

1 INTRODUCCION

1.1 Usos antrópicos de los recursos hídricos superficiales

De acuerdo al 3º Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (2009), la demanda actual de agua no tiene precedentes y está inevitablemente llamada a aumentar. Esto obedece a diversos motivos: el crecimiento y la mayor movilidad de la población mundial; el aumento de los niveles de vida; la modificación de los hábitos en el consumo de alimentos; y la presión ejercida por las crecientes necesidades de energía, sobre todo en lo referente a la producción de biocarburantes.

Dicho informe remarca que en los últimos 50 años debido al crecimiento demográfico, las extracciones de agua dulce se han triplicado y la superficie de las tierras de regadío se han duplicado. La agricultura es el sector que más agua consume (70% del consumo total de agua), mientras que el agua destinada a usos industriales y domésticos representa un 20% y un 10%, respectivamente.

A nivel mundial la gran demanda de agua para riego de cultivos agrícolas, sumado a los vertidos de las aguas negras municipales e industriales, así como los vertidos de residuos sólidos, amenazan la integridad de los ecosistemas acuáticos.

Por otra parte, según ONU-Agua, un quinto de la población mundial no tiene acceso al agua potable segura, y más del 40% de la población mundial carece de instalaciones de saneamiento adecuadas. Casi el 90% de las aguas residuales y el 70% de los desechos industriales de los países en desarrollo se vierten sin tratamiento alguno. Las consecuencias son enormes: se estima que 88% de las enfermedades del mundo son

imputables a abastecimientos de agua insalubre, carencia de instalaciones de saneamiento y falta de higiene. Por ejemplo, la diarrea mata cada día en el mundo a unos 5.000 niños. Una décima parte de las enfermedades que se dan a nivel mundial se podrían evitar mejorando el abastecimiento de agua, los servicios de saneamiento, la higiene y la gestión de los recursos hídricos.

Estas deficiencias de servicio afectan primordialmente a los sectores más pobres de los países en desarrollo. En estos países, satisfacer las necesidades de agua potable y saneamiento para las áreas urbanas y rurales representa uno de los mayores retos en los años por venir. Reducir a la mitad para el año 2015 la proporción de la población que carece de los servicios de agua potable y saneamiento es una de las Metas de Desarrollo para el Milenio (Cumbre del Milenio, 2000).

Por eso la gestión integral, así como la concientización y la sensibilización de la problemática por parte de la población son necesarios para garantizar el uso sostenible a largo plazo.

La mejor gestión de los recursos hídricos está relacionada con el logro de la prosperidad, equidad y la reducción de la pobreza. La complejidad de una propuesta integrada requiere que el desarrollo de capacidades atienda a un amplio espectro de asuntos, problemas y oportunidades entre sectores, de forma holística. No hay una única solución, lo que enfatiza la importancia de un control local y de soluciones locales respaldadas por conocimientos y principios aceptados internacionalmente y adaptados localmente.

Especialmente en los países en desarrollo, los impactos de la gestión deficiente del agua se están comenzando a notar. Inundaciones, contaminación y ríos con bajos caudales están comenzando a ganar reconocimiento público, pero la biodiversidad del agua dulce no es aún de

interés para la mayoría de las personas. Por muchas razones, los gobiernos de los países en desarrollo consideran la gestión y planificación de los recursos hídricos como parte central de las responsabilidades gubernamentales. El reto, es definir de mutuo entendimiento cuándo y a qué nivel debe terminar la responsabilidad del gobierno o si, por el contrario, esta debe ser compartida con diferentes entidades e incluso con quienes son los usuarios como ser las industrias y las organizaciones de la comunidad.

El enfoque de gestión integrada necesita la coordinación de las diferentes actividades humanas que generan la demanda de agua, determinan el uso del suelo, y generan productos de desecho que son vertidos a las fuentes hídricas. La cuenca es la unidad básica para ésta gestión.

La calidad del agua de los ríos puede ser afectada negativamente por la descarga directa e indirecta de compuestos químicos usados o derivados de las actividades agrícolas e industriales (productos fitosanitarios, fertilizantes, descarga de materiales peligrosos, etc.), así como también, por los efluentes humanos. Algunas industrias (químicas, curtiembres, textiles, metalúrgicas, etc.) producen efluentes altamente tóxicos, ya sea por la presencia de contaminantes físicos, químicos o biológicos. Los usos industriales del agua varían enormemente de industria a industria y de país a país. Las presiones ambientales y los cobros han estimulado e incrementado la cantidad de agua que se reúsa y se recicla en las industrias del mundo desarrollado, pero hasta ahora hay mucho menos progreso en los países en desarrollo. El Instituto WorldWacht cita dos ejemplos: en China, la cantidad de agua necesaria para producir una tonelada de acero varía entre 23 m³ y 56 m³, mientras que en EUA, Japón y Alemania, el promedio es menos de 6 m³. De la misma manera, una tonelada de papel producida en China requiere de 450 m³ de agua, el doble de lo que se usa en los países europeos.

Las cantidades de agua usadas para el abastecimiento y saneamiento doméstico son relativamente pequeñas comparadas con el uso del agua en la industria o la agricultura. Algunos países tienen diferentes normas, pero la mayoría de los usos domésticos pueden ser atendidos satisfactoriamente con una cantidad que oscila entre los 25 y los 50 litros/día por persona. Si se tiene en cuenta los usos productivos del agua en el hogar, y el mayor consumo en países desarrollados, esta cantidad se incrementa a 200 litros/día por persona.

El informe de la CEPAL del año 2000 señala que, históricamente en los países de América Latina y el Caribe, se ha asignado poca importancia a la protección de la calidad del agua. La institucionalidad para el control de la contaminación del agua generalmente es escasa, poco desarrollada, dispersa y fragmentada. En muchos países ha sido el Sector Salud el encargado de controlar la temática, hasta que se estructuraron Ministerios, Secretarías y Direcciones Ambientales. En estas circunstancias la recopilación y procesamiento de datos sobre calidad del agua ha sido insuficiente. Sólo algunos usuarios muy específicos, y por motivos de sus propias demandas productivas, se han preocupado de tomar algunas muestras de calidad del agua. Estos muestreos y sus resultados, en muchos casos no están disponibles ni se publican para conocimiento general.

Si bien muchos países cuentan con la legislación básica necesaria para el control de la contaminación del agua, existe una enorme dispersión de responsabilidades para su aplicación. En general no existe fiscalización y consecuentemente no se hace cumplir adecuadamente la legislación vigente. El informe de la CEPAL señala que la aplicación de los instrumentos de control se dificulta por el hecho de que habitualmente no hay suficiente información ni mediciones hídricas, para determinar quién contamina y en qué cantidad. “En general, instalar los sistemas de monitoreo y medir la contaminación de las aguas superficiales y

subterráneas, construir modelos de calidad de agua y determinar los aportes de contaminantes de las industrias es una tarea gigantesca”.

Respecto al tipo de normativa, ésta es variada. Por ejemplo en Estados Unidos cada estado es responsable de establecer la norma. En Bélgica, en India, en ciertos estados de Brasil, las normas están relacionadas a los usos específicos del agua y establecen concentraciones máximas para las variables como carga orgánica, aceites y grasas, oxígeno disuelto, sustancias tóxicas, etc. En Turquía, Perú, China, en el estado de Río de Janeiro, se establecen normas para efluentes puntuales en donde se definen las concentraciones máximas de descargas.

En Estados Unidos, las descargas también se limitan de acuerdo a los criterios de mejor tecnología practicable para el tratamiento de agua. En México cada sector industrial tiene normativa propia, y paga derechos de descarga. En Colombia existe normativa que exige porcentaje de remoción para cada variable. También hay legislaciones que manejan permisos de uso de agua transables, como es el caso de Guatemala. En resumen los instrumentos son diversos.

1.2 Investigación Propuesta

En este contexto se planteó la necesidad de valorar el peso relativo de los distintos orígenes de contaminación líquida y su disposición final en el Departamento de Montevideo. Para ello se tomó como unidad de trabajo la cuenca del Arroyo Pantanoso dado las características de la misma y su alto emplazamiento industrial, con ramos relevantes para el país, tomando como período de análisis los años 2002 - 2008.

Esto permitió evaluar la afectación que ocasionan los diferentes orígenes de contaminación en la cuenca y en el curso de agua, identificar zonas y puntos críticos, y visualizar oportunidades de mejora en la gestión que se realiza. Tanto para los vertidos de origen líquido industrial, como para los vertidos de origen doméstico.

Comprender estas relaciones, permite establecer medidas para fortalecer la toma de decisiones, adoptar nuevos roles y mejorar la conciencia y el conocimiento al respecto.

1.2.1 Objetivos

1.2.1.1 Objetivo general

Analizar las cargas líquidas de origen doméstico y las provenientes de los efluentes líquidos de las industrias instaladas en la cuenca del Arroyo Pantanoso, así como el impacto relativo sobre la cuenca y la calidad del agua del arroyo, en el período 2002 - 2008.

1.2.1.2 Objetivos específicos

1. Describir la evolución de la carga contaminante de los efluentes líquidos industriales, por tipo de vertido (colector, curso de agua o infiltración a terreno) y por sector de actividad, en el período 2002 - 2008.
2. Evaluar la carga orgánica de origen líquido proveniente de la población de la cuenca (incluido los asentamientos irregulares), analizando el impacto sobre la cuenca y la calidad del curso de agua.
3. Analizar la distribución de las cargas de la cuenca (industrial y doméstica), y calcular los habitantes equivalentes para la carga orgánica de origen industrial.
4. Describir la evolución de la calidad del agua del Arroyo Pantanoso en el período 2002 - 2008.
5. Evaluar el impacto sobre la calidad del agua, de los vertidos industriales directos al curso de agua, en el período 2002 - 2008.

1.2.2 Metodología

Se planteó un estudio de tipo descriptivo y relacional.

Básicamente se manejaron tres componentes:

- 1) Revisión de información secundaria
- 2) Identificación de la problemática con actores locales
- 3) Análisis y evaluación global de datos

Para el análisis de los componentes y la evaluación global, se contó con información del Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Intendencia de Montevideo.

Se analizó y valoró la bibliografía existente, el marco jurídico aplicable nacional y departamental el cual se desarrolla en el ANEXO 2, la información disponible en distintos Servicios y Unidades de la Intendencia, la información proporcionada por los Centros Comunales Zonales (12, 13, 14, 17, 18), y los datos brindados por el Sistema de Información Geográfica municipal que permitieron desarrollar representaciones gráficas en Arc View.

Se efectuaron varias recorridas de campo, conversando e identificando distintas problemáticas con actores locales, tomando registros fotográficos ANEXO 3.

Para cumplir con los distintos objetivos específicos, se desarrollaron las actividades correspondientes, siguiendo la siguiente metodología:

- Objetivo específico 1

En base a la Información de la Unidad de Efluentes Industriales (Informes, Inspecciones, Resultados de Análisis de Laboratorio, etc.), se procesaron y analizaron los datos.

Las variables estudiadas fueron: caudal, Demanda Biológica de Oxígeno [DBO5], Aceites y Grasas [AyG], Sólidos Suspendidos Totales [SST], Sólidos Sedimentables, Sulfuros [S=], y metales como Cromo y Plomo entre otros¹.

¹ El **muestreo y los análisis** se realizan según "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 1060).

Se tomó como medida de tiempo el semestre, y se calcularon las concentraciones medias ponderadas. Con el caudal promedio de vertido de cada industria, se obtuvieron las cargas contaminantes de los efluentes líquidos. Estas se analizaron para todo el parque industrial de Montevideo, y se compararon las principales cuencas. Luego se tomaron las industrias que integran la Cuenca del Arroyo Pantanoso y se analizó la situación por tipo de vertido y por ramo para el período 2002 - 2008.

- Objetivo específico 2

Se calcularon las cargas domésticas per cápita y totales para la cuenca. Para ello se tomó los aportes domésticos per cápita reportados en la literatura internacional, y datos de población de la cuenca, utilizando las siguientes fuentes de datos: Instituto Nacional de Estadística (INE), Unidad de Estadísticas de la Intendencia de Montevideo, Programa de Integración de Asentamientos Irregulares (PIAI), Sistemas de Información Geográfica Municipal y Observatorio Montevideo de Inclusión Social, Inclusión/Exclusión.

Se efectuó un relevamiento de campo para identificar puntos y zonas críticas, relacionadas con vertidos líquidos y contaminación y se trabajó en esa zona.

Se estimó la afectación directa al curso de agua, tomando los puntos de vertidos del saneamiento, y el análisis de los asentamientos irregulares, que se ubican en la margen del arroyo.

- Objetivo específico 3

Con los resultados de los objetivos 1 y 2 se calculó la distribución porcentual de la carga orgánica de origen industrial y de origen doméstico, y sus relaciones. También se realizó el análisis por medio del cálculo de habitantes equivalentes².

- Objetivo específico 4

En base a la información del Laboratorio de Calidad Ambiental (Muestras, Resultados de Análisis de Laboratorio, Informes, Cálculos del Índice ISCA³, etc.), se procesaron y analizaron los datos relacionados al Arroyo Pantanoso, en el período 2002 - 2008.

