



REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
OFICINA DE PLANEAMIENTO Y PRESUPUESTO
DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE DESARROLLO



Estudios Básicos
Noviembre 2004

ADENDA a la Evaluación Sanitaria de Cursos de Agua

Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA
TERCERA ETAPA SUBPROYECTO - B



FICHTNER

A S O C I A C I O N

LKS
lksur

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	TIPOS DE CONTAMINACIÓN	3
2.1	<i>LA CONTAMINACIÓN FÍSICA.....</i>	3
2.2	<i>LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA.....</i>	3
2.3	<i>LA CONTAMINACIÓN PATÓGENA.....</i>	3
2.4	<i>LA CONTAMINACIÓN TÓXICA</i>	3
2.5	<i>LA CONTAMINACIÓN EUTRÓFICA</i>	3
3	PARÁMETROS UTILIZADOS PARA MEDIR CONTAMINACIÓN.....	5
3.1	<i>PH.....</i>	5
3.2	<i>CONDUCTIVIDAD</i>	5
3.3	<i>TEMPERATURA.....</i>	5
3.4	<i>OXÍGENO DISUELTO (OD)</i>	5
3.5	<i>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)</i>	6
3.6	<i>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).....</i>	6
3.7	<i>NITRÓGENO AMONIACAL Y FÓSFORO TOTAL</i>	6
3.8	<i>COLIFORMES FECALES.....</i>	7
3.9	<i>SÓLIDOS TOTALES/SÓLIDOS SUSPENDIDOS</i>	7
3.10	<i>METALES</i>	7
4	LOS RESIDUOS SÓLIDOS COMO FUENTE DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA DE LOS CURSOS DE AGUA	9
4.1	<i>RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS PREEXISTENTES</i>	9
4.2	<i>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS INFORMES PREEXISTENTES</i>	10
4.2.1	<i>Hipótesis factibles para explicar la diferencia de cargas</i>	13
4.2.2	<i>Conclusiones</i>	14
5	MEDICIONES EFECTUADAS	15
5.1	<i>LISTADO DE MUESTRAS.....</i>	15
5.2	<i>PARÁMETROS MONITOREADOS.....</i>	16
5.3	<i>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDIDAS.....</i>	17
5.3.1	<i>Cuenca del Arroyo Pando.....</i>	21

5.3.2	Cuenca del Arroyo Carrasco	22
5.3.3	Cuenca del Arroyo Miguelete	23
5.3.4	Cuenca del Arroyo Colorado	24
6	COMENTARIOS FINALES	27
	<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>29</i>
	<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>29</i>

1 Introducción

En esta adenda al informe sobre evaluación de los cursos de agua del AMM se complementa el análisis en cuanto a la importancia de los residuos sólidos como fuente de contaminación de los cursos de agua.

En el citado informe se anunció que un análisis sobre contaminación orgánica y tóxica sería presentado en un documento adenda. A su vez la contraparte ha señalado, en reuniones llevadas a cabo durante la ejecución de los Estudios Básicos, que existen estudios previos que indicarían que el vertimiento de residuos sólidos constituye la principal causa de contaminación orgánica de los cursos de agua proveniente de fuentes no controladas. Por tales motivos este informe enfatiza en el análisis de la contaminación orgánica y tóxica de los cursos de agua por residuos sólidos.

El informe comienza con una descripción de los distintos tipos de contaminación y los principales parámetros habitualmente utilizados para medirla. Seguidamente se aborda el tema de contaminación orgánica producida por los residuos sólidos, analizando y discutiendo los informes preexistentes al respecto. Finalmente se presenta una serie limitada de determinaciones de parámetros de calidad de agua efectuadas con la intención de analizar la posibilidad de determinar en forma directa los aportes por residuos sólidos.

2 Tipos de contaminación

Existen distintos tipos de contaminación de un curso de agua; siendo los más usuales: contaminación física, estética, orgánica, patógena, tóxica y eutrófica.

2.1 La contaminación física

La contaminación física puede ser debida a la contaminación térmica, por vertido de efluentes a distinta temperatura. Las consecuencias pueden ser la disminución de la solubilidad de los gases disueltos en el cuerpo receptor al aumentar la temperatura y la afectación de la fauna local. Otra posible causa es la presencia de sólidos en el curso que afectan el color y la turbidez del mismo, disminuyendo la profundidad de penetración de la luz. Los parámetros utilizados para medir la contaminación física son: la temperatura, los sólidos disueltos y totales y la conductividad.

2.2 La contaminación orgánica

La contaminación orgánica se produce por el vertido de materia orgánica en el curso, provocando la desoxigenación del mismo, como consecuencia de la descomposición de la misma por oxidación. En el proceso de degradación se producen además sales minerales que provocan contaminación eutrófica. La oxidación de la materia orgánica provoca disminución del oxígeno disuelto y aumento en la concentración de sedimentos. Los parámetros utilizados para medir la contaminación orgánica son: la demanda bioquímica de oxígeno y el oxígeno disuelto.

2.3 La contaminación patógena

La contaminación patógena se produce principalmente como consecuencia de las descargas de saneamientos domésticos. Afecta el destino del agua para uso humano, dado que la presencia de gérmenes patógenos puede producir enfermedades. Los parámetros utilizados para medir la contaminación patógena son: coliformes fecales y coliformes totales.

2.4 La contaminación tóxica

La contaminación tóxica altera el equilibrio vital, afectando sea al hombre que al ecosistema. Es provocada por ejemplo por la presencia de metales pesados, por lo tanto el indicador será la concentración de metales. El amoníaco generado en los procesos de degradación orgánica, también es tóxico.

2.5 La contaminación eutrófica

La contaminación eutrófica es provocada por concentraciones elevadas de nutrientes tales como sales inorgánicas de nitrógeno y fósforo que producen un

aumento en la actividad de algas y otros vegetales fotosintéticos, que pueden provocar la obstrucción de filtros de potabilización por ejemplo. La actividad de fotosíntesis de las algas produce un aumento de oxígeno durante el día y un consumo también alto por la noche. A su vez dado que las plantas consumen el anhídrido carbónico como fuente de carbono, su disminución provoca un aumento del pH. Los indicadores de contaminación eutrófica son: nitrógeno amoniacal, fósforo total y pH.

3 Parámetros utilizados para medir contaminación

A continuación se presenta una breve descripción de los parámetros más utilizados para medir diferentes tipos de contaminación y que fueron además utilizados en marco de las determinaciones de calidad de agua realizadas en el estudio.

3.1 pH

El pH o la actividad del Ion hidrógeno indican a una temperatura dada, la intensidad de las características ácidas o básicas del agua. El pH se define como el logaritmo de la inversa de la actividad de los iones hidrógeno,

$$\text{pH} = - \log [\text{H}^+]$$

$[\text{H}^+]$ = actividad de los iones hidrógeno en mol/l.

El pH viene determinado por medidas potenciométricas usando un electrodo combinado o un electrodo estándar de hidrógeno de vidrio con un electrodo de referencia. La determinación se puede ver afectada por la presencia de turbidez, materia coloidal, oxidantes, reductores o alta salinidad, excepto para un error de sodio, que se da a pH mayores de 10. Este error se puede reducir usando un electrodo especial de bajo error de sodio.

