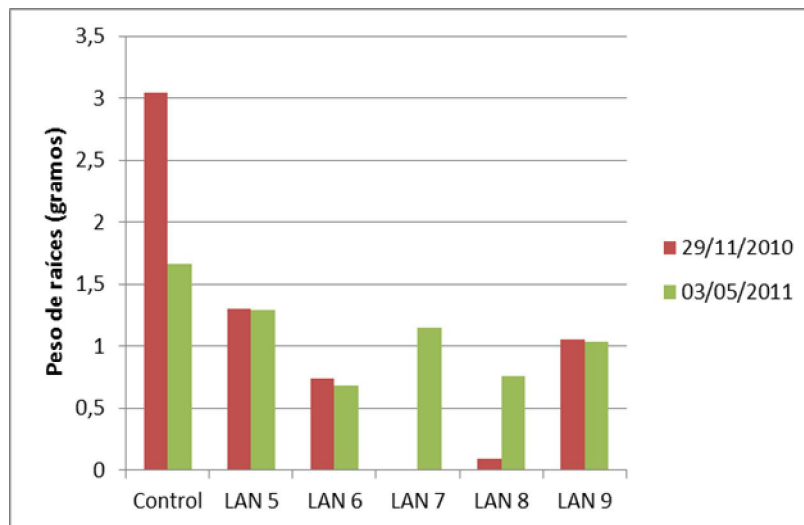


Figura 14. Pesos de raíz de cebolla.

Por otro lado, en el ensayo agudo con *Cnesterodon decemmaculatus* (Fig. 15) se observó una disminución en el porcentaje de sobrevivencia de los peces a lo largo del tiempo de análisis en dos sitios de muestreo (LAN6, LAN8) con respecto al control (Lago del Fuerte).

En los resultados de la segunda planta depuradora (LAN8) hubo una diferencia significativa en la sobrevivencia a lo largo del tiempo ($p < 0,05$).

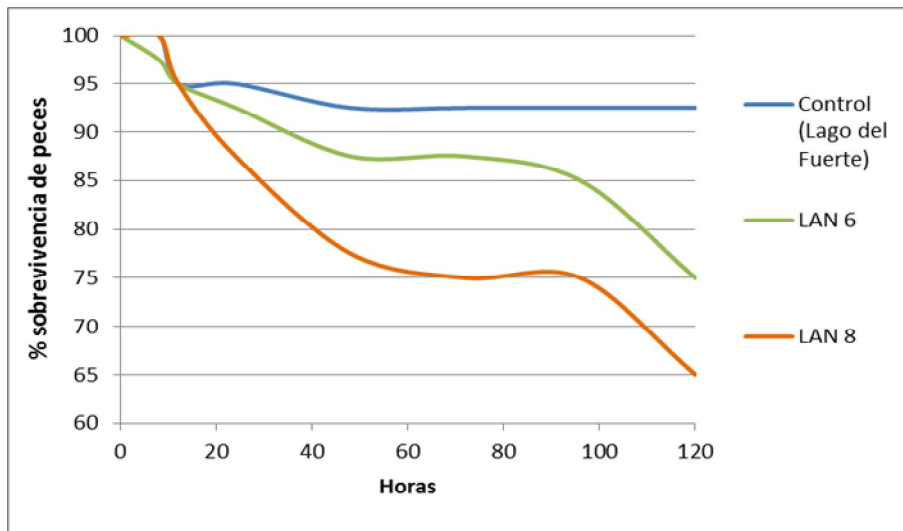


Figura 15. Supervivencia de peces.

CONCLUSIONES

El arroyo Langueyú se encuentra muy impactado por diversas actividades y obras, tal es el caso de las obras de regulación del Dique Del Fuerte, entubamiento de los arroyos Del Fuerte y Blanco en su tránsito por el ejido urbano, y por las diferentes cargas contaminantes que degradan sus aguas. Por tal motivo no presenta condiciones para ser considerado como fuente de agua para consumo humano ni para uso recreativo.

Luego atravesar los entubamientos, a partir de la Ruta Nacional N° 226 y con dirección N, el arroyo Langueyú recibe varias descargas en pocos metros de recorrido. El impacto mayor es debido a las descargas provenientes de la planta de tratamiento de OST, principalmente la primera y más antigua, relacionado a su funcionamiento y caudales erogados que contienen gran cantidad de materia orgánica. Por otro lado, gran parte de las actividades que vuelcan sus efluentes al arroyo corresponden a industriales alimenticias.

Las descargas identificadas en el recorrido junto a los resultados de las determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas permiten observar variaciones de las condiciones del cauce.