Las variables utilizadas fueron: caudal, pH, Temperatura [T], Conductividad [CE], Oxígeno Disuelto [OD], Demanda Biológica de Oxígeno [DBO5], Demanda Química de Oxígeno [DQO5], Aceites y Grasas [AyG], Sólidos Suspendedos Volátiles [SSV], Sulfuros [S=], Coliformes Fecales [CF], Amonio [N-NH3], Amoníaco Libre, Fósforo Total [PT] y metales como Cromo y Plomo entre otros⁴.

Se comparó con las exigencias del Decreto 253/79 y modificativos, para la Clase 3, tomada como referencia, según Resolución Ministerial 99/2005⁵ del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

² Un **habitante equivalente** es la carga orgánica biodegradable con una demanda de oxígeno (DBO₅) de 60 g/día. Algunos autores consideran 50 g/día.

³ **ISCA. Índice Simplificado de Calidad de Agua.** Se aplica a cursos de agua urbanos y ha demostrado cumplir con las condiciones requeridas para los cuerpos de agua de Montevideo. Toma en cuenta cinco variables: aportes de materia orgánica, material en suspensión de origen orgánico o inorgánico, industrial o urbano, contenido de oxígeno disuelto, vinculado a la demanda de consumo y también al contenido de nutrientes que regulan los procesos de depuración, contenido de sales inorgánicas como cloruros y sulfatos, temperatura.

⁴ El **muestreo y los análisis** se realizan según "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 1060).

⁵ **Resolución Ministerial 99/2005.** Se clasifican en forma genérica en la Clase 3 prevista en el art. 3º del Decreto 253/79 de 9 de mayo de 1979, todos los cuerpos y cursos de agua cuya

Se analizó la evolución espacio temporal en el curso de agua para el período 2002 – 2008, mediante el ISCA.

- Objetivo específico 5

Se relacionaron los datos de los vertidos líquidos industriales directos con los resultados de los muestreos realizados en el curso de agua, en los distintos años del período considerado, contemplando el impacto de los vertidos domésticos.

cuenca tributaria sea mayor a 10 km² y que a la fecha no han sido clasificados. Clase 3: Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyo producto no se consume en forma natural, o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riego que no provocan el mojado del producto.

2 DESARROLLO

2.1 Antecedentes

El Departamento de Montevideo concentra en una superficie de 530 km² más de la mitad de la población del país, siendo su densidad poblacional de 2537 hab/km² (INE, 1996). Posee una zona costera de 70 km sobre el Río de la Plata, de los cuales 13 km son playas de uso público. Presenta una rica red hídrica constituida fundamentalmente por cursos de agua de relativo caudal, siendo los más importantes el Río Santa Lucía y los arroyos Pantanoso, Miguelete, Las Piedras y Carrasco (Figura 1).

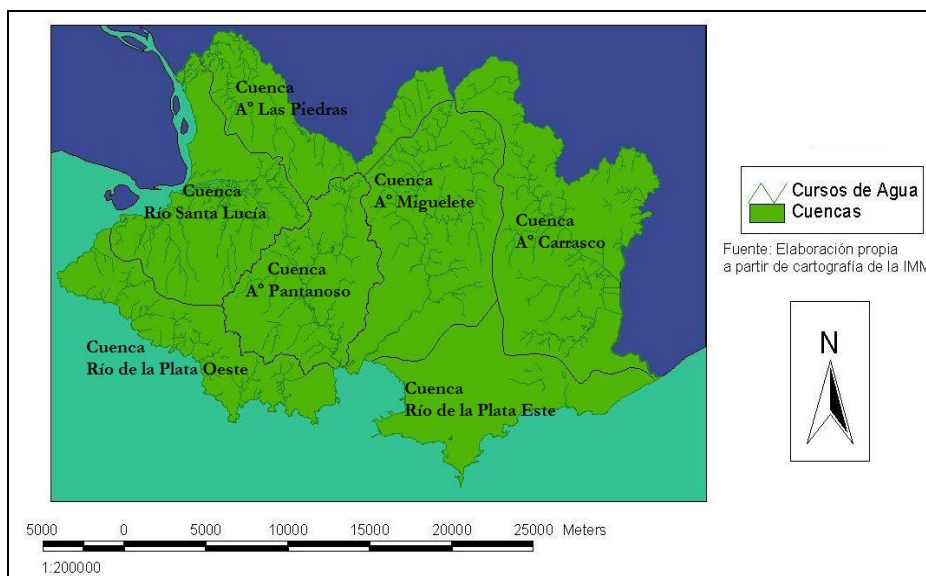


Figura 1: Cuencas Hídricas de Montevideo

Los Arroyos Miguelete y Pantanoso, desembocan en una importante Bahía, que ha sido desde los inicios de la ciudad, eje de las actividades humanas (Plan Montevideo 1995-2005, 2005). Dichos arroyos presentan un bajo caudal de estiaje, lo que redundo en una reducción de su

capacidad de autodepuración, la que se ve más comprometida debido a las descargas de aguas domésticas, industriales y de residuos sólidos.

Como señala el 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (2006), los asentamientos humanos son los principales contaminadores de los recursos hídricos, por lo que la buena gestión del agua y de las aguas residuales es esencial para reducir la contaminación y minimizar los riesgos para la salud.

Si bien actualmente el 85% de la población de Montevideo tiene servicio de saneamiento (con una red de colectores de 2.530 kilómetros), recién en el año 2020 cuando se terminen las obras PSU IV, PSU V y PSU VI, la cobertura alcanzará al 95% de la población montevideana y al 100% de la que vive en el área urbana⁶.

Con las primeras etapas del plan de saneamiento disminuyeron los problemas de contaminación del área costera, mejorando así la calidad de las aguas de las playas, utilizadas para actividades recreativas, y paseo indiscutible de los montevideanos (Feola *et al.*, 2007).

Con respecto al número de asentamientos⁷ irregulares en el Departamento de Montevideo, éstos han pasado de 364 en el año 2000, a 412 en el año 2006, representando aproximadamente 125.000 personas en 30.000 viviendas (INE-PIAI 2006).

⁶ Dato proporcionado por la **División Saneamiento**. Departamento de Desarrollo Ambiental. Intendencia de Montevideo.

⁷ El PIAI define **asentamiento** como: "Agrupamiento de más de 10 viviendas, ubicados en terrenos públicos o privados, construidos sin autorización del propietario en condiciones formalmente irregulares, sin respetar la normativa urbanística. A este agrupamiento de viviendas se le suman carencias de todos o algunos servicios de infraestructura urbana básica en la inmensa mayoría de los casos, donde frecuentemente se agregan también carencias o serias dificultades de acceso a servicios sociales." (INE-PIAI, 2006).

Las emisiones líquidas industriales, también representan una fuente de contaminación de los recursos hídricos, siendo potenciales portadores de sustancias tóxicas, aunque esta fuente ha disminuido su impacto considerablemente desde el año 1997 como lo muestra la Tabla 1.

Fecha	Industrias							
	Activas con vertido	Caudal (m ³ /día)	Grasas	DBO ₅	SST	Cr T	Sulfuros	Pb
11/1997	78	18.162	17.108	21.328	6.326	294	133	31
11/2008	93	19.460	1.980	10.871	1.646	10	52	1,5
% de Variación Nov 07 – Nov 08	+ 19 %	+ 7,1 %	- 88 %	- 49 %	- 74 %	- 97 %	- 61 %	- 95 %

Tabla 1: Evolución de Vertidos Industriales.
Noviembre 1997 - Noviembre 2008. (UEI, 2008)

Respecto a las industrias al finalizar el año 2008, 93 empresas se encuentran integrando el Programa de Monitoreo de Efluentes Industriales en Montevideo, a las cuales se suman las pertenecientes al sector estatal, así como el bombeo de la Estación Paso Carrasco y Barra de Carrasco (Raffaele *et al.*, 2008)

La evaluación del cumplimiento de las metas de vertido se ha realizado en forma semestral, desde el comienzo del Plan de Reducción de la Contaminación Industrial de la IMM, en el año 1997.

Al año 2008, el mayor aporte de contaminación de origen industrial es efectuado por 24 establecimientos de Primera Prioridad que concentran anualmente: alrededor del 78% del Caudal vertido, alrededor del 83% del vertido de Grasas, 84% del vertido DBO₅, 88% del vertido de Sulfuros, 87% del vertido de Cromo y 68% del vertido de Plomo (Raffaele *et al.*, 2008).

2.2 Características de la cuenca del Arroyo Pantanoso

Desde la época de la colonia, el Arroyo Pantanoso pertenecía a la jurisdicción de Montevideo. En el año 1827 al establecerse los límites de la ciudad, éste quedó inserto en la zona rural. Desde entonces, el mismo funcionó más como frontera que como un núcleo poblacional.

Las primeras raíces de la zona del Pantanoso se ligaron al mundo de la producción industrial. Como consecuencia de este dinamismo existió un incremento en los residuos generados y en la presión sobre el medio natural, tanto por la actividad industrial como por el aumento poblacional, presentándose ya ciertas carencias para el manejo de los mismos.

La cuenca tiene un área de 70,4 km², Figura 2. Un número importante de industrias relevantes se ubican en la misma y presenta un alto grado de urbanización. La naciente del Arroyo Pantanoso es en la Cuchilla Pereira, en la región centro-norte del Departamento de Montevideo, y escurre en dirección norte-sur en forma lenta debido a su escasa pendiente, atravesando una zona de bañados en su tramo inferior para desembocar finalmente en la Bahía de Montevideo (Informe Ambiental Geo Montevideo, 2004). En su recorrido recibe 12 afluentes, algunos de especial importancia en lo que refiere a caudal y aporte de contaminantes. Entre ellos se destacan las siguientes cañadas: Lecocq, Bellaca, Jesús María y Victoria. El cauce principal recorre unos 16 km, atravesando alternativamente en su recorrido zonas rurales y urbanas, recibiendo aportes de aguas residuales domésticas en forma directa, o provenientes de la red de saneamiento, junto con un alto índice de residuos sólidos vinculados sobre todo a los asentamientos irregulares. También recibe aguas residuales industriales de ramos muy variados (curtiembres, graserías, química, hidrocarburos, etc.) pertenecientes a su cuenca, en

forma directa o indirecta a través de colectores y aguas provenientes del área rural de diferente calidad.

Aguas abajo se ubica el Pluvial Alaska, que hasta el año 2006, recibía los efluentes de las industrias de Nuevo Paris. Las obras que permitieron la eliminación de este vertimiento contribuyeron a mejorar la calidad del Arroyo Pantanoso aguas abajo.

Sin embargo, la descarga de residuos sólidos provenientes de la clasificación informal y otras descargas de efluentes ubicadas en la cuenca superior continúan afectando al curso impidiendo que el mismo alcance niveles de calidad de agua adecuados, provocando distintos niveles de deterioro del arroyo.

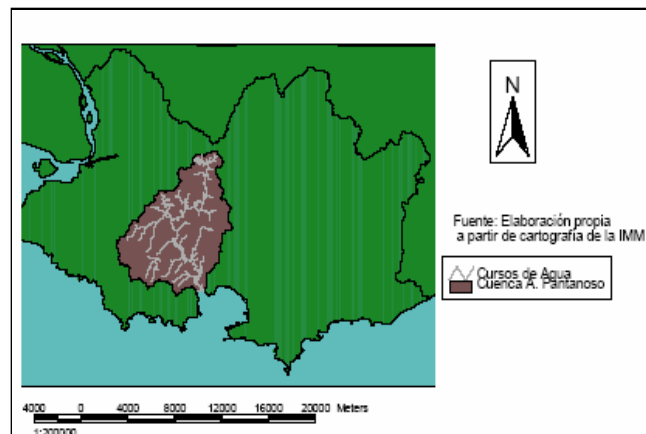


Figura 2. Cuenca del Arroyo Pantanoso.

2.2.1 Descripción de la población y asentamientos

La población de la cuenca del Arroyo Pantanoso es de 207.391 habitantes, que representa un 16% de la población total del departamento (Montevideo en Cifras, 1996). De la población total de la cuenca, habitan en asentamientos 36.516 personas (PIAI, 2002).

A este agrupamiento de viviendas se le suman carencias de todos o algunos servicios de infraestructura urbana básica en la inmensa mayoría de casos, donde frecuentemente se agregan también carencias o serias dificultades de acceso a servicios sociales.” (INE-PIAI, 2006).

En la Tabla 2, se puede observar la evolución de la cantidad de asentamientos en el Departamento de Montevideo, pasando de 364 en el año 2000 a 412 en el año 2006. En dicha tabla se marca los Centros Comunales Zonales (CCZ 12, 13, 14, 17 y 18), que pertenecen a la cuenca.