3.2 Conductividad

Representa la capacidad de un medio líquido de conducir la corriente eléctrica y depende de las concentraciones iónicas presentes. Es una variable conservativa, por lo que su valor caracteriza aguas distintas pero no ofrece indicación sobre las cantidades relativas de los distintos componentes. Es un indicador indirecto del contenido de sales disueltas.

3.3 Temperatura

La temperatura del curso de agua es dependiente de la temperatura del aire, por lo que se relaciona a ciclos diarios y estacionales. Su valor condiciona la concentración de los gases disueltos en el agua.

3.4 Oxígeno Disuelto (OD)

Constituye un parámetro de importancia fundamental en lo referente a calidad de agua, ya que su concentración es consecuencia de las cargas orgánicas que el ambiente recibe y es determinante de la capacidad de un cuerpo de agua de mantener la vida acuática.

El OD ingresa al medio acuático principalmente por el intercambio gaseoso atmósfera/agua y es también producto de la actividad fotosintética de los organismos productores primarios. La disminución de su concentración se debe principalmente al consumo ocasionado por los procesos de biodegradación de la

materia orgánica que es llevada a cabo por microorganismos. Cuando la materia orgánica vertida a un curso de agua es mayor de la que éste puede soportar, entonces el oxígeno disuelto disminuye rápidamente ocasionando un mal funcionamiento del ecosistema con producción de olores, disminución de la diversidad de especies, etc.

Una adecuada provisión de oxígeno resulta esencial para el mantenimiento de los procesos naturales de autodepuración de los cuerpos de agua. La concentración mínima de oxígeno disuelto en agua tal que el ecosistema no se perjudique es de 5 mg/l.

3.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La DBO es una medida de la materia oxidable bioquímicamente y se explica como la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por descomposición microbiana aeróbica. Un aumento considerable de la carga orgánica introducida en un cuerpo de agua por una fuente puntual (doméstica o industrial) puede ocasionar una extinción completa del oxígeno con consecuencias negativas para la vida acuática, aparición de olores, etc.

El parámetro monitoreado es la DBO_5 que es una medida de la materia oxidable bioquímicamente en 5 días y a 20 °C.

3.6 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO se utiliza como una medida del oxígeno necesario para la oxidación de la materia orgánica por medio de un agente químico fuerte. En general los valores de DQO son mayores a los valores de DBO y sirven de referencia para estimaciones de ésta, además de requerir un tiempo mucho menor de análisis.

3.7 Nitrógeno amoniacal y Fósforo total

Son producto de la descomposición de la materia orgánica, sea esta en condiciones aerobias o anaerobias, aunque también pueden tener su origen en los detergentes sintéticos en el caso del fósforo o en las descargas de saneamiento doméstico en el caso del nitrógeno. Sus fuentes naturales son los minerales en el caso del fósforo y del escurrimiento de suelos en el caso del nitrógeno.

El nitrógeno y sobre todo el fósforo, son nutrientes que al estar disponibles en exceso, producen los efectos de la eutrofización que se manifiesta como crecimiento desmedido de vegetales, ya sea algas o macrofitas (plantas grandes como los camalotes). El crecimiento de algas provoca un aporte desmedido de oxígeno durante el día (por fotosíntesis) y un consumo de oxígeno también alto por la noche. A su vez, dado que las plantas utilizan el anhídrido carbónico (CO_2) como fuente de carbono, su consumo implica un ascenso en el pH.

3.8 Coliformes fecales

Uno de los mayores riesgos sanitarios existentes lo constituye la transmisión de enfermedades contagiosas relacionadas con el medio hídrico. Las bacterias del grupo coliforme son consideradas como los principales indicadores de contaminación fecal y por ende son utilizados como referencia de la posibilidad de existencia de organismos patógenos, aunque no es el único indicador.

La contaminación patógena tiene un origen esencialmente cloacal, aunque algunas industriales pueden llegar a ser fuentes de ésta. En general la presencia de altos índices de coliformes fecales en un curso, estaría denunciando la presencia de vertidos domésticos en él.

3.9 Sólidos totales/sólidos suspendidos

Las partículas en suspensión afectan la claridad del agua y la penetración de la luz. Están compuestos principalmente por material proveniente de la erosión de la tierra, arcillas, limos, arena, materia orgánica e inorgánica producto de las diferentes actividades antrópicas. Desde el punto de vista ambiental, se relacionan con los procesos de absorción y adsorción en sus partículas de sustancias tóxicas y nutrientes. La distinción entre el material en suspensión y el material disuelto se realiza por medio de un proceso de filtrado utilizando para ello filtros estándares de 0.45 micras.

3.10 Metales

Los metales traza son considerados, desde el punto de vista ambiental, como uno de los grupos de compuestos de mayor interés debido a su potencial toxicidad, bioacumulación y peligrosidad para la salud humana (en casos extremos). La presencia de metales en el medio ambiente responde tanto a fuentes naturales como artificiales. Las actividades humanas pueden aumentar los niveles naturales a niveles superiores, que representen un peligro por sí mismas o por su potencial bioacumulador.

La contaminación tóxica por concentraciones considerables de metales produce alteraciones en el equilibrio vital. La toxicidad puede ser aguda, crónica o subcrónica según la sustancia, la dosis y los tiempos de exposición. Los efectos pueden ser el envenenamiento, efectos cancerígenos o de mutación.

4 Los residuos sólidos como fuente de contaminación orgánica de los cursos de agua

La contraparte ha señalado, en reuniones llevadas a cabo durante la ejecución de los Estudios Básicos, que existen estudios previos que indicarían que el vertimiento de residuos sólidos constituye la principal causa de contaminación orgánica de los cursos de agua proveniente de fuentes no controladas. En esta materia, el estudio de referencia es el Informe Semestral Enero-Junio 1999 realizado por la empresa SEINCO, donde se resumen los resultados del Programa de Monitoreo, tanto en aspectos de contaminación de origen industrial, como de calidad de agua de los cuerpos receptores.

Con el objeto de facilitar la discusión sobre la importancia de los residuos sólidos en la generación de carga orgánica, a continuación se resumen los elementos principales presentados en el referido estudio de SEINCO 1999.

4.1 Resultados de los estudios preexistentes

En el citado estudio de SEINCO 1999 se efectúa una estimación de cargas de DBO generadas por residuos sólidos tomando como área de análisis la cuenca del arroyo Miguelete, con cierre a la altura de Coraceros.

A partir de campañas de muestreo efectuadas entre enero-junio 1999 se calculó un caudal medio del semestre de 2.7 m³/s y una concentración media de DBO de 160 mg/l, resultando en una carga orgánica para el arroyo Miguelete de 35.500 Kg DBO/día.

En base a información suministrada por las industrias y a los resultados de las campañas de muestreo industrial correspondientes al primer semestre de 1999 se estimó que la carga orgánica de origen industrial es de 4600 Kg DBO/día.

Con el objeto de cuantificar de alguna forma el impacto de los aportes domésticos, se cuantificó la carga aportada por el sistema de saneamiento doméstico considerando una población servida en el área de estudio de 200.000 hab., y una carga orgánica estimada en 10.000 Kg DBO/día.