Las muestras fisicoquímicas, tomadas en puntos representativos en relación a los focos de contaminación, revelan un incremento de los parámetros estudiados a partir de la descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales más antigua, donde la

conductividad eléctrica, los cloruros y sulfatos duplican sus concentraciones. Asimismo, se produjo un incremento de igual magnitud de los cationes sodio y potasio. Los nitratos mostraron comportamientos disímiles.

De la evaluación de los análisis microbiológicos y de la materia orgánica a través de los parámetros de DBO₅ y DQO, se advierte el impacto de la descarga cloacal. El agua del arroyo presenta elevadísimas concentraciones de bacterias mesófilas y coliformes fecales, así como valores de DBO₅ y DQO en el orden de las exigencias de vertidos de efluentes líquidos.

Los ensayos ecotoxicológicos, determinan inhibición en el crecimiento de las raíces de los cebollines y una disminución en el porcentaje de sobrevivencia en peces en los puntos de descarga.

Dadas las características diagnosticadas del arroyo, es necesario hacer el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico superficial en los diferentes tramos, siendo de mucha importancia la toma de muestras del efluente de descarga de aquellas industrias que están realizando su vuelco al arroyo.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA – American Public Health Association. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. 21st Edition. Andrew D. Eaton, A.; Clesceri, L. Rice, E.; Greenberg, A.; Franson, M. (eds).
- Banda Noriega, R.; Ruiz de Galarreta, A.; Barranquero, R.; Díaz, A.; Miguel, E. y Rodríguez, C. I. 2008. Caracterización de cargas contaminantes generadas en Tandil y su implicancia en el recurso hídrico. En *II Congreso Internacional sobre gestión y tratamiento integral del agua*. CD Libro. p. 451- 463. Córdoba.
- Barranquero, R.; Miguel, E.; Ruiz de Galarreta, A. y Varni, M. 2008. Influencia de la explotación local del recurso hídrico subterráneo sobre la hidrodinámica regional en Tandil, Buenos Aires, Argentina. En *IX Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea*. ALHSUD. Volumen CD T-37. 8p. Quito.
- Cifuentes, M. 2012. *Algas cianofitas y aptitud recreativa del Lago del Fuerte (partido de Tandil)*. Tesis de Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental. FCH-UNICEN. Inédito.

-
- Dalla Salda, L. 1999. *Cratón del Río de la Plata. 1. Basamento granítico - metamórfico de Tandilia y Martín García*. Instituto de Geología y Recursos minerales. Geología Argentina. Anales 29 (4); 97-106. Buenos Aires.
 - Diaz Baez, M. C., Ronco, A. y Pica Granados, Y. 2008. *Ensayo de toxicidad aguda con bulbos de cebolla Allium cepa L mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces*. En: Ramirez Romero, P. y Mendoza Cantu, A. (comp). Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. p. 33-40. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología.
 - FCEc-SEPyD, Facultad de Ciencias Económicas-Secretaría de Promoción y Desarrollo, 1999. *Ventajas Competitivas y Oportunidades de Inversión; Tandil 1999/2000*. Año 0 - N° 0. Tandil.
 - INDEC. 2010. *Censo Nacional de Población y Vivienda*. Datos página web.
 - OPDS. 2009. *Informe inédito dirigido al municipio de Tandil*. Expediente: 2436-10771/08. OPDS, La Plata.
 - Ruiz de Galarreta, A. y Banda Noriega, R. 2005. Geohidrología y evaluación de nitratos del Partido de Tandil, Buenos Aires, Argentina. En *Actas del IV Congreso Argentino de Hidrogeología y II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea*. p. 99-108. Río Cuarto.
 - Ruiz de Galarreta, A., Varni, M., Banda Noriega, R., y Barranquero, R. 2007. Caracterización geohidrológica preliminar en la cuenca del arroyo Langueyú, Partido de Tandil, Buenos Aires. En *VI Congreso Argentino de Hidrogeología y III Seminario Hispano-Latinoamericano de Temas Actuales de la Hidrología Subterránea*. p. 119-128. Paraná.
 - Sprague, J. B. 1969. Measurement of pollutant toxicity to fish. I Bioassay methods for acute toxicity. *Water Research* 3: 793-821.
 - Sprague, J. B. 1970. Measurement of pollutant toxicity to fish. II Utilising and applying bioassay results. *Water Research* 4: 3-32.
 - Teruggi, M., Mauriño, V., Limousin, T. y Schauer, O. 1958. Geología de las Sierras de Tandil. *Rev. Asoc. Geol. Arg. Rev. Asoc. Geol. Arg.* XIII: 3:185-204. Buenos Aires.