CCZ	Total de asentamientos Año 2000	Año 2006	Diferencia absoluta	Porcentaje de Variación
01	4	1	-3	-75
02	1	0	-1	-100
03	3	1	-4	-67
04	0	0	0	0
05	0	0	0	0
06	9	17	+8	+89
07	0	0	0	0
08	13	14	+1	+8
09	69	69	0	0
10	27	44	+17	+63
11	49	68	+19	+39
12	24	31	+7	+29
13	35	31	-4	-11
14	37	38	+1	+3
15	12	11	-1	-8
16	5	1	-4	-80
17	59	65	+6	+10
18	17	21	+4	+24
TOTAL	364	412	+48	+13

Tabla 2. Evolución de los asentamientos en Montevideo (INE-PIAI, 2006)

Por otra parte los asentamientos irregulares, se ubican por lo general en las márgenes de los cursos de agua de las cuencas (Figura 3), y por sus características intrínsecas, en la mayoría de los casos coincide con la

presencia de basurales, en especial con aquellos donde el medio de vida de sus habitantes es la clasificación de residuos. Por otra parte, también lo hacen en lugares estratégicos para tener salidas a rutas que faciliten su desplazamiento en las tareas de recolección de residuos.

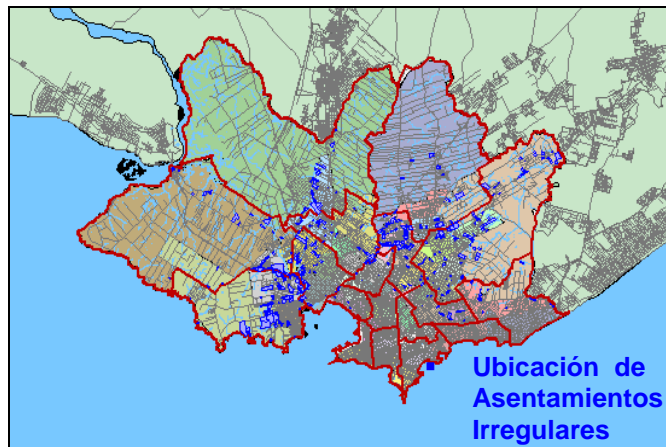


Figura 3. Ubicación de asentamientos por Centro Comunal Zonal. (Observatorio Montevideo de Inclusión Social, Inclusión/Exclusión. Fragmentación. 2006)

2.2.2 Instituciones

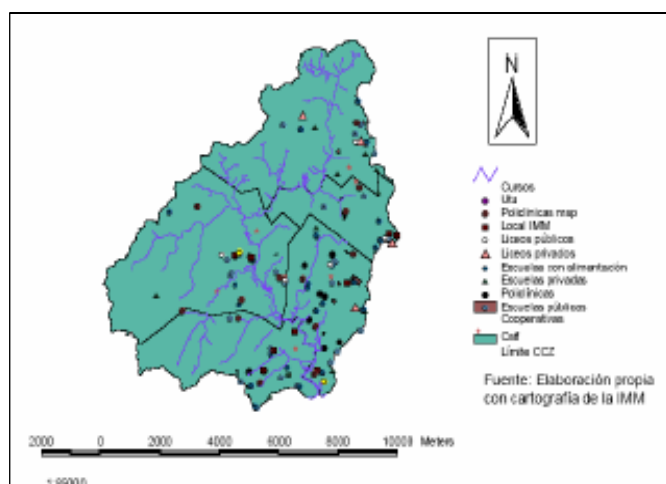


Figura 4. Instituciones en la cuenca

La Figura 4 muestra diferentes instituciones presentes en la cuenca, policlínicas y centros educativos, entre otros. Se puede notar que es en el Centro Comunal Zonal 14, donde existe mayor cantidad de centros, lo cual concuerda con la mayor densidad de población de la Cuenca.

2.2.3 Saneamiento

El crecimiento de la población de Montevideo a mediados del siglo XX, junto con el crecimiento y desarrollo industrial, y las limitaciones en el sistema de saneamiento, provocaron la contaminación de las playas sobre el Río de la Plata, y de los cursos de agua interiores rurales - urbanos.

En la década del '70, se realizaron estudios sobre el sistema de saneamiento, ejecutándose entre los años 1985 y 1995 los Planes de Saneamiento Urbano, PSU I y II.

Paralelamente a las obras del PSU II se elaboró el Plan Director de Saneamiento de Montevideo, con un horizonte al año 2035.

Entre los años 1996 y 2006 se desarrolla el PSU III, que pone énfasis en la recuperación de los cursos de agua interiores.

En el año 2006, al final del PSU III, el 87,2% de las viviendas y el 85% de la población del Departamento (96% de la población urbana) se encuentran en área saneada, con una red de saneamiento y drenaje de 2.620 kilómetros. Aproximadamente la mitad del volumen colectado de aguas servidas tiene disposición final adecuada por el emisario de Punta Carretas. Las cuencas del Pantanoso y Migueleto, y el sistema independiente de la Villa del Cerro continúan vertiendo a la Bahía de Montevideo.

Desde el año 2007 y con un horizonte al año 2012, se está desarrollando el PSU IV. Su obra principal consiste en el sistema de disposición final del Oeste, que captará todas las cuencas del Oeste y algunas áreas de Canelones, eliminando totalmente los vertidos en tiempo seco a la Bahía de Montevideo (www.montevideo.gub.uy/ambiente/saneamiento.htm)

En la Figura 5, se muestran las obras correspondientes al PSU III y en la Figura 6, las obras de infraestructura referidas al PSU IV. En la Figura 7, se presenta el esquema de los flujos de las disposiciones finales del saneamiento, al culminar el PSU IV.



Figura 5. Obras correspondientes al PSU III. (División Saneamiento, IMM)

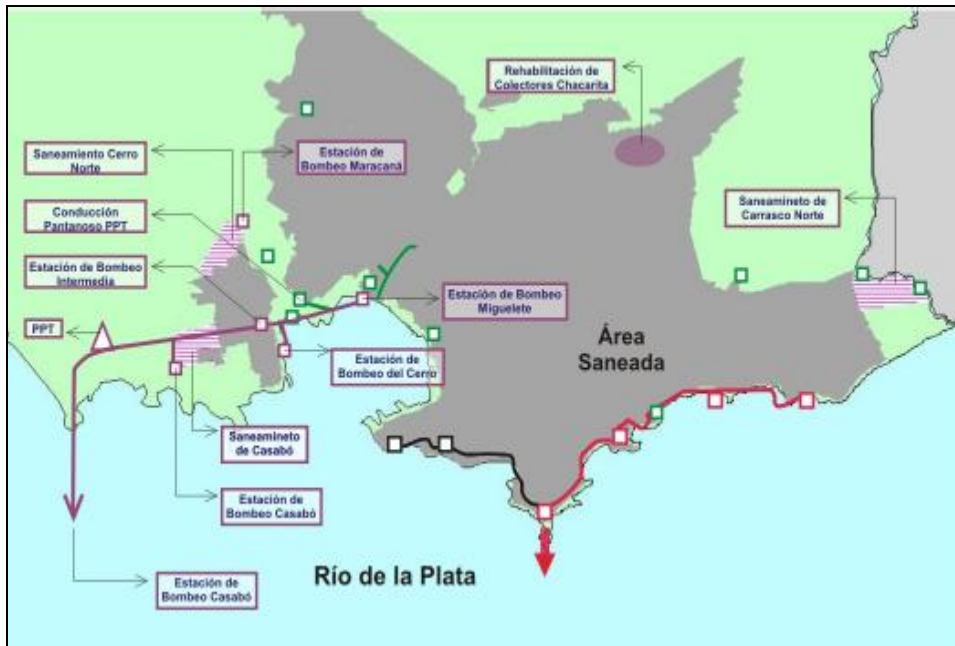


Figura 6. Obras de infraestructura referidas al PSU IV. (División Saneamiento, IMM)

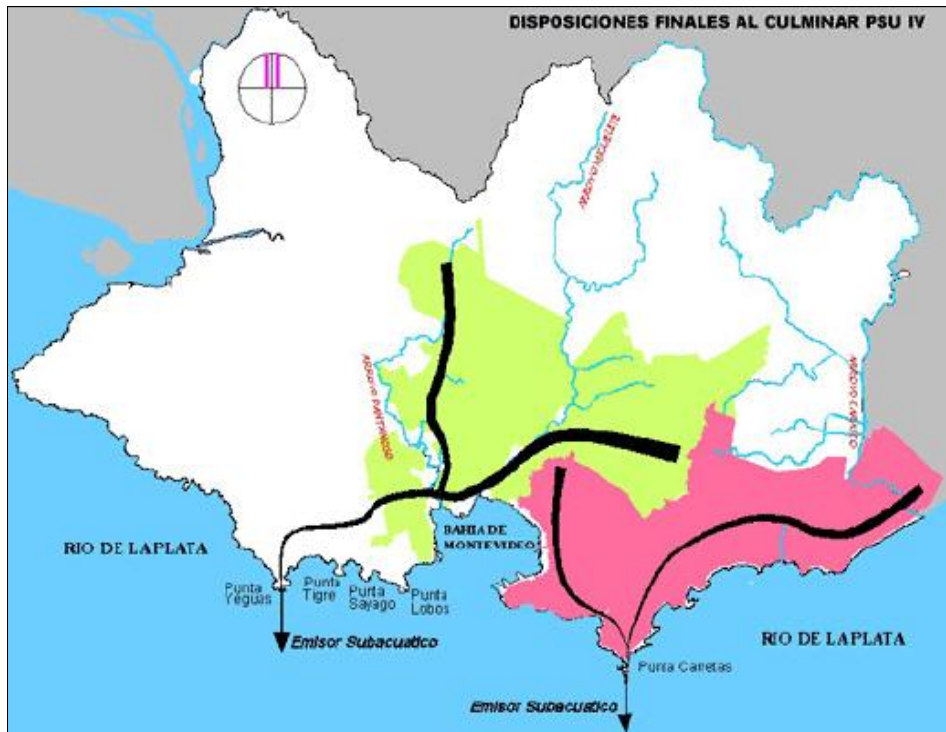


Figura 7. Disposiciones finales del saneamiento al culminar el PSU IV. (División Saneamiento, IMM)

Actualmente, la Unidad Funcional Pantanoso recibe las redes de la cuenca del arroyo, en un colector principal cercano al cauce del mismo.

2.2.4 Inundaciones - Insalubridad y Riesgos Sanitarios

Otro aspecto importante a considerar que afecta principalmente a los asentamientos, es que las lluvias producen un remanso que inunda las casas más cercanas al curso del arroyo. Esto genera problemas de salubridad y riesgos sanitarios importantes. Dichos problemas son ocasionados en ciertos casos porque los asentamientos están ubicados en zonas inundables, debido a que se ubican en las márgenes de los cursos de agua y en muchos casos en la propia terraza de inundación del curso. En la Figura 8, se muestra la ubicación de los asentamientos y las curvas de nivel de la cuenca.

En otros casos los residuos sólidos obstaculizan el flujo de las aguas de lluvia hacia las alcantarillas, incluso obstruyéndolas, provocando la inundación. A esto se suma que cuando llueve en algunos casos se producen desbordes de pozos negros y arrastres de materiales sólidos.

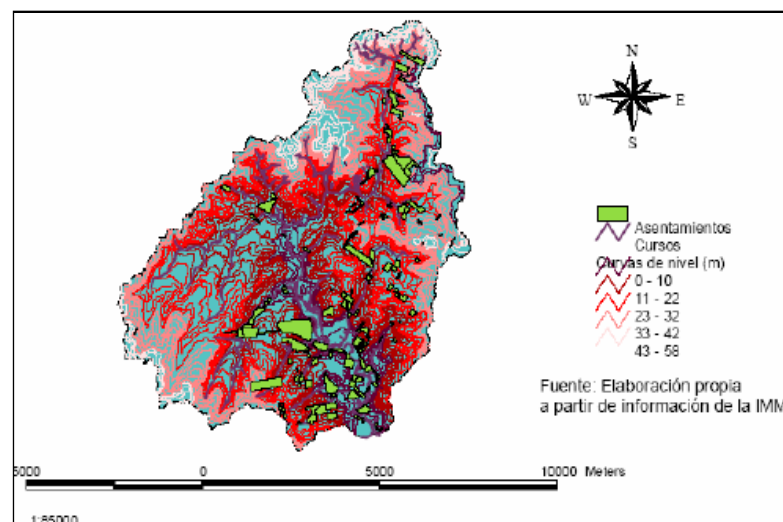


Figura 8. Curvas de nivel y ubicación de asentamientos.

En resumen, las aguas pluviales también colaboran con la contaminación del arroyo ya que traen consigo aportes de arrastre de las calles producto de actividades humanas, así como materiales arrastrados por la escorrentía en zonas rurales, herbicidas, plaguicidas, etc.

2.2.5 Biodiversidad

En cuanto a la biodiversidad de la cuenca, se puede observar que se encuentra fuertemente influida por la urbanización. En sus márgenes se ubican asentamientos irregulares; este hecho ocasiona numerosos riesgos tanto a sus pobladores como al medio físico.

La cuenca es considerada por el Plan de Ordenamiento Territorial de Montevideo (1998-2005) como un área ecológica significativa, por poseer zonas tales como los bañados ubicados en los accesos al Departamento entre la ruta 1 y 5, sobre la desembocadura del Arroyo Pantanoso.