De esta forma se tiene que el aporte conjunto de ambas fuentes (industrial + doméstico) es de aproximadamente 14.600 Kg DBO/día, el cual es significativamente inferior a la carga orgánica total estimada en 35.500 Kg DBO/día. Esta diferencia de 20.900 Kg DBO/día es asignada a fuentes no controladas, y como primera hipótesis, se analizó los aportes de DBO provenientes de residuos sólidos.

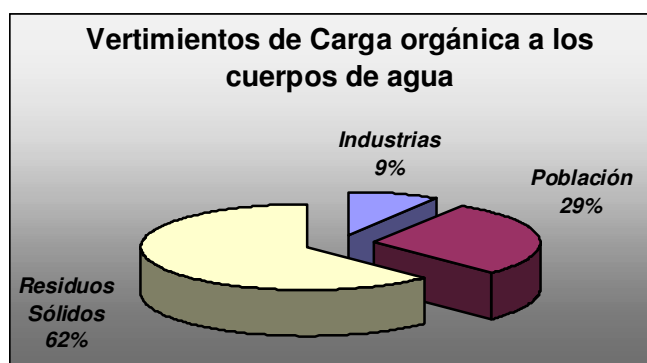
Para el arroyo Miguelete se calculó la carga orgánica proveniente de los residuos sólidos recolectados informalmente, considerando que la colecta informal en el área es de 54.000 Kg/día que corresponde a aproximadamente 21.600 Kg DBO/día, para lo cual se consideró que el 40% en peso de los residuos sólidos es biodegradable.

En consecuencia, en el informe de SEINCO 1999 se concluye que la carga orgánica proveniente de residuos sólidos es del mismo orden que la carga de 20.900 Kg DBO/día proveniente de fuentes no controladas. Asimismo se estaría

confirmando que el vertimiento de residuos sólidos constituye la principal causa de contaminación en los cursos de agua proveniente de fuentes no controladas.

Por otra parte en el Capítulo V “Recursos Hídricos” del Informe Ambiental 2003, elaborado por la IMM, se presenta la distribución de carga orgánica aportada a los cursos de agua originada por residuos sólidos y aguas residuales industriales y domésticas. La figura 1.1, tomada del citado estudio, indica que el 62% de la carga orgánica está generada por residuos sólidos, el 9% es de origen industrial y el 29% corresponde a aguas residuales domésticas.

Figura 4-1: Origen de la carga orgánica aportada a los cursos de agua¹.



Bases de cálculo:

- Carga orgánica industrial total (cursos de agua, colector, infiltración).
- Población total de Montevideo: Censo 1996.
- Estimado 120 ton DBO5/día de residuos sólidos a los cursos de agua (directo e indirecto).

Como se aprecia claramente en la figura anterior y de acuerdo al informe de referencia, los aportes de carga orgánica derivados de residuos sólidos provenientes de fuentes no controladas, superan la suma de aportes de aguas residuales industriales y domésticas, por lo que los residuos sólidos continuarían representando la mayor fuente de contaminación orgánica a los cursos de agua. Debe destacarse, sin embargo, que dicho aporte ha disminuido de 200 a 120 ton por día en el período 2002-2003 (IMM 2003).

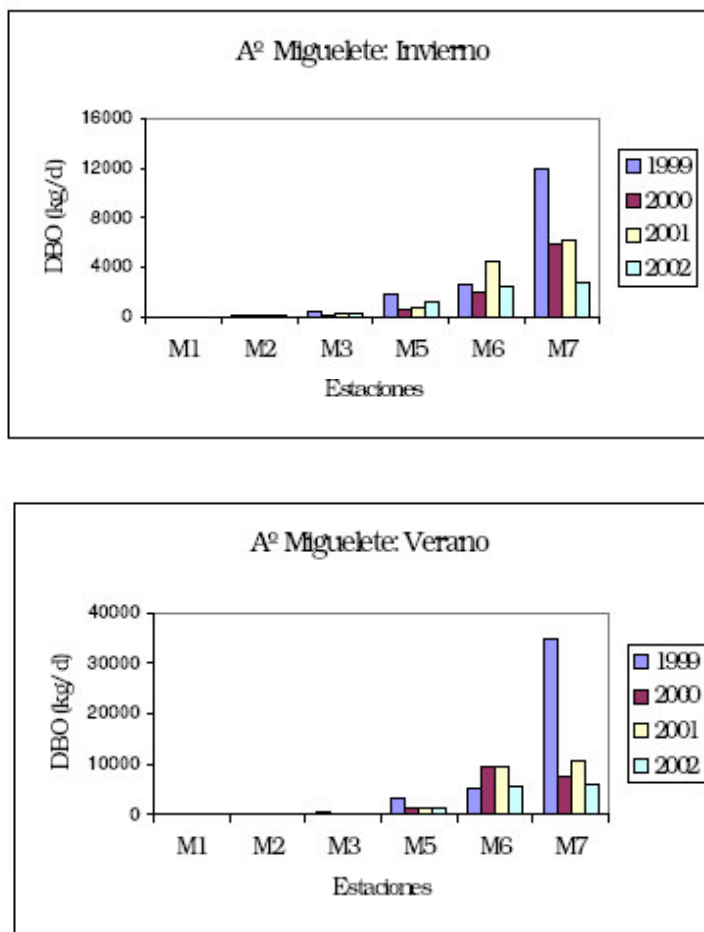
4.2 Análisis y discusión de los informes preexistentes

En el estudio efectuado por SEINCO, si bien las estimaciones de carga orgánica total e industrial son valores objetivos que derivan de estimaciones directas, las mismas no coinciden con estimaciones provenientes de otras fuentes.

¹ Fuente: Unidad de Efluentes Industriales, Departamento de Desarrollo Ambiental, IMM. Informe Ambiental 2003, Cap. V, IMM (2003).

En efecto, en el Programa de Monitoreo de cuerpos de agua; Informe Final 2002², desarrollado por la IMM, se presenta información complementaria de cargas correspondientes a los años 1999-2002, las cuales se reproducen en las figuras siguientes.

Figura 4-2: Carga orgánica en el Arroyo Miguelete.



Se observa que mientras en el período de verano del año 1999 los valores de cargas orgánicas en el punto M7 (correspondiente a la cuenca del arroyo Miguelete en Coraceros) son del orden de 35.000 Kg DBO/día, coincidente con la información presentada por SEINCO para ese primer semestre, para el período de invierno estas cargas son significativamente menores (del orden de 12.000 Kg DBO/día), con lo cual el promedio anual sería del orden de 23.399 Kg DBO/día, valor significativamente inferior al considerado por SEINCO.

² Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua, Informe Final 2002, IMM, Q.F. Raquel Piaggio, In. Quím. Martín Arriola, 2002.

Por otra parte en otro informe sobre la cuenca del arroyo Miguelete³, elaborado por la IMM con datos del año 1999, se presentan estimaciones de cargas orgánicas de origen industrial para toda la cuenca. En ese último informe las estimaciones de cargas de DBO de origen industrial son de 6415 Kg DBO/día, valor ligeramente superior al estimado por SEINCO. La tabla siguiente justamente ilustra a este respecto.

Tabla 4-1: Caudales y cargas contaminantes vertidas al Arroyo Miguelete, 1999.

	NUMERO DE INDUSTRIAS*	CAUDAL (m ³ /día)	D.B.O. (Kg/día)	D.Q.O. (Kg/día)	GRASAS Y ACEITES (Kg/día)	AMONIO (Kg/día)	HAB. EQ.
CURTIEMBRES	10	832	1.158	2.755	266	123	23.160
LAV. DE LANA	4	829	3.575	13.344	3.019	115	71.500
TEXTILES	7	1.469	230	991	96	6	4.600
QUIMICAS	4	51	170	482	36	1	3.400
CHACINERIAS	6	391	644	1.015	150	15	12.880
MATADEROS	3	1.369	204	532	61	190	4.080
PAPELERAS	1	45	13	28	0	0	260
ALIMENTICIAS	5	290	208	952	6	3	4.160
LAV. DE ROPA Y BOTELLAS	5	1.246	203	425	1	0	4.060
METALURG. Y GALV.	4	42	11	45	1	0	220
TOTALES	49	6.564	6.415	20.569	3.636	453	128.320

* Se excluyen aquellas que no presentan vertimiento o que se encontraban cerradas en el período considerado.
 Fuente: IMM. Cursos de agua de Montevideo. Cuenca arroyo Miguelete. Raffaele, Méndez, Nogueira y otros, 1999.

Asimismo se destaca que a estos valores de carga orgánica se deben adicionar los de las industrias relevantes de la sub-cuenca Chacarita, cuyos efluentes eran trasvasados en ese entonces por medio de la estación de bombeo Chacarita a la cuenca del Arroyo Miguelete. En la tabla siguiente se presentan los promedios por ramo, considerando los aportes directos a curso y los aportes más significativos de la sub-cuenca Chacarita. Del cuadro se observa que el aporte en carga orgánica de las industrias ubicadas en la Sub-cuenca Chacarita corresponde a 1748 Kg DBO/año.

³ Cursos de agua de Montevideo – Cuenca del arroyo Miguelete - Año 1999. Alicia Raffaele, Hernán Méndez, Daniel Nogueira, y otros; IMM.

Tabla 4-2: Caudal y cargas contaminantes aportadas por las industrias de la sub-cuenca Chacarita (cuenca del Arroyo Carrasco).

	NUMERO DE INDUSTRIA S*	CAUDAL (m ³ /día)	D.B.O. (Kg/día)	D.Q.O. (Kg/día)	GRASAS Y ACEITES (Kg/día)	AMONIO (Kg/día)	HAB. EQ.
CURTIEMBRES	4	192	144	334	20	23	2.880
LAV. DE LANA	1	349	1.604	7.151	1.529	35	32.080
SUB-TOTAL	5	541	1.748	7.485	1.549	58	34.960

* Se excluyen aquellas que no presentaban vertimiento o que se encontraban cerradas en el período considerado. Fuente: IMM. Cursos de agua de Montevideo. Cuenca arroyo Miguelete. Raffaele, Méndez, Nogueira y otros, 1999.

De esta forma se tiene que al año 1999 existía un aporte total de carga orgánica estimado en 23.399 Kg DBO/día, un aporte de carga orgánica de origen industrial de 6415 Kg DBO/día y un aporte de la Chacarita de 1748 Kg DBO/día, este último no considerado en su momento por SEINCO.

La diferencia entre valores de carga orgánica del arroyo y de carga aportada por fuentes puntuales es de 15.236 Kg DBO/día, valor que resulta ser significativamente inferior al estimado originalmente por SEINCO (30.900 Kg DBO/día). Esta diferencia de carga orgánica debe ser explicada por otros orígenes, entre los cuales se encuentra el aporte doméstico a través del sistema de saneamiento y el aporte de los residuos sólidos al cuerpo de agua.

4.2.1 Hipótesis factibles para explicar la diferencia de cargas

a.- Aportes de origen doméstico a través del sistema de saneamiento:

Una hipótesis extrema sería considerar que esa diferencia de carga orgánica es exclusivamente debida al aporte del sistema de saneamiento.

En efecto a partir del valor diferencia de carga orgánica de 15.236 Kg DBO/día es posible calcular una población equivalente en vertimiento de efluentes domésticos, la cual resulta ser de 304.720 habitantes. Teniendo en cuenta la población estimada que afecta actualmente la unidad funcional Miguelete (336.000 habitantes) se desprende que la diferencia de carga orgánica podría ser explicada totalmente por los aportes de origen doméstico, si se asumiera que el sistema de saneamiento vierte completamente al cuerpo de agua.

b.- Aporte de residuos sólidos:

Otra hipótesis extrema sería considerar que toda la diferencia de carga orgánica se debe a aportes generados por los residuos sólidos presentes en el curso de agua.

Asumiendo que un 55% de los residuos sólidos son materia orgánica biodegradable, la carga de 15.236 Kg DBO/día equivale a 27.701 Kg/día de residuos vertidos al arroyo Miguelete.

De acuerdo a los Estudios Básicos del PDRS (tomo II) en la zona de Montevideo existe una cantidad próxima a los de 90.000 Kg/día de residuos sólidos sin destino final conocido, entre los que se incluye la quema de basura, el vertido a los cursos de agua, etc. Esto significaría que un 31% del total de residuos

sólidos de Montevideo sin destino final conocido tendría efectivamente como destino final el vertido al curso de agua del arroyo Miguelete.

c.- Aportes domiciliarios y de residuos sólidos:

Por último una tercera hipótesis, intermedia entre las anteriores, es asumir que la diferencia de carga orgánica se explica por ambos tipos de aportes (saneamiento y residuos sólidos).

Siguiendo la metodología propuesta en el trabajo de SEINCO, se puede asumir que una población de 200.000 habitantes aportaban en 1999 al curso de agua a través del sistema de saneamiento el equivalente a una carga de 10.000 Kg DBO/día. La diferencia de 5.236 Kg DBO/día se explicaría por el vertido de residuos sólidos, lo cual equivale a 9.520 Kg/día de basura, esto es aproximadamente un 10% del total de residuos sólidos de Montevideo sin destino final conocido.

En esta hipótesis c.-, el aporte de residuos sólidos medido en DBO representaría un 22% de la carga total de DBO del arroyo Miguelete, valor significativamente inferior al estimado por SEINCO (que fue del 60%).

Si bien no hay elementos objetivos para inclinarse por alguna de las tres hipótesis, evidentemente una situación que contemple aportes domésticos y de residuos sólidos sería la de mayor probabilidad. En este caso, en la hipótesis c.-, los aportes de materia orgánica a través de los residuos sólidos en 1999 serían ligeramente inferiores a los aportes de origen industrial, lo cual no obstante marca su importancia.