Se entiende como un área ecológica significativa a un área geográficamente delimitada que es reconocida como de importancia destacada a los fines de la preservación, especialmente por sus atributos ecológicos o en uno o más aspectos de su biodiversidad, y que por lo tanto se considera debería ser objeto de medidas de gestión y manejo tendientes a preservar esos atributos.

La importancia de los bañados radica en sus funciones ecológicas, al cumplir una función reguladora en el intercambio de energía entre ecosistemas terrestres y acuáticos. La vegetación de los humedales tiene un rol como barrera física y biológica del material en suspensión y disuelto, regulando además el aporte de nutrientes y sustancias tóxicas.

Por todo ello la eliminación de los humedales facilita la incorporación de sustancias tóxicas y nutrientes hacia el curso de agua receptor; en este caso el Río de la Plata; causando serios trastornos en la productividad (ej. eutrofización, muerte de peces, pérdida de biodiversidad). Si bien se han implementado técnicas de incorporación de humedales artificiales, lo que se traduce en gastos de inversión y mantenimiento, los resultados pocas veces logran equipararse a la dinámica de un humedal natural. En consecuencia las funciones del humedal, son esenciales en la depuración de las aguas del Arroyo Pantanoso y en la conservación de la biodiversidad.

2.2.6 Curso de agua

La Intendencia de Montevideo, monitorea en forma sistemática los principales cursos de agua del Departamento de Montevideo.

Las estaciones de monitoreo, fueron establecidas tomando en cuenta criterios técnicos tales como ubicación de descargas de aguas domésticas y/o industriales, así como la facilidad de acceso a las mismas.

Actualmente cada año, se realizan seis campañas de muestreo para las principales cuencas, y se da continuidad a la ejecución de campañas de muestreo en tributarios de los cuerpos de aguas principales. Estos tributarios son monitoreados por el Laboratorio de Calidad Ambiental con una frecuencia bianual.

En la Bahía de Montevideo se complementa el monitoreo de calidad de agua con el estudio de sedimentos, lo que se realiza con una frecuencia bianual.

En las muestras de agua recolectadas de los cursos de agua se realizan análisis fisicoquímicos, metales, bacteriológicos y bioensayos, en tanto que, en las muestras de sedimento se determinan metales.

De esta forma, los estudios ejecutados por el Servicio Laboratorio de Calidad Ambiental, permiten obtener una visión completa de toda la cuenca y no solo del curso principal.

Para el análisis de los resultados se toma como referencia la clase 3 del Decreto 253/79 y modificativos, de acuerdo a la Resolución Ministerial 99/2005 del MVOTMA. La clase 3, se refiere a cursos que están destinados a la preservación de los peces en general y otros integrantes de la flora y fauna hídrica.

2.2.7 Industrias

La gestión de control de los efluentes de las industrias de Montevideo la realiza la Unidad de Efluentes Industriales de la Intendencia de Montevideo. Para ello se han identificado las industrias responsables del 90% de la contaminación industrial del Departamento. Estas industrias a su vez se clasifican de acuerdo a su contribución real o potencial a la contaminación de origen industrial, en dos categorías: Primera Prioridad y Segunda Prioridad, determinando de esta manera la frecuencia de muestreo.

Todas aquellas industrias responsables de menos del 10% restante de la contaminación de origen industrial, son controladas con el objetivo de fiscalización en forma anual. Estas industrias son de menor porte en cuanto a las cargas de sus efluentes, y se han incorporado en la gestión de la Unidad como una categoría de Tercera Prioridad.

Esta clasificación es dinámica, puesto que de observarse cambios sustantivos en el desempeño de las industrias, las mismas cambian de categoría según corresponda. Inclusive incorporarse al Programa de Monitoreo en el caso de las de Tercera Prioridad o industrias que inician actividad.

A partir de los caudales y el cálculo de concentraciones medias ponderadas, se obtuvieron las cargas contaminantes vertidas por las industrias privadas al 30 de Noviembre de 2008, obteniendo los totales para Montevideo que se indican en la Tabla 3:

Caudal (m ³ /día)	Grasas	DBO ₅	SST	Amonio	Cr T	Sulfuros	Pb
Kg / día							
19.460	1.980	10.871	1.646	673	10	52	1,5

Tabla 3. Cargas industriales vertidas, situación al 30/11/2008. (UEI, IMM)

De estas 93 industrias establecidas en Montevideo, que integran el Programa de Evaluación de la Contaminación de Industrias en el año 2008, 37 pertenecen a la cuenca del Arroyo Pantanoso. De éstas, 26 son las de mayor potencial con relación a la contaminación en la cuenca.

Si bien la cuenca del Arroyo Pantanoso, se caracteriza por sus numerosas curtiembres, existe también industrias de otros ramos como ser: cárnicas, metalúrgicas, pesqueras, pinturerías, lácteos, hidrocarburos, etc.

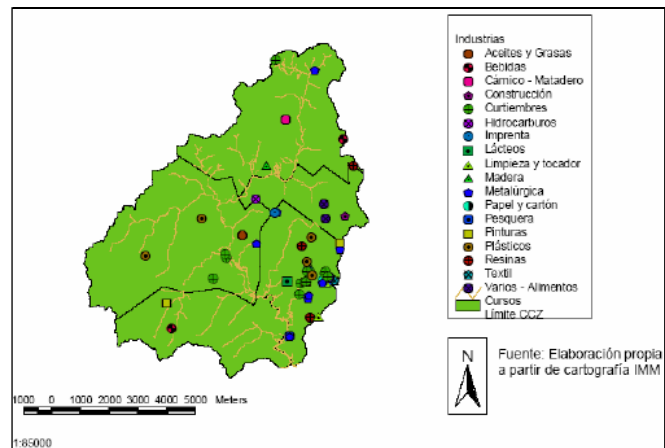


Figura 9. Principales industrias en la cuenca

En la Figura 9, se muestra la ubicación de las principales industrias que tienen efluentes industriales, como así también otras empresas de la zona.

3 RESULTADOS

3.1 Evolución de la Carga Contaminante de los Efluentes líquidos Industriales. Período 2002 – 2008

En el año 2008, 93 industrias establecidas en Montevideo integraban el Programa de Evaluación de la Contaminación de Industrias y 37 pertenecían a la cuenca del Arroyo Pantanoso. De éstas, 26 son las de mayor potencial con relación a la contaminación en la cuenca.

3.1.1 Evolución de las cargas para el Departamento de Montevideo

En la Tabla 4 se presenta la evolución de los vertidos industriales del Departamento de Montevideo desde Noviembre de 1997 a Noviembre de 2008. Si bien el período de estudio es desde el año 2002 al año 2008, se presenta los datos anteriores para tener una referencia de su evolución desde el inicio del monitoreo sistemático.

Como se observa en la última fila de la Tabla 4, el porcentaje de variación desde el inicio del programa para todos los parámetros muestra una reducción, a pesar del aumento en el número de industrias.

La Tabla 5, muestra las cargas en forma semestral para Montevideo, discriminando por tipo de vertido: curso de agua, infiltración y colector, pudiéndose observar que la disminución de las cargas en los distintos parámetros es mantenida en el tiempo.

Fecha	Industrias Activas con vertido	Caudal (m ³ /día)	Grasas	DBO ₅	SST	Cr T	Sulfuro	Pb	
			(kg/día)						
11/1997	78	18.162	17.108	21.328	6.326	294	133	31	
6/1998	85	19.913	11.570	28.453	4.999	406	157	139	
11/1998	80	19.638	8.730	26.473	2.686	437	183	46	
6/1999	62	16.872	9.630	25.104	3.715	144	114	0,4	
11/1999	73	15.462	7.563	19.873	2.215	193	54	17	
6/2000	75	16.296	10.167	26.447	3.775	114	89	8	
11/2000	69	14.907	5.033	15.490	474 (*)	119	50	34	
6/2001	75	15.904	6.871	21.382	374	155	53	15	
11/2001	79	15.843	6.244	19.414	282	78	32	4	
6/2002	72	14.025	3.922	23.464	989	64	84	8	
11/2002	72	11.775	3.960	14.942	406	46	70	2	
6/2003	66	12.270	4.435	16.857	575	57	144	5	
11/2003	72	14.095	2.841	10.435	938	102	100	12	
6/2004	73	16.015	2.987	14.698	843	102	71	5,2	
11/2004	78	15.425	2.477	13.270	924	66	79	11	
6/2005	80	17.450	4.395	19.138	847	65	93	4,1	
11/2005	83	17.560	3.073	13.389	605	75	95	4,8	
6/2006	89	17.850	2.147	12.167	608	96	139	2,8	
11/2006	92	17.690	1.943	17.870	948	88	112	2,1	
6/2007	91	18.195	2.514	15.535	935	76	77	1,7	
11/2007	94	18.740	3.261	15.305	2.260	55	57	1,8	
06/2008	91	20.355	2.157	13.744	1.291	34	95	1,8	
11/2008	93	19460	1.980	10.871	1.646	10	52	1,5	
% de Variación 11/ 97- 11/ 08		+19 %	+ 7,1 %	- 88 %	- 49 %	- 74 %	- 97 %	- 61 %	- 95 %

Tabla 4. Evolución de Cargas Industriales Vertidas.

Referencias: (*) – Reducción luego del cierre de un Lavadero de Lanás.

Fecha	Tipo de Vertido	N° ind	Q m³/día	GRASAS	DBO ₅	SST kg/día	Cr T	S=	Pb
Nov. 97	a curso de agua	31	4.922	2.904	2.941	6.326	14	2,0	0,5
	a colector	47	13.240	14.204	18.387		279	132	31
	Total	78	18.162	17.108	21.328	6.326	294	133	31
Jul. 98	a curso de agua	27	4.228	2.629	3.243	4.996	12	0,5	2,8
	a colector	58	15.685	8.941	25.240	3	394	157	136
	Total	85	19.913	11.570	28.483	4.999	406	157	139
Nov. 98	a curso de agua	26	4.148	2.616	3.339	2.686	4	0,0	4,0
	a colector	54	15.490	6.114	23.135		433	183	43
	Total	80	19.638	8.730	26.473	2.686	437	183	47
Jul. 99	a curso de agua	23	5.287	2.390	5.616	3.696	0	0,0	0,1
	a colector	39	11.585	7.240	19.488	20	144	114	0
	Total	62	16.872	9.630	25.104	3.715	144	114	0
Nov. 99	a curso de agua	34	4.791	3.705	5.251	2.215	2	0,8	0,6
	a colector	39	10.671	3.858	14.622		191	53	16
	Total	73	15.462	7.563	19.873	2.215	193	54	17
Jul. 00	a curso de agua	29	3.949	3.094	5.085	3.775	2	0,0	0,3
	a colector	46	12.347	7.073	21.362		112	89	7
	Total	75	16.296	10.167	26.447	3.775	114	89	8
Nov. 00	a curso de agua	26	3.383	188	631	474	3	0,0	0,0
	a colector	43	11.524	4.845	14.859		116	50	34
	Total	69	14.907	5.033	15.490	474	119	50	34
Jul. 01	a curso de agua	25	3.667	146	921	374	2	2,5	3,0
	a colector	50	12.237	6.725	20.461		153	51	12
	Total	75	15.904	6.871	21.382	374	155	53	15
Nov. 01	a curso de agua	27	3.812	130	759	282	1	2,0	2,0
	a colector	52	12.031	6.114	18.655		77	30	2
	Total	79	15.843	6.244	19.414	282	78	32	4
Jul. 02	a curso de agua	19	3.525	218	766	989	0,1	0,9	0,1
	a terreno	6	225	29	116		0,05	0,4	0,1
	a colector	47	10.275	3.676	22.582		63	82	7,5
	Total	72	14.025	3.922	23.464	989	64	84	7,7
Nov. 02	a curso de agua	20	2.595	94	996	406	0,4	2,6	0,1
	a terreno	5	205	37	112		0,19	0,4	0,2
	a colector	47	8.975	3.829	13.834		45	67	1,6
	Total	72	11.775	3.960	14.942	406	46	70	1,8
Jul. 03	a curso de agua	17	2.440	93	801	522	0,4	3,1	0,1
	a terreno	5	210	18	208		0,08	0,4	0,1
	a colector	44	9.620	4.325	15.849		57	141	4,6
	Total	66	12.270	4.435	16.857	522	57	144	4,8
Nov. 03	a curso de agua	20	3.285	95	911	718	0,7	5,2	0,4
	a terreno	5	380	25	418	220	0,22	1,2	0,2
	a colector	47	10.430	2.721	9.106		101	94	11,4
	Total	72	14.095	2.841	10.435	938	102	100	12,0
Jul. 04	a curso de agua	20	4.045	140	1.227	760	1,1	14,3	0,2
	a terreno	5	335	31	206	83	0,99	0,7	0,6
	a colector	48	11.635	2.816	13.265		100	56	4,4
	Total	73	16.015	2.987	14.698	843	102	71	5,2
Nov. 04	a curso de agua	22	4.300	181	1.329	777	1,6	26,9	0,8
	a terreno	4	190	32	171	147	0,06	0,3	0,2
	a colector	52	10.935	2.264	11.770		65	52	10,2
	Total	78	15.425	2.477	13.270	924	66	79	11,2
Jul. 05	a curso de agua	22	4.950	294	1.368	789	0,9	18,8	0,7
	a terreno	4	135	41	103	58	0,26	0,2	0,04
	a colector	54	12.365	4.060	17.667		64	74	3,4
	Total	80	17.450	4.395	19.138	847	65	93	4,1
Nov. 05	a curso de agua	26	5.130	180	790	550	1,6	7,8	1,5
	a terreno	5	235	44	108	56	0,25	0,4	0,04
	a colector	52	12.195	2.849	12.492		73	86	3,3
	Total	83	17.560	3.073	13.389	605	75	95	4,8
Jul. 06	a curso de agua	28	5.425	181	642	608	0,5	10,7	0,4
	a terreno	6	320	8	44	11	0,01	0,2	0,03
	a colector	55	12.105	1.991	11.427		98	110	2,4
	Total	89	17.850	2.180	12.113	619	98	120	2,9
Nov. 06	a curso de agua	29	5.470	142	1.166	913	0,4	5,6	0,2
	a terreno	5	330	70	167	35	0,03	0,1	0,04
	a colector	58	11.890	1.731	16.537		88	106	1,9
	Total	92	17.690	1.943	17.870	948	88	112	2,1
Jul. 07	a curso de agua	27	5.510	160	463	802	0,3	5,9	0,2
	a terreno	5	360	78	213	133	0,02	0,1	0,04
	a colector	59	12.325	2.276	14.859		76	71	1,5
	Total	91	18.195	2.514	15.535	935	76	77	1,7
Nov. 07	a curso de agua	26	5.880	1.414	3.162	2.212	0,5	10	0,2
	a terreno	7	360	63	175	48	0,04	0,2	0,07
	a colector	61	12.500	1.783	11.967		54	47	1,5
	Total	94	18.740	3.261	15.305	2.260	55	57	1,8
Jul. 08	a curso de agua	26	7.040	182	934	1.247	0,16	27	0,26
	a terreno	7	405	49	180	44	0,21	0,77	0,07
	a colector	58	12.910	1.925	12.630	0	34	67	1,5
	Total	91	20.355	2.157	13.744	1.291	34	95	1,8
Nov. 08	a curso de agua	24	7.145	187	675	1.469	0,21	4,9	0,23
	a terreno	10	580	51	283	178	0,13	1,9	0,08
	a colector	59	11.735	1.742	9.912		10	46	1,2
	Total	93	19.460	1.980	10.871	1.646	10	52	1,5
Jun. 09	a curso de agua	21	7.055	213	510	1.142	0,41	2,04	0,21
	a terreno	10	620	112	419	159	0,39	1,49	0,06
	a colector	60	11.425	1.303	10.645		9,73	69,30	1,25
	Total	91	19.100	1.627	11.574	1.301	11	73	1,5
Nov. 09	a curso de agua	22	7.070	211	260	1.447	0,09	6,56	0,22
	a terreno	10	725	198	30	307	0,19	9,35	0,06
	a colector	60	11.850	1.964	1.812		15,13	57,15	1,41
	Total	92	19.645	2.379	2.057*	1.733	15	70	1,6
Jun. 10	a curso de agua	24	7.145	186	631	1.014	0,1	2,4	0,2
	a terreno	10	600	68	308	213	0,02	1,5	0,1
	a colector	58	12.280	1.642	10.628		20	59	1,3
	Total	92	20.025	1.895	11.567	1.227	21	62	1,6