4.2.2 Conclusiones

El análisis de los informes preexistentes respecto del aporte de residuos sólidos a la contaminación orgánica de los cursos de agua permite extraer las siguientes conclusiones:

- La información disponible no permite determinar en forma concluyente los valores de carga orgánica del Arroyo Miguelete y de otros cursos de agua.
- La indeterminación es importante y en algunos casos contradictoria. Por ejemplo, en el Informe de Evaluación de la Contaminación de Origen Industrial, SEINCO 2000, se concluye que para el caso del Arroyo Pantanoso el nivel de contaminación orgánica se debe principalmente a los vertimientos industriales y domésticos al arroyo, no siendo significativo el aporte de fuentes no controladas (residuos sólidos). Si bien se concuerda que la cantidad de residuos sólidos presentes en el Arroyo Pantanoso es significativamente inferior a la del Miguelete, difícilmente se pueda concluir que en un caso sea la principal fuente de aporte de DBO y en el otro no tenga significación.
- Se entiende que el aporte de materia orgánica a través de los residuos sólidos vertidos en los cursos de agua, es significativo en relación a la contaminación del cuerpo de agua por DBO, aunque significativamente inferior a estimaciones previas realizados en el estudio de SEINCO (Informes semestrales 1999 y 2000).

5 Mediciones efectuadas

En esta fase del estudio se efectuaron un número limitado de análisis de muestras de agua de los cursos de agua del AMM, con el objetivo de analizar la posibilidad de cuantificar en forma directa los aportes por residuos sólidos a la contaminación orgánica y tóxica de los mismos. Para ello se realizaron determinaciones físico-químicas de muestras de agua tomadas Aguas Arriba y aguas abajo de tramos muy afectados por la presencia de residuos dentro del curso o por la descarga de lixiviados de los SDF.

A fin de poder cuantificar de mejor manera la afectación por residuos sólidos se seleccionaron cursos de agua de pequeño y mediano porte, donde la cantidad de residuos dentro del curso de agua en términos relativos al caudal circulante sea mayor. La elección del lugar de toma de muestras en los distintos cursos de agua se realizó en base a la ubicación de los Sitios de Disposición Final (SDF) y de sitios donde existe significativa acumulación de residuos dentro del curso de agua por vertidos de la actividad de clasificación (informal) que se realiza sobre sus márgenes.

5.1 Listado de muestras

A continuación se detallan las estaciones de muestreo y la identificación de las muestras que fueron tomadas el día 10 de junio de 2004.

Muestras relativas al SDF Cañada Grande (cuenca del arroyo Pando):

- Punto 1: Sobre la Cañada Grande en el cruce con camino vecinal al SDF
- Punto 2: Lixiviado a la salida de la 1er laguna
- Punto 3: Lixiviado a la salida de la 4ta laguna (última)
- Punto 4: Sobre la Cañada Grande a la salida (noreste) de Empalme Olmos

Muestras relativas a la acumulación de residuos en la Cañada Chacarita (cuenca del arroyo Carrasco):

- Punto 5: Sobre la Cañada Chacarita, en el cruce con la calle Géminis (aguas abajo del asentamiento que por allí finaliza)
- Punto 6: Sobre la Cañada Chacarita, en el cruce con Camino Maldonado (Aguas Arriba del asentamiento que por allí comienza)

Muestras relativas al SDF Felipe Cardoso (cuenca del arroyo Carrasco):

- Punto 7: En la Cañada Canteras Aguas Arriba de la descarga de lixiviado (puente sobre Felipe Cardoso)
- Punto 8: En la Cañada Canteras aguas abajo de la descarga de lixiviado (sobre camino Oncativo)

Muestras relativas a la acumulación de residuos en la Cañada Casavalle (cuenca del arroyo Miguelete):

- Punto 9: Sobre la Cañada Casavalle y Avda. San Martín (aguas abajo del asentamiento que por allí finaliza)

- Punto 10: Sobre la Cañada Casavalle en el cruce de las calles Juan Acosta y Gilberto Bellini (Aguas Arriba del asentamiento que por allí comienza)

Muestras relativas al SDF Cantera Marita (Cuenca del Arroyo Colorado):

- Punto 11: En el canal de salida del lixiviado del SDF Cantera Marita
- Punto 12: En la Cañada San Isidro Aguas Arriba de la descarga de lixiviado y aguas abajo de la descarga de excelencias de OSE (justo antes de la 2da represa)
- Punto 13: En la Cañada San Isidro aguas abajo de la salida del lixiviado y además de la descarga de agua tratada de OSE (al menos 30 m)

Muestras relativas a la acumulación de residuos en el arroyo Las Piedras (cuenca del arroyo Colorado):

- Punto 14: Sobre la calle Paso de los Toros (Aguas Arriba del asentamiento que por allí comienza)
- Punto 15: Sobre la calle Florida (aguas abajo del asentamiento que por allí finaliza)

5.2 Parámetros monitoreados

Para cada punto se procedió “in situ” a la determinación de un conjunto de parámetros de campo y posteriormente al traslado de las muestras extraídas al laboratorio donde se completó la determinación de parámetros físicos, bacteriológicos, metales y nutrientes.

Por cada punto relevado se determinaron los siguientes parámetros:

Parámetros de campo medidos “in situ”

- pH
- Conductividad
- Temperatura
- Oxígeno disuelto

Parámetros determinados en laboratorio

- pH
- DBO
- DQO
- Nitrógeno amoniacal
- Fósforo total
- Sólidos totales
- Sólidos totales volátiles
- Sólidos suspendidos totales

- Sólidos suspendidos volátiles
- Zinc
- Cromo
- Plomo
- Mercurio
- Coliformes totales
- Coliformes fecales

Los análisis fueron realizados por el Laboratorio de Química Ambiental Ecotech, según la metodología de análisis recomendada por "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 th edition, 1998, según el detalle de la Tabla 2.

Tabla 5-1: Método de análisis de aguas de arroyos.

Ensayo	Método
DBO	5210-B
DQO	5220-D
Nitrógeno amoniacal	4500NH3 F
Fósforo total	4500-C
Sólidos totales	2540-B
Sólidos volátiles	2540-E
Sólidos suspendidos totales	2540-D
Sólidos suspendidos volátiles	2540-E
Zinc	3111-C
Cromo	3111-C
Plomo	3111-C
Mercurio	3111-C
Coliformes fecales	9222-D
Coliformes totales	9222-D

5.3 Análisis de los resultados de las medidas

Es importante destacar que la composición de los cursos de agua es estacional, por lo que resultaría relevante un estudio que tome en cuenta este hecho para poder analizar mejor su evolución. En el presente trabajo se realizó una sola toma de muestras por cada punto de muestreo, con las consecuentes probabilidades de error que esto significa.

Asimismo el bajo caudal circulante en los cursos relevados dificulta significativamente la extracción de las muestras y obscurece la representatividad que las mismas pueden tener con respecto a la real calidad de agua del curso.

Por lo antes expuesto el grado de confiabilidad de las muestras extraídas debe ser adecuadamente ponderado al momento de extraer conclusiones generales de las mismas. En las tablas 3 y 4, que a continuación se exponen, se muestran los resultados medidos “in situ” y los medidos en laboratorio respectivamente.