Tabla 5. Evolución de las cargas vertidas en el Departamento de Montevideo, según tipo de vertido.

* El valor es parcial, pues no se pudieron realizar todos los análisis de DBO₅, por un problema en el equipo.

En la Figura 10, se muestra gráficamente la evolución de la carga orgánica, visualizándose una tendencia a la disminución, aunque con un comportamiento sazonado en forma semestral hasta el año 2005 (noviembre desciende, junio aumenta) para que a partir del año 2006 descienda en forma constante.

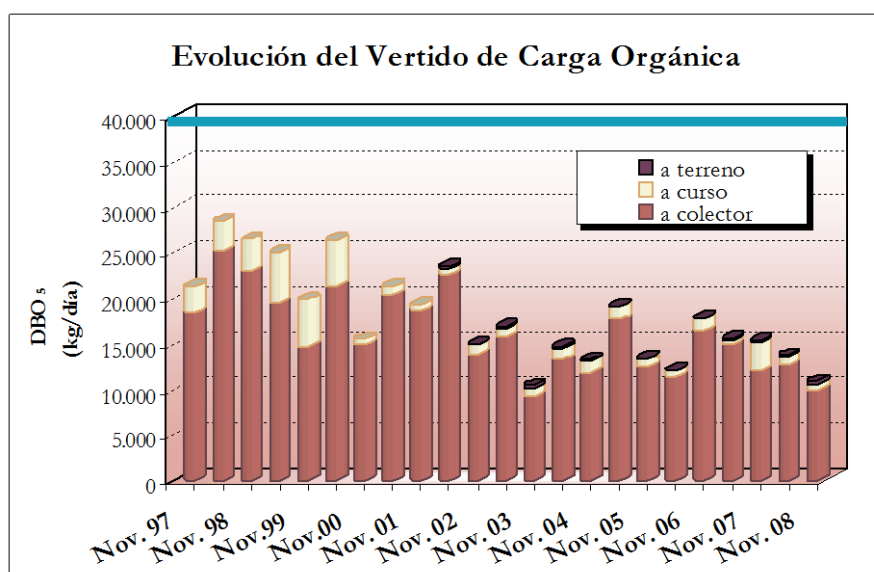


Figura 10. Evolución del vertimiento de Carga Orgánica

----- Programa de Control de la Contaminación Industrial: máximo 40.000 kg/día

En la Figura 11, se presenta gráficamente la evolución de las cargas en metales pesados. En este caso recién en el año 2001 se logra disminuir la carga y alcanzar el valor de referencia establecido como carga factible de soportar el Departamento de Montevideo. Luego del año 2001, si bien algunos semestres sobrepasaron el valor de referencia, la tendencia fue de disminución, lo cual evidencia mejoría en los tratamientos.

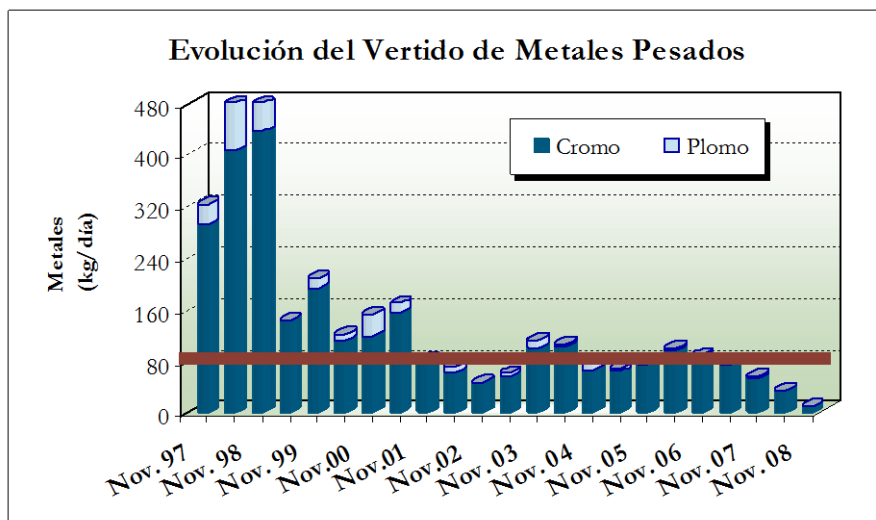


Figura 11. Evolución de la carga de Metales Pesados vertidos.

----- Programa de Control de la Contaminación Industrial: máximo 82 kg/día

Analizando el comportamiento respecto al inicio del Programa de Monitoreo en el año 1997 (Tabla 4 y Tabla 5), se puede observar que todos los parámetros descienden significativamente a pesar del considerable aumento en el número de industrias que integran el Programa, y la actividad de las mismas medida indirectamente a través de los caudales vertidos.

A noviembre del año 2008, las reducciones más importantes y sostenidas se verifican para los parámetros Aceites y Grasas (88 %) y Plomo (95%), respecto al inicio del programa. En el caso de la DBO₅ el descenso es del 49%. En cuanto al valor de Cromo Total, continua en este último semestre la tendencia descendente respecto al inicio del Programa (97 %) alcanzando el valor más bajo desde 1997. Asimismo se verifica un descenso también significativo (61%) en la carga de los Sulfuros, desde el inicio del Programa, registrando uno de los valores más bajos de este parámetro desde Noviembre de 1997. Esta comparación se muestra gráficamente en la Figura 12 y Figura 13.

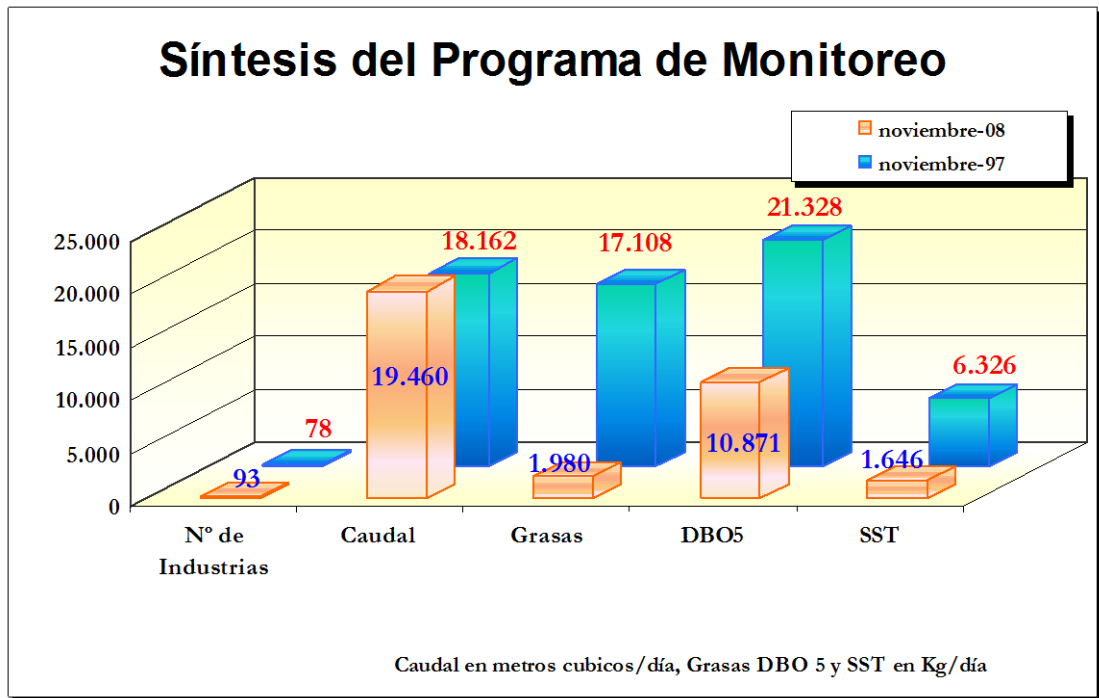


Figura 12. Comparación. Noviembre 1997 - Noviembre 2008.

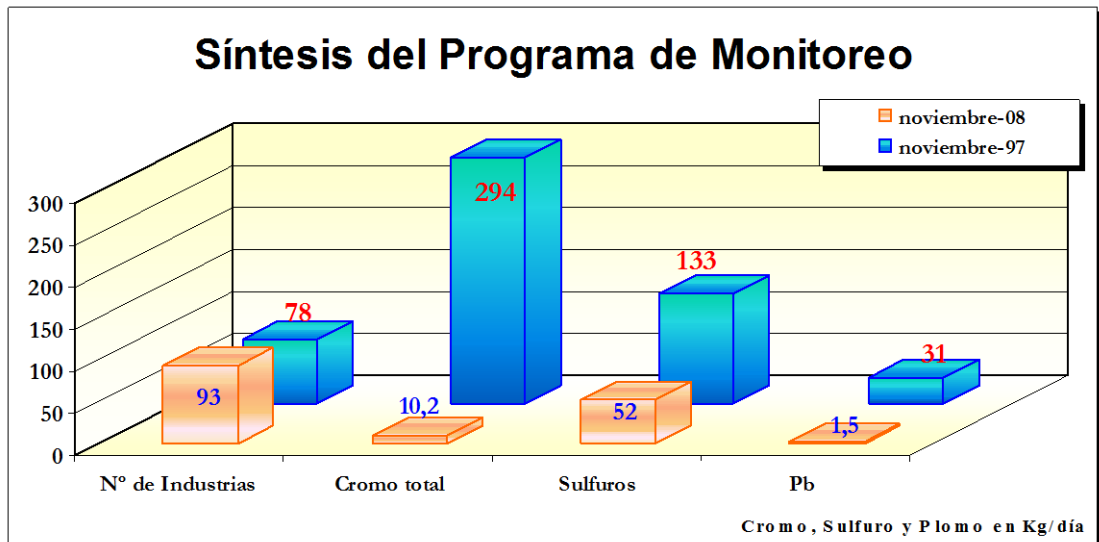


Figura 13. Comparación. Noviembre 1997 - Noviembre 2008.