Tabla 5-2: Parámetros determinados en campo

Pto	Hora	OD (mg/l)	Conductividad (ver medida)	Temperatura (°C)	PH	Observaciones
1	8:35	4,16	991 μ s	14,3	7,94	agua clara
2	9:35	0,23	13,2 ms	13,6	8,38	agua muy oscura con barro
3	9:17	0,90	3,62ms	13,2	7,98	agua muy oscura
4	10:20	3,49	77,5 μ s	13,2	6,94	agua amarillo pálido con vegetación
5	11:25	2,32	783 μ s	16,1	7,42	agua amarillo pálido con basura
6	11:00	2,20	9,20 μ s	16,7	7,24	agua clara
7	11:55	1,73	0,02 μ s	16,4	7,44	agua oscura, perros muertos
8	12:15	2,63	0,02 μ s	15,3	8,08	agua oscura
9	16:25	3,46	701 μ s	15,8	7,74	agua amarillo oscuro
10	16:40	2,90	824 μ s	15,4	7,58	agua amarilla
11	14:10	0,80	15,01 ms	16,1	8,24	agua muy oscura
12	13:45	3,12	898 μ s	14,9	7,43	agua oscura
13	13:55	2,74	1194 μ s	14,6	7,53	agua oscura
14	15:00	4,17	0,02 μ s	15,4	7,55	agua clara
15	15:10	4,87	788 μ s	14,4	7,57	agua clara

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA
 PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SOLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Estudios Básicos
 Adenda a la Evaluación Sanitaria de Cursos de Agua en el AMM

Tabla 5-3: Parámetros medidos en laboratorio.

Punto de muestreo	pH	DBO mg/l	DQO mg/l	Amonio mg/l	Fosforo T. mg/l	ST mg/l	STV mg/l	SST mg/l	SSV mg/l	Zn mg/l	Cr mg/l	Pb mg/l	Hg mg/l	CT u.f.c./100ml	CF u.f.c./100ml
1	7,85	15	9	0.1	1.2	525	180	12	10	0,08	<0,05	<0.005	<0.0005	400	240
2	8,35	300	3568	0.1	1.3	9600	3540	560	260	1,43	1,01	1.26	<0.0005	2.8x10 ⁵	5.7x10 ³
3	7,35	642	1788	2.1	1.3	3500	1880	260	180	0,27	0,28	<0.005	0.0078	4.1x10 ⁵	6.1x10 ⁴
4	7,55	14	19	0.1	1.4	530	200	13	10	<0,05	0,10	<0.005	<0.0005	140	80
5	7,30	9	44	0.4	1.5	515	140	10	8	<0,05	0,12	<0.005	<0.0005	5.3x10 ⁶	3.4x10 ⁵
6	7,40	36	77	0.5	1.0	680	220	68	44	0,08	0,35	<0.005	<0.0005	5.1x10 ⁴	1.2x10 ⁴
7	7,43	11	75	0.4	1.5	1241	327	20	15	<0,05	0,15	<0.005	<0.0005	2.0x10 ⁵	8.3x10 ⁴
8	7,75	25	197	0.1	1.8	1345	445	36	26	<0,05	0,18	<0.005	<0.0005	6.2x10 ⁵	1.5x10 ⁵
9	7,20	18	44	0.1	<0.5	915	625	14	6	0,39	0,13	0.026	<0.0005	4.3x10 ⁵	1.8x10 ⁴
10	7,15	33	57	<0.1	<1.5	1025	815	28	22	0,1	0,12	<0.05	<0.0005	2.6x10 ⁶	4.0x10 ⁴
11	8,00	494	4073	0.2	4.5	10650	4200	350	220	0,52	1,42	0.150	0.0141	7.7x10 ⁵	1.9x10 ⁵
12	6,95	76	195	0.5	3.0	1040	660	48	44	<0,05	0,10	<0.005	0.001	5.2x10 ⁶	1.5x10 ⁵
13	6,85	187	264	0.1	5.0	1707	1293	136	128	0,18	0,13	<0.005	<0.0005	2.8x10 ⁷	7.4x10 ⁶
14	7,85	10	19	0.1	<0.5	985	580	12	8	<0,05	<0,05	<0.005	<0.0005	1.0x10 ⁴	4.4x10 ³
15	7,75	8	29	0.1	<0.5	940	732	13	4	<0,05	0,11	<0.005	<0.0005	4.9x10 ⁴	2.4x10 ⁴

El análisis de los resultados se realiza agrupando los puntos de muestreo según la cuenca a la cual pertenecen, presentando previamente una breve descripción de la zona.

5.3.1 Cuenca del Arroyo Pando

La Cañada Grande escurre por zonas rurales y suburbanas y vierte su cauce en el A^o Pando luego de atravesar la localidad de Empalme Olmos. Próxima a la cañada se encuentra el SDF Cañada Grande II, el cual vierte sus lixiviados previo pasaje por unas pequeñas lagunas en la cañada. De acuerdo al relevamiento visual efectuado, el grado de contaminación por residuos sólidos en la zona es muy bajo.

El SDF Cañada Grande II recibe residuos urbanos de la zona y no recibe residuos industriales salvo que DINAMA certifique expresamente que éstos son asimilables a urbanos.

El lixiviado del SDF escurre sobre la base del vertedero y como se ha dicho es recogido en una serie de pequeños tajamares con el objetivo de amortiguar, mediante un tratamiento biológico, el impacto de este lixiviado sobre el ambiente.

Los puntos de muestreo corresponden, según lo expuesto anteriormente a:

Punto 1: Ubicado sobre la Cañada Grande en el cruce con el camino vecinal al SDF Cañada Grande. Este punto se encuentra Aguas Arriba del vertido del lixiviado del SDF en la cañada.

Punto 2: En el efluente de salida de la primera laguna.

Punto 3: En el efluente de salida de la cuarta y última laguna.

Punto 4: Sobre la Cañada Grande a la salida de Empalme Olmos por noreste.

Analizando las características de los efluentes en los Puntos 2 y 3 se observa que el OD está por debajo de 1,0 mg/l, lo que es coherente con los altos valores de carga orgánica (DBO) encontrados. El lixiviado tiene altos valores de sólidos disueltos, concentraciones elevadas de CF y además se constata presencia de metales pesados (Zn, Cr, Pb y Hg). Todo esto indica que los afluentes de las lagunas presentan una carga orgánica y toxicidad elevados y que en el momento de la toma de muestras no se cumplen los requisitos de desagües directos a cursos de agua.⁴

De los resultados obtenidos no es posible observar una mejora en la calidad del agua al ser tratada biológicamente a través de las lagunas, aunque serían necesarios más muestreos para poder obtener conclusiones más firmes al respecto.

⁴ Un conjunto de tres determinaciones realizadas en el verano de 2003 por la IMC al desagüe de laguna del lixiviado del SDF Cañada Grande dio como resultado similares valores en cuanto a pH y a concentración de coliformes fecales, similares y algo mayores en cuanto a OD y sustancialmente inferiores en cuanto a DBO. En el informe que recoge esos resultados se concluye que el efluente del SDF cumple con los parámetros requeridos para descarga directa en un curso de agua.

Comparando los resultados de los distintos puntos se puede concluir que si bien los efluentes del SDF aportan una carga orgánica significativa, la Cañada Grande tiene buena capacidad de auto depuración para la carga que se está vertiendo.

5.3.2 Cuenca del Arroyo Carrasco

En la cuenca del A^o Carrasco las zonas evaluadas corresponden a la Cañada Chacarita y a la Cañada de las Canteras.

La Cañada Chacarita es un afluente del A. Manga que a su vez desemboca en el A^o Carrasco. Esta cañada atraviesa numerosos asentamientos ubicados sobre rellenos en sus márgenes y además mediante el relevamiento visual se pudo constatar una gran cantidad de residuos sólidos a lo largo de todo su recorrido.

Los puntos de muestreo corresponden, según lo expuesto anteriormente a:

Punto 5: En la Cañada Chacarita sobre la calle Géminis, aguas abajo del asentamiento que por allí finaliza.

Punto 6: En la Cañada Chacarita sobre Camino Maldonado, Aguas Arriba de los asentamientos.

Del análisis de los resultados se observa que la carga orgánica DBO es elevada en ambos puntos y el OD es bajo, lo cual indica calidad del agua deficiente. Se detecta presencia de cromo en las muestras, lo cual da indicios del vertido de efluentes industriales (curtiembres).

Un aspecto significativo a remarcar es que la comparación de los valores en los puntos 5 y 6 resulta en datos contrarios a lo esperado (mayor deterioro del curso Aguas Arriba que aguas abajo), lo que muestra el intrínseco grado de indeterminación en la medida efectuada.

La contaminación patógena es también elevada a juzgar por los altos valores de coliformes medidos. Esto se debe muy posiblemente al vertido directo de aguas cloacales en el curso, dado que la cañada recibe las aguas servidas de los asentamientos linderos al curso.

La carga orgánica derivada de los residuos sólidos vertidos al curso sería una de las causas de los valores de contaminación medidos, aunque no la única. De estos resultados se puede concluir que los asentamientos inmediatos a la Cañada Chacarita provocan altos niveles de contaminación orgánica debido al vertido de residuos de saneamiento directamente en el curso. Además de otros aportes, la descarga industrial de la zona también puede contribuir de modo significativo a la alta carga orgánica encontrada.

Por lo antes expuesto en este caso no resulta posible determinar la incidencia directa de residuos sólidos en la carga orgánica y tóxica medida en el curso de agua.

La Cañada Canteras es también un afluente del A^o Manga que desemboca posteriormente en el A^o Carrasco. En su recorrido atraviesa el SDF Felipe Cardoso, recibiendo el aporte del lixiviado del mismo.

El SDF Felipe Cardoso, que recibe tanto residuos urbanos como industriales, se divide en las Usinas 6, 7 y 8, actualmente activas. En la Usina 8 existe un

colector del lixiviado, pero las Usinas 6 y 7 vierten el lixiviado directamente en la Cañada de las Canteras.

La cañada además atraviesa asentamientos donde se realiza actividad de clasificación de basura directamente sobre el curso, sobre todo en las inmediaciones del SDF. El relevamiento visual del curso de agua en la zona constató la presencia de grandes cantidades de residuos dentro del curso.

Los puntos de muestreo corresponden, según lo expuesto anteriormente a:

Punto 7: En la Cañada Canteras y Felipe Cardoso, Aguas Arriba de la descarga del lixiviado en el curso.

Punto 8: En la Cañada Canteras sobre Camino Oncativo, aguas abajo de la descarga del lixiviado.

Al analizar los resultados se observa un aumento de la carga orgánica DBO aguas abajo de la descarga del lixiviado. También se observa aumento de los sólidos disueltos aguas abajo y aumento del pH, lo que se podría suponer es consecuencia de la actividad de crecimiento de algas. Esto explicaría además porque el OD aguas abajo de la descarga de lixiviado es levemente superior al OD Aguas Arriba.

Se constata asimismo un aumento en la concentración de Cr que sería proveniente del lixiviado, dado que el SDF recibe residuos industriales, aunque hay que tener presente que en la cuenca se asientan curtiembres que son fuente potencial de Cr en los cursos.

Adicionalmente se constata la presencia de contaminación patógena, dada por las concentraciones de coliformes que aumentan hacia aguas abajo.

Como conclusión, en primera instancia se puede decir que el aporte del lixiviado del SDF Felipe Cardoso a la Cañada Canteras contribuye apreciablemente a la contaminación orgánica y tóxica del curso de agua.

5.3.3 Cuenca del Arroyo Miguelete

En esta cuenta se relevaron muestras sobre la Cañada Casavalle, ubicada en una zona urbana de Montevideo. Dicha cañada se encuentra en algunos tramos entubada y en otros a cielo abierto, atravesando diversos asentamientos. Mediante el relevamiento visual se constató una muy alta presencia de residuos sólidos dentro de la cañada.

Los puntos de muestreo son los siguientes:

Punto 9: En la Cañada Casavalle, sobre la Avda. San Martín, aguas abajo del asentamiento que allí inicia.

Punto 10: En la Cañada Casavalle, sobre el cruce de las calles J. Acosta y G. Bellini, Aguas Arriba del asentamiento que inicia a esa altura.

Analizando los resultados se observa que la DBO aumenta Aguas Arriba, mientras que el OD disminuye.

Dentro de los metales pesados el Zn aumenta considerablemente aguas abajo, así como también el Cr. Estas concentraciones de metales se justifican por la

presencia de numerosas industrias como curtiembres, metalúrgicas, etc., cuyos efluentes podrían acceder al curso de agua.

Es importante destacar que el canal Casavalle colecta las aguas pluviales de la zona. Actualmente el canal recibe tanto las aguas domiciliarias como los efluentes industriales de una vasta zona que entre otras actividades se dedica a la cría de cerdos. Esto explicaría los altos valores de concentración de CF medidos, que son más altos Aguas Arriba.

Dada la multiplicidad de potenciales fuentes de contaminación, en este caso tampoco ha sido posible determinar en forma directa la incidencia de los residuos sólidos en el aporte de carga orgánica y tóxica al curso.

5.3.4 Cuenca del Arroyo Colorado

En la cuenca del Arroyo Colorado se relevaron dos zonas: la zona próxima al SDF Cantera Marita y una zona donde se había previamente detectado acumulación de residuos sólidos en el Arroyo Las Piedras.

La Cañada San Isidro es afluente del A. Colorado. Atraviesa una zona suburbana y se encuentra muy próxima a los SDF Cantera Marita I y II (ya desactivados) y III (activo). La cañada recibe el lixiviado generado por el SDF y también la descarga de la planta de tratamiento de aguas cloacales de OSE.

Los puntos de muestreo son los siguientes:

Punto 11: Muestra del lixiviado en el canal de salida del SDF Cantera Marita.

Punto 12: Sobre la Cañada San Isidro, Aguas Arriba de la descarga de lixiviado del SDF y de la descarga de agua tratada de OSE y aguas abajo de la descarga de excedencias de la planta de OSE.

Punto 13: Sobre la Cañada San Isidro, aguas abajo de la salida del lixiviado y además de la descarga de agua tratada de OSE.

La escasa distancia existente entre las descargas del lixiviado del SDF y del agua tratada de la planta de OSE no permite que en la cañada se establezca una zona con flujo completamente mezclado entre ambas descargas. Por esa razón no fue posible efectuar el muestreo en un punto intermedio entre ambas descargas, pudiendo seleccionarse solamente un punto Aguas Arriba (punto 12) y otro punto aguas abajo (punto 13) de ambas descargas. Por lo expuesto las conclusiones que puedan extraerse de la comparación de resultados en estos dos puntos comprenden el efecto sumado de la descarga del lixiviado del SDF y de la descarga del agua tratada de la planta de OSE.