3.1.2 Comparación del número de industrias y de cargas para las distintas cuencas de Montevideo

La Figura 14 muestra gráficamente el número de industrias instaladas en las principales cuencas de vertido del Departamento: Bahía, Miguelete, Pantanoso y Emisario Costero⁸. Las otras cuencas de vertido (Arroyo Las Piedras, Río Santa Lucía, Arroyo Carrasco) no son relevantes.

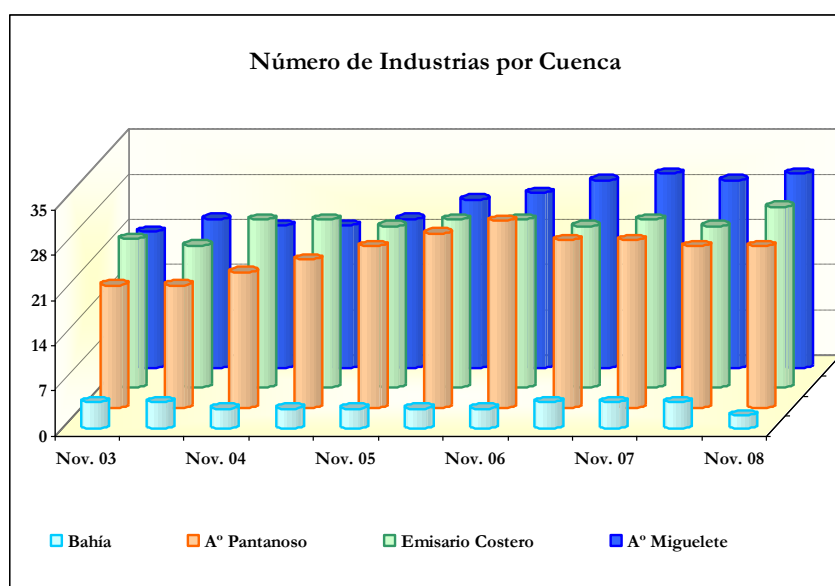


Figura 14. Número de industrias por cuenca de vertido.

De la Figura 14, se deduce sólo ligeras diferencias respecto al número de industrias instaladas para las Cuencas del Arroyo Pantanoso, Emisario Costero y Arroyo Miguelete, aunque para esta última cuenca se da un ascenso en el número de industrias instaladas a partir del año 2005.

Respecto a la Cuenca del Arroyo Pantanoso, el número máximo de industrias se registra en el año 2006.

⁸ La Cuenca del Emisario está constituida por toda la zona centro – este con saneamiento, cuyo vertido final es el Emisario de Punta Carretas, por lo cual todas las industrias que integran la cuenca referida tienen vertido a colector.

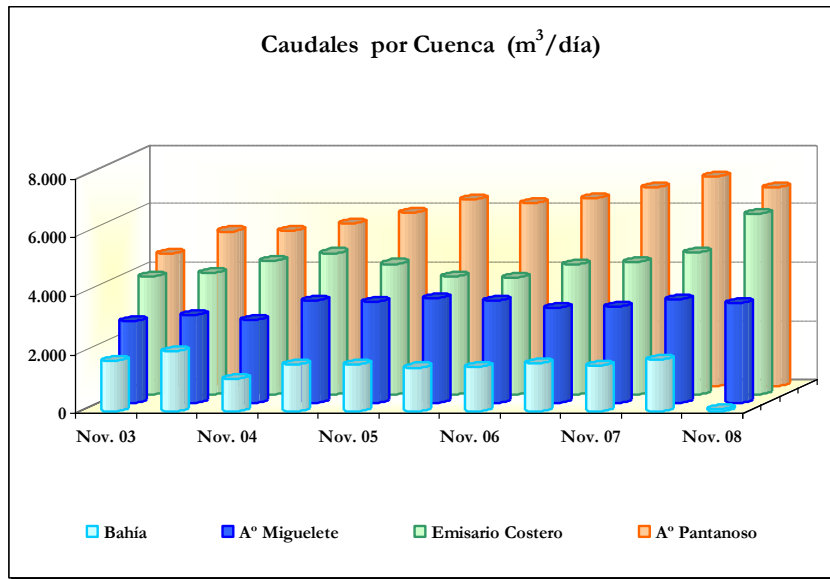


Figura 15. Caudales por cuenca de vertido.

Si bien es levemente mayor el número de industrias que vierte a la Cuenca del Arroyo Miguelete y a la Cuenca del Emisario (Figura 14), al considerar los caudales vertidos para todo el período es mayor lo que recibe la Cuenca del Arroyo Pantanoso (Figura 15), por lo que se deduce que las industrias son de mayor porte.

Esta incidencia de mayor caudal vertido es fundamental al momento de analizar las cargas. Al comparar con las otras cuencas es clara la importancia de la cuenca de estudio, siendo la que en promedio recibe las mayores cargas en los distintos parámetros, como se puede observar en las Figuras 16 a 20.

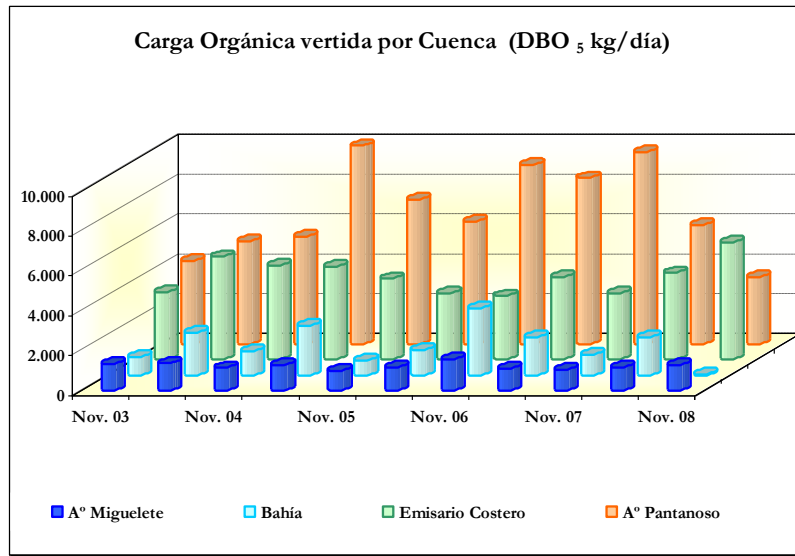


Figura 16. Carga orgánica por cuenca de vertido

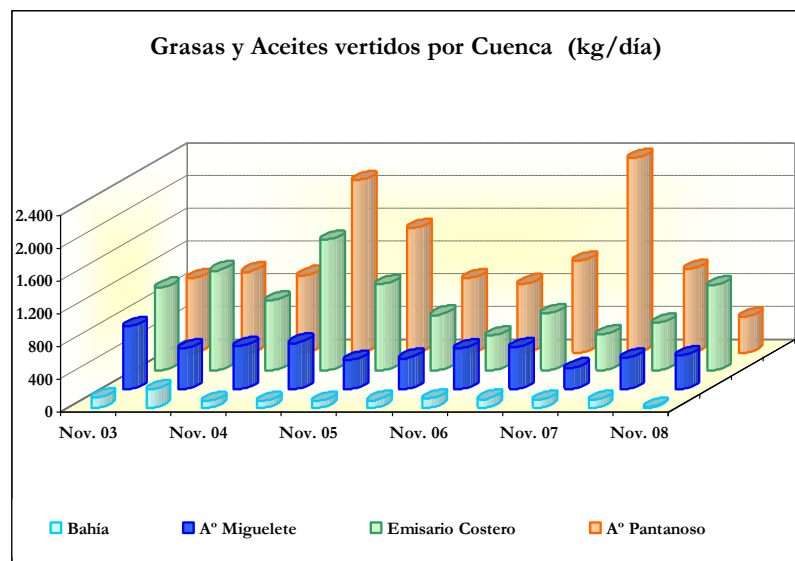


Figura 17. Carga de Grasas y Aceites por cuenca de vertido

Respecto a las cargas en materia orgánica (DBO₅) y grasas y aceites, Figura 16 y Figura 17, se puede observar que para todo el período de estudio es mayor lo que recibe la Cuenca del Arroyo Pantanoso, comparado con la Cuenca del Arroyo Miguelete. Esta diferencia es más notoria al analizar las cargas de sulfuro y cromo, parámetros específicos del ramo curtiembre, Figura 18 y Figura 19. En cambio para el parámetro

plomo, existe diferencias a lo largo del período de estudio, Figura 20. Comienza el período con mayor incidencia en la Cuenca del Arroyo Miguelete, situación que se revierte al final, pasando a tener mayor carga vertida de plomo la Cuenca del Arroyo Pantanoso, aunque es en términos relativos, ya que la misma ha disminuido significativamente.

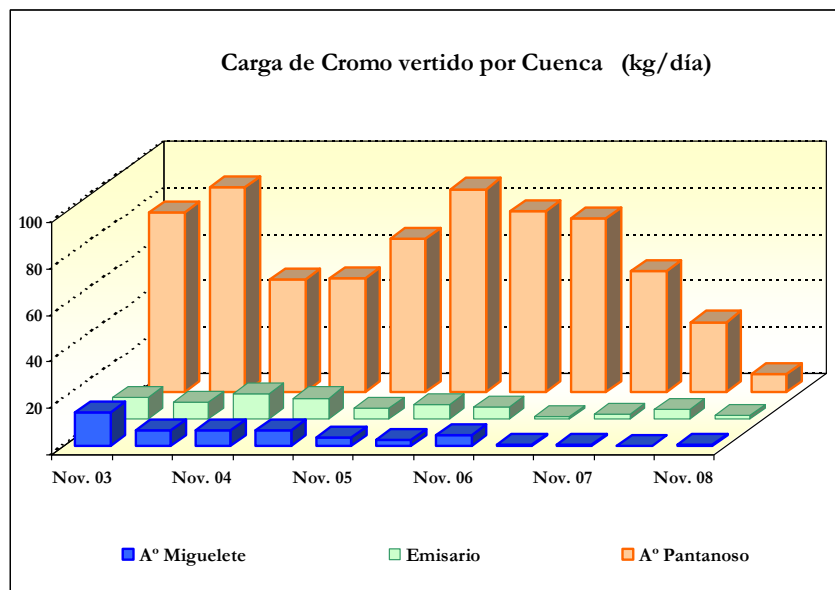


Figura 18. Carga de Cromo por cuenca de vertido.

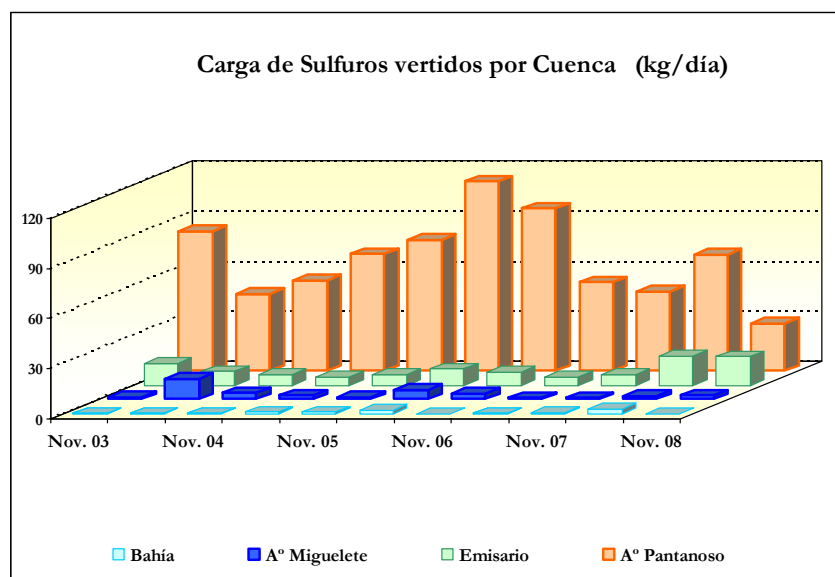


Figura 19. Carga de Sulfuros por cuenca de vertido

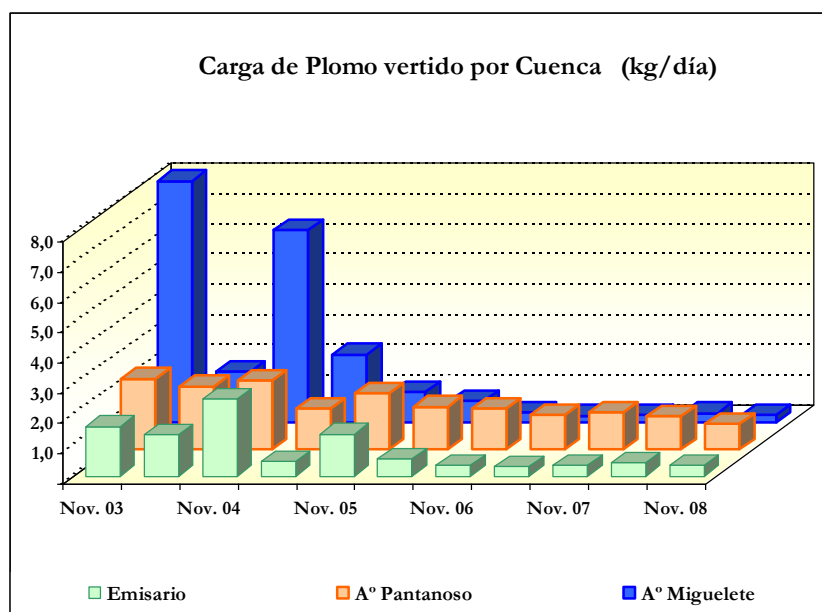


Figura 20. Carga de Plomo por cuenca de vertido

3.1.3 Evolución de las cargas para la Cuenca del Arroyo Pantanoso

3.1.3.1 Análisis comparativo de la Cuenca del Arroyo Pantanoso con el resto del Departamento de Montevideo

Analizada la situación para el Departamento de Montevideo, y la comparación de cuencas, se presenta la Tabla 6 que muestra un cuadro comparativo entre los totales de cargas para Montevideo y para la cuenca del Arroyo Pantanoso. Se incluye en esta tabla el cálculo de habitantes equivalentes.

Se puede apreciar lo visto anteriormente en forma gráfica, que la Cuenca del Arroyo Pantanoso recibe un porcentaje importante de la carga contaminante total. Esto se da sobre todo en parámetros como cromo, sulfuro y plomo, característicos de la industria del cuero.

	Semestre	N° ind	Caudal (m3/día)	Grasas (kg/día)	DBO5 (kg/día)	Habitantes equivalentes	Cr T (kg/día)	S= (kg/día)	Pb (kg/día)
Arroyo Pantanoso	Nov. 97	20	4.022	1.442	5.087	84.776	177	105	
	Nov. 02	17	3.740	514	2.856	47.600	20	25	1,0
	Jul. 03	17	3.770	573	3.622	60.367	40	74	1,80
	Nov. 03	19	4.495	905	4.205	70.087	77	84	2,3
	Jul. 04	19	5.275	986	5.165	86.088	88	46	2,1
	Nov. 04	21	5.280	941	5.422	90.375	48	54	2,3
	Jul. 05	23	5.530	2.104	9.973	166.218	49	70	1,4
	Nov. 05	25	5.920	1.520	7.284	121.406	66	79	1,8
	Jul. 06	27	6.380	909	6.164	102.726	87	114	1,4
	Nov. 06	29	6.225	842	9.033	150.544	78	97	1,3
	Jul. 07	26	6.405	1.123	8.352	139.193	75	53	1,1
	Nov. 07	26	6.770	2.375	9.643	160.724	52	48	1,2
	Jul. 08	25	7.145	1.020	6.005	100.088	30	70	1,1
	Nov. 08	25	6.760	437	3.383	56.383	7,8	28	0,82
	Jul. 09	24	6.330	666	4.324	72.067	8,5	52	0,84
Nov. 09	25	6.900	610	892*	*	11	36	1,1	
Jul. 10	26	7.140	620	4.651	77.517	19	40	0,93	
Total Industrias	Nov. 97	78	18.162	17.108	21.328	355.461	294	133	31
	Nov. 02	72	11.775	3.960	14.942	249.039	46	70	1,8
	Jul. 03	66	12.270	4.435	16.857	280.955	57	144	4,8
	Nov. 03	72	14.095	2.841	10.435	173.923	102	100	12
	Jul. 04	73	16.015	2.987	14.698	244.966	102	71	5,2
	Nov. 04	78	15.425	2.477	13.270	221.159	66	79	11
	Jul. 05	80	17.450	4.395	19.138	318.971	65	93	4,1
	Nov. 05	83	17.560	3.073	13.389	223.154	75	95	4,8
	Jul. 06	89	17.850	2.180	12.113	201.886	98	120	2,9
	Nov. 06	92	17.690	1.943	17.870	297.834	88	112	2,1
	Jul. 07	91	18.195	2.514	15.535	258.918	76	77	1,7
	Nov. 07	94	18.740	3.261	15.305	255.080	55	57	1,8
	Jul. 08	91	20.355	2.157	13.744	229.067	34	95	1,8
	Nov. 08	93	19.460	1.980	10.871	181.181	10	52	1,5
	Jul. 09	91	19.100	1.627	11.574	192.900	11	73	2
Nov. 09	92	19.645	2.379	2.057*	*	15	70	2	
Jul. 10	92	20.025	1.895	11.567	192.783	21	62	2	

Tabla 6. Cargas en la Cuenca del Arroyo Pantanoso y en el Departamento de Montevideo. Período 2002 – 2008.

* El dato es parcial. No se pudo analizar la DBO₅ a todas las muestras del semestre por desperfecto del equipo.

En las Figuras 21 a 28, se presenta en forma gráfica la evolución comparativa del número de industrias, sus caudales y sus cargas, en la Cuenca del Arroyo Pantanoso y en el total de Montevideo, en el período de estudio.

Del análisis surge que el número de industrias ubicadas en la Cuenca del Arroyo Pantanoso crece, acompañando el crecimiento total de industrias en Montevideo. Lo mismo ocurre con los caudales vertidos por las industrias, e incluso esta situación se mantiene más allá del período de estudio.

Respecto a la carga orgánica, de grasas y aceites, y de cromo, el comportamiento en el período para lo vertido en la cuenca de estudio, acompaña la variación de lo vertido en la totalidad de Montevideo. Lo mismo ocurre para la carga de sulfuros, pudiéndose observar lo significativa que es la carga aportada por la Cuenca del Arroyo Pantanoso para el total de Montevideo, lo cual tiene directa relación con el tipo de industrias instaladas. En cambio del análisis de las cargas de plomo se observa que hasta el año 2006, había importantes aportes de otras cuencas.

Cuenca del Arroyo Pantanoso vs Total de Montevideo.

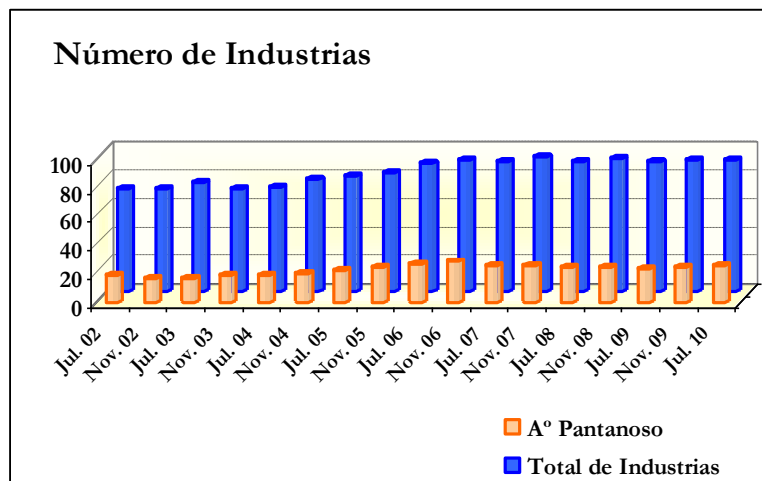


Figura 21. Evolución del Número de Industrias.

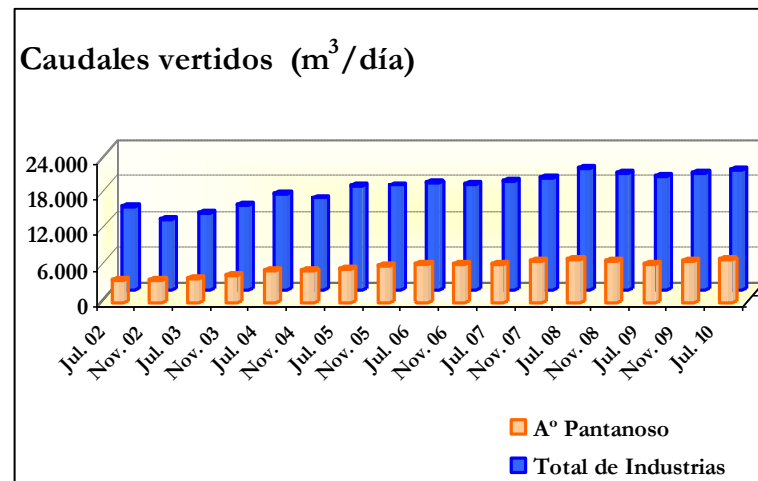


Figura 22. Evolución del Caudal Vertido.

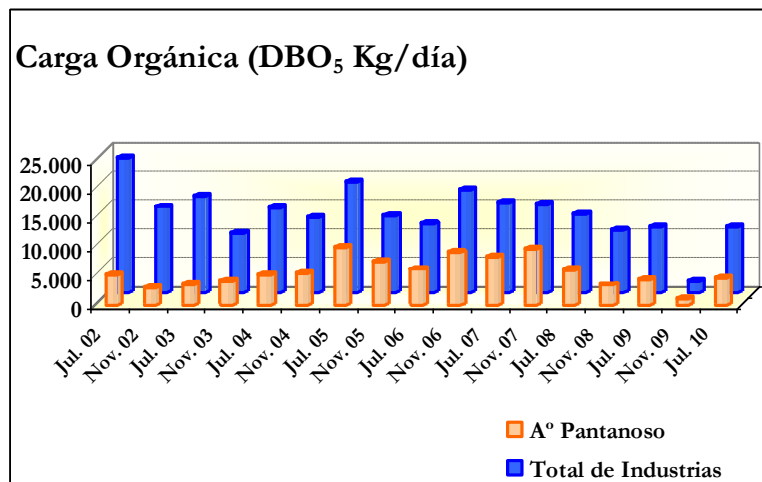


Figura 23. Evolución de la Carga Orgánica.

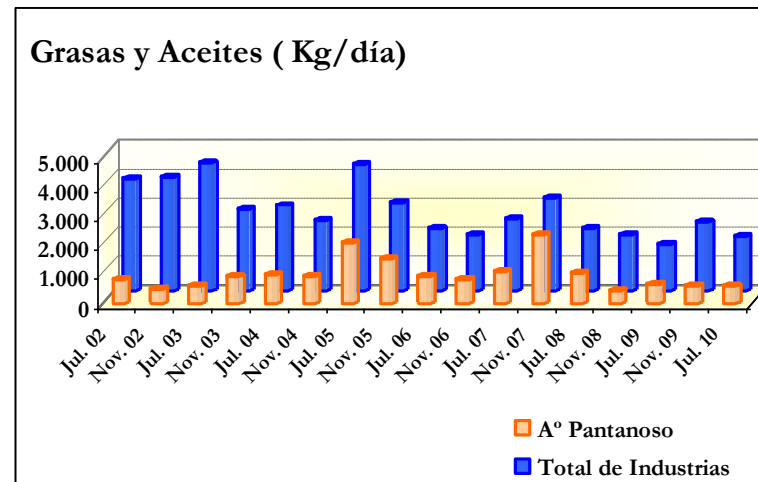


Figura 24. Evolución de la Carga de Grasas y Aceites.

Cuenca del Arroyo Pantanoso vs Total de Montevideo.

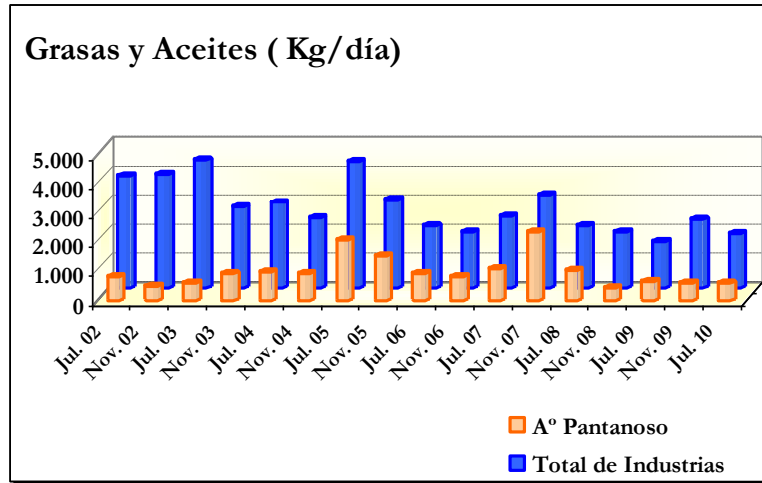


Figura 25. Evolución de la Carga de Cromo.