Si se analizan los resultados obtenidos para los distintos parámetros en la toma del lixiviado (punto 11) se observa una carga orgánica muy elevada (DBO), acompañada por una concentración de OD muy baja, menor a 1, un pH básico y alta concentración de sólidos acompañada por concentraciones también muy elevadas de metales pesados: Zn, Cr, Pb y Hg (por encima de los límites establecidos por la formativa). Además, la concentración de nutrientes es también alta y se evidencia la presencia de CF. Resumiendo, estas condiciones dan a entender que el lixiviado del SDF Cantera Marita es un líquido de alta carga orgánica, que al degradarse consume el oxígeno disuelto en el agua y en

ese proceso produce concentraciones altas de nutrientes y sólidos. La presencia de metales acusa asimismo la alta toxicidad del lixiviado.⁵

Comparando los resultados correspondientes a los puntos 12 y 13 se observa un notorio desmejoramiento de la calidad del agua, provocado por la combinación del vertido del lixiviado del SDF -que como ya fue expuesto es de carácter fuertemente contaminante-, y de la descarga de agua tratada de la planta de OSE.

Luego de ambas descargas la DBO tiene un aumento significativo, quedando muy por encima de los valores admitidos por la normativa, el OD disminuye, los sólidos aumentan y también aumentan considerablemente la concentración de nutrientes (sobre todo el P) y metales. Por otra parte los CF, ya en altas concentraciones antes de estas dos descargas por el vertido del líquido cloacal excedente de la planta de OSE, se ven incrementados aun más luego de recibir el lixiviado y el efluente tratado de la planta de OSE.

Se puede concluir que el lixiviado del SDF Cantera Marita combinado con la descarga de agua tratada de la planta de OSE tienen un alto poder contaminante que la Cañada San Isidro no logra diluir ni depurar, en parte debido a que la calidad del curso ya se encuentra afectada por la descarga de excedencias de la planta de OSE. Sería pertinente realizar tratamiento al lixiviado generado en el SDF, mejorar las eficiencias de tratamiento en la planta de OSE y desactivar el vertido directo de aguas residuales excedentes de la planta de OSE en la cañada.

El Arroyo Las Piedras que desemboca en el Aº Colorado, que a su vez desemboca en el Río Santa Lucía, atraviesa una zona bordeada por un asentamiento donde se había previamente detectado acumulación de residuos sólidos. El arroyo recibe aportes de aguas residuales industriales y efluentes domésticos de la ciudad de La Paz.

Los puntos de muestreo son los siguientes:

Punto 14: En el Aº Las Piedras, sobre la calle Paso de los Toros, Aguas Arriba del asentamiento que inicia allí.

Punto 15: En el Aº Las Piedras, sobre la calle Florida, aguas abajo del citado asentamiento.

En general los resultados obtenidos para los distintos parámetros en esos dos puntos se encuentran bajo los límites permitidos para la normativa, excepto para la concentración de CF aguas abajo del asentamiento. Este aumento puede ser debido a las descargas domésticas del asentamiento ribereño o a otras descargas clandestinas.

La calidad de agua del curso prácticamente no se ve afectada en su pasaje a través del asentamiento, excepción hecha de los valores de CF y de la leve

⁵ En el documento "Evaluación preliminar del sitio de disposición final de RSU Cantera Marita (Villa Foresti - Las Piedras) y su relación con el entorno", facilitado por la IMC, se presentan resultados físico-químicos de muestras de lixiviado del antiguo SDF Cantera Marita (año 1999) que indican altos valores de carga contaminante también en dicho líquido.

presencia de cromo que se constata y puede deberse a vertidos provenientes de curtiembres de la zona.

Debe puntualizarse que en ocasión de la toma de muestra la presencia de residuos dentro del curso era prácticamente nula, posiblemente debido al arrastre (lavado) que lluvias anteriores habrían efectuado. Por tal motivo, de los datos obtenidos no es posible discriminar la influencia de la actividad de clasificación de residuos que se realiza en el asentamiento en el deterioro de la calidad del curso de agua.

6 Comentarios finales

Por una parte, el análisis de los informes preexistentes respecto del aporte de residuos sólidos a la contaminación orgánica de los cursos de agua permite concluir que:

- La información disponible no permite determinar en forma concluyente los valores de carga orgánica del Arroyo Miguelete y de otros cursos de agua.
- El aporte de materia orgánica a través de los residuos sólidos vertidos en los cursos de agua es significativo en relación a la contaminación del cuerpo de agua por DBO, aunque significativamente inferior a estimaciones realizadas en informes previos.
- Sería deseable incrementar los esfuerzos para lograr la determinación de las cargas orgánicas reales transportadas por los cursos de agua.

Por otra parte, de la información obtenida en la campaña de extracción de muestras realizadas se puede concluir que:

- No ha sido posible extraer resultados concluyentes en cuanto a los aportes orgánicos y tóxicos por parte de los residuos sólidos presentes en los cursos de agua, dada la multiplicidad de potenciales fuentes de contaminación coexistentes (vertido de aguas servidas de asentamientos y otros desagües clandestinos).
- Existe una importante dificultad para la cuantificación en forma directa del aporte de carga orgánica y tóxica por parte de los residuos sólidos a los cursos de agua, debido a la indeterminación inherente a la propia condición de las muestras que se pueden extraer.

Asimismo respecto de los SDF las determinaciones de calidad de agua efectuadas permiten concluir, en primera instancia, que:

- Los efluentes del SDF Cañada Grande aportan una carga orgánica significativa a la Cañada Grande, aunque ésta tiene buena capacidad de auto depuración para la carga que se está vertiendo.
- El aporte del lixiviado del SDF Felipe Cardoso a la Cañada Canteras contribuye apreciablemente a la contaminación orgánica y tóxica del curso de agua.
- La descarga combinada del lixiviado del SDF Cantera Marita y del agua tratada de la planta de OSE tiene un alto poder contaminante que la Cañada San Isidro no logra diluir ni depurar, en parte debido a que la calidad del curso ya se encuentra afectada por la descarga de excedencias de la planta de OSE.

Índice de Tablas

Tabla 4-1:	Caudales y cargas contaminantes vertidas al Arroyo Miguelete, 1999.....	12
Tabla 4-2:	Caudal y cargas contaminantes aportadas por las industrias de la sub-cuenca Chacarita (cuenca del Arroyo Carrasco).....	13
Tabla 5-1:	Método de análisis de aguas de arroyos.....	17
Tabla 5-2:	Parámetros determinados en campo	19
Tabla 5-3:	Parámetros medidos en laboratorio.	20

Índice de Figuras

Figura 4-1:	Origen de la carga orgánica aportada a los cursos de agua.....	10
Figura 4-2:	Carga orgánica en el Arroyo Miguelete.	11



Fichtner GmbH & Co.KG

Sarwerystraße 3
70191 Stuttgart Alemania

Telefono + 49 - 7 11 - 89 95 - 0
Fax + 49 - 7 11 - 89 85 - 459

www.fichtner.de

FICHTNER

LKSur S.A.

Cont. Echevarriarza 3535
Torres del Puerto, Of. 1412
11300 Montevideo, Uruguay

Teléfono +598 - 2 - 622 12 16
Fax +598 - 2 - 628 81 33

www.lksur.com.uy