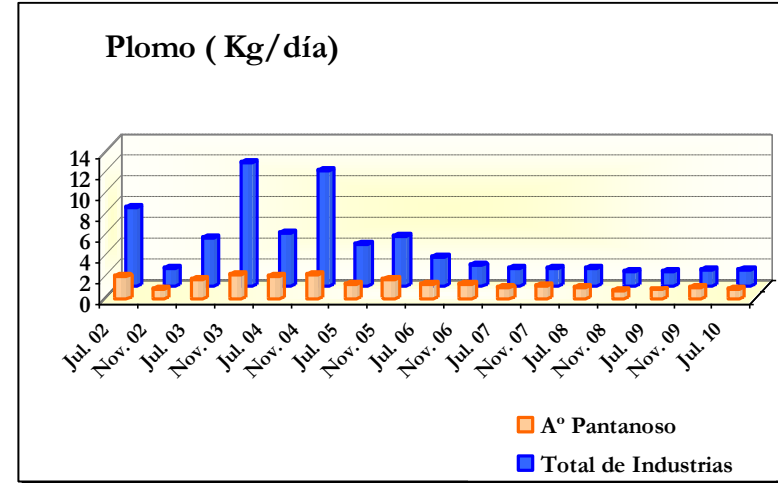


Figura 26. Evolución de la Carga de Plomo.

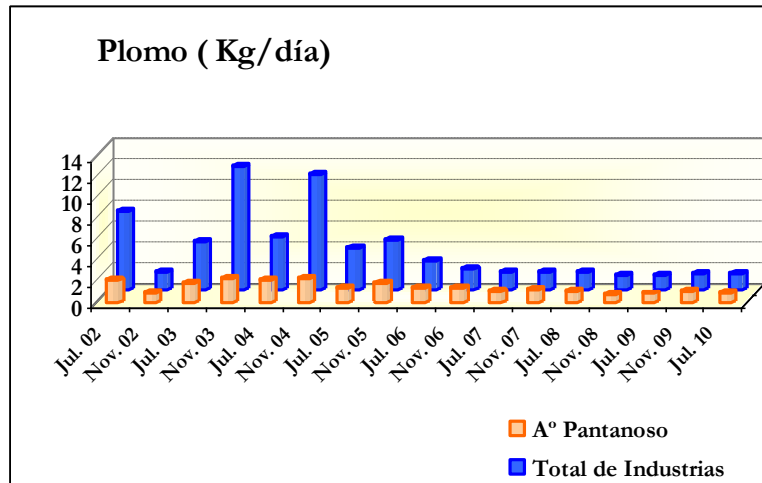


Figura 27. Evolución de la Carga de Sulfuro.

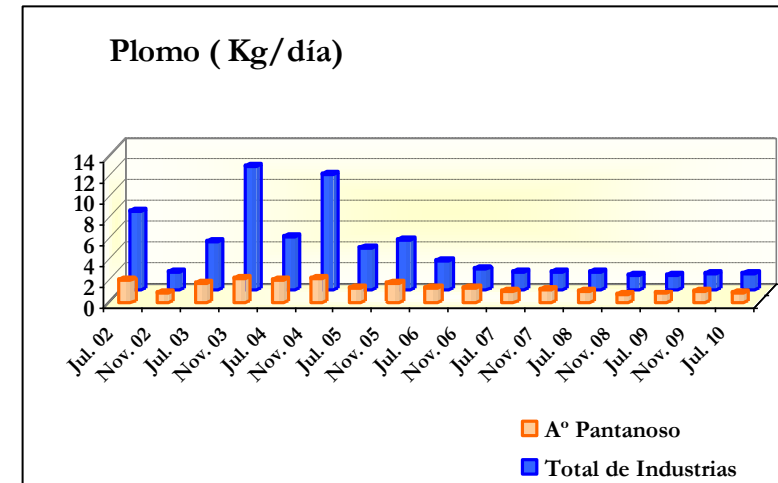


Figura 28. Evolución de la Carga de Metales: Cr y Pb.

En la Figura 29 se presenta el análisis gráfico de la suma de las cargas de cromo y plomo, relacionando con la referencia establecida de capacidad de carga en Montevideo (82 Kg/día de metales pesados). De allí surge que en el año 2004 y 2006 se sobrepasa este valor de referencia en la Cuenca del Arroyo Pantanoso. Luego del año 2006 se logra un notable descenso el cual se mantiene más allá del período de estudio.

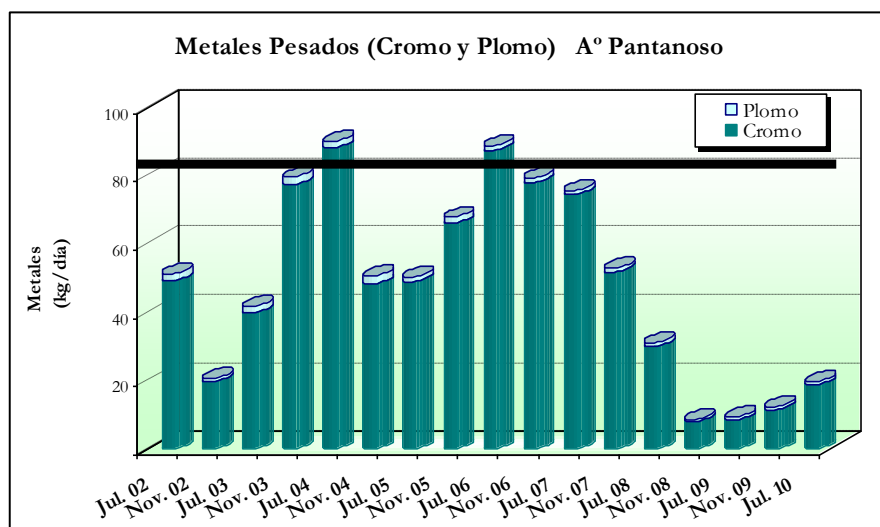


Figura 29. Evolución de la Carga de Metales Pesados: Cromo y Plomo en la Cuenca del Arroyo Pantanoso.

Del análisis realizado surge claramente la importancia que tiene la Cuenca del Arroyo Pantanoso, respecto a las cargas industriales.

Para realizar un análisis cuantitativo del peso relativo que tienen las industrias instaladas en la Cuenca del Arroyo Pantanoso sobre el total de Montevideo, se presentan las Figuras 30 a 36. En las mismas, se grafica la contribución porcentual de la Cuenca del Arroyo Pantanoso sobre el total de Montevideo, para cada uno de los parámetros analizados en el período 2002 - 2008.

Nuevamente queda en evidencia el significativo aporte de esta cuenca en las cargas totales de Montevideo, en cada parámetro, confirmando que los parámetros que inciden más porcentualmente en la carga total son: cromo total, plomo y sulfuros, lo cual coincide con los parámetros característicos de las principales industrias de la cuenca, que son curtiembres.

Un comentario especial merece la Figura 33, que grafica la contribución de aceites y grasas, donde se observa una contribución inusual de la Cuenca del Arroyo Pantanoso en noviembre del año 2007. Esto también se observa, aunque en menor grado en la Figura 32 que muestra la materia orgánica. Esta situación tiene una explicación, en la salida de régimen de la planta de tratamiento de una industria aceitera. Luego de solucionado, y en el semestre siguiente, se volvió a los valores normales.

Contribución Porcentual. Cuenca del Arroyo Pantanoso. Período 2002 -2008.

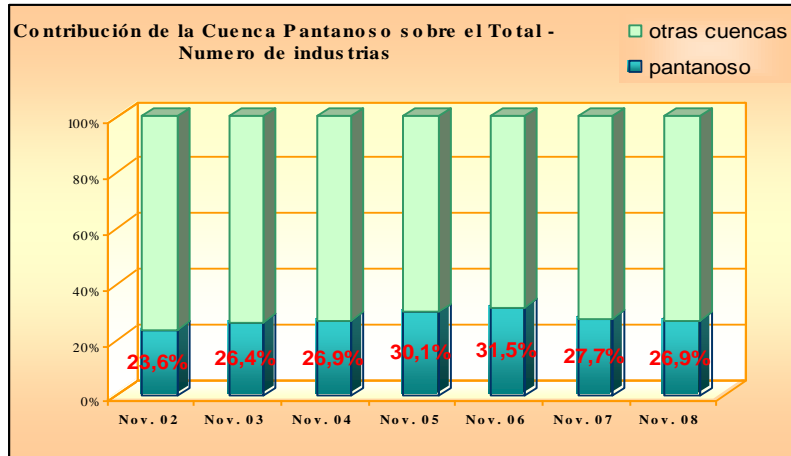


Figura 30. Número de Industrias.

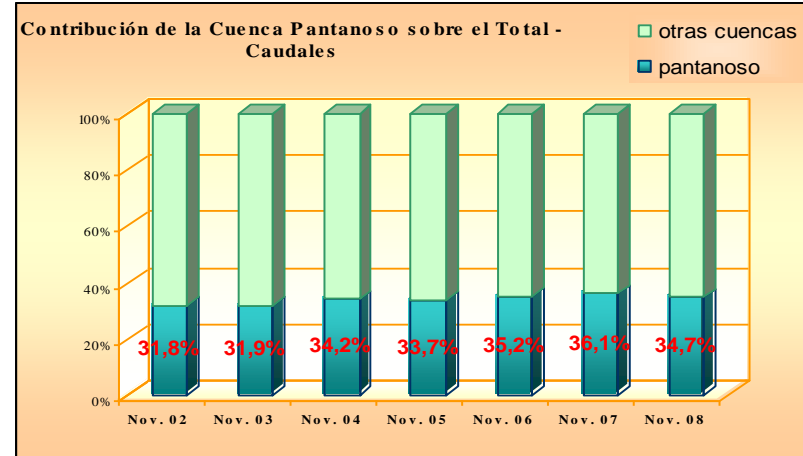


Figura 31. Caudales.

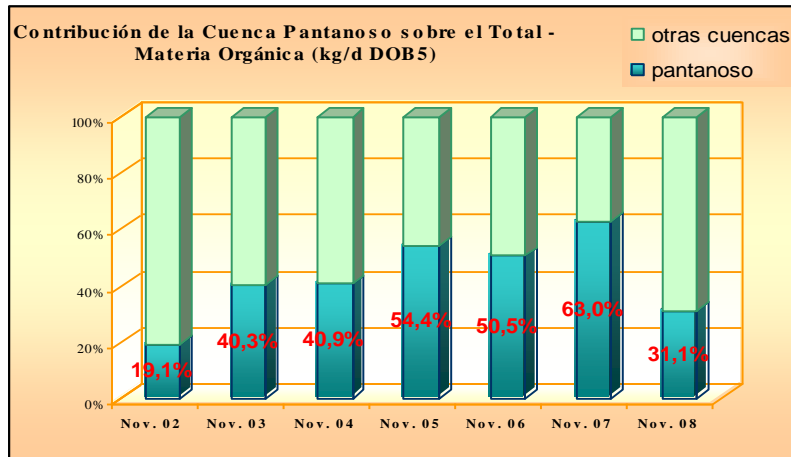


Figura 32. Materia Orgánica.

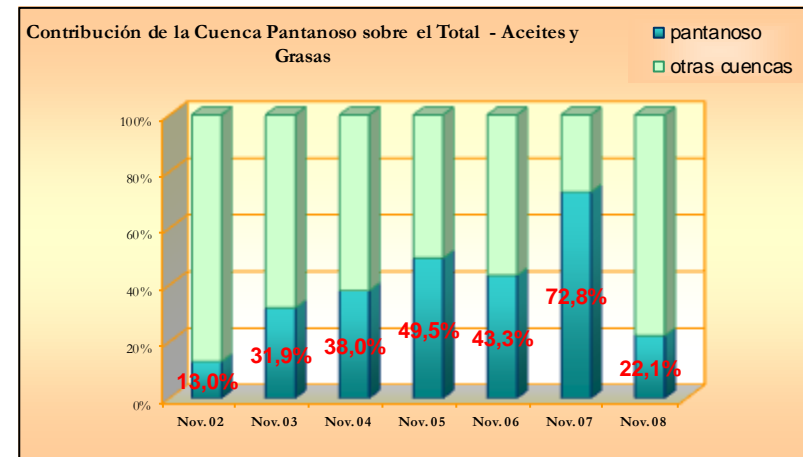


Figura 33. Aceites y Grasas.

Contribución Porcentual. Cuenca del Arroyo Pantanoso. Período 2002 -2008.

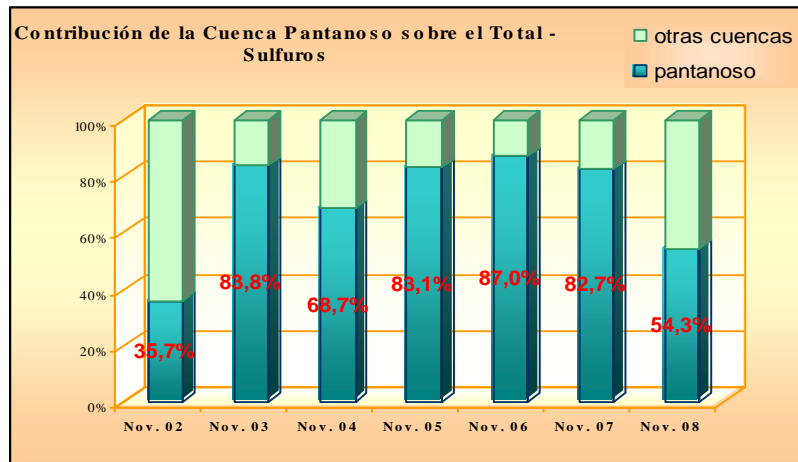


Figura 34. Sulfuros.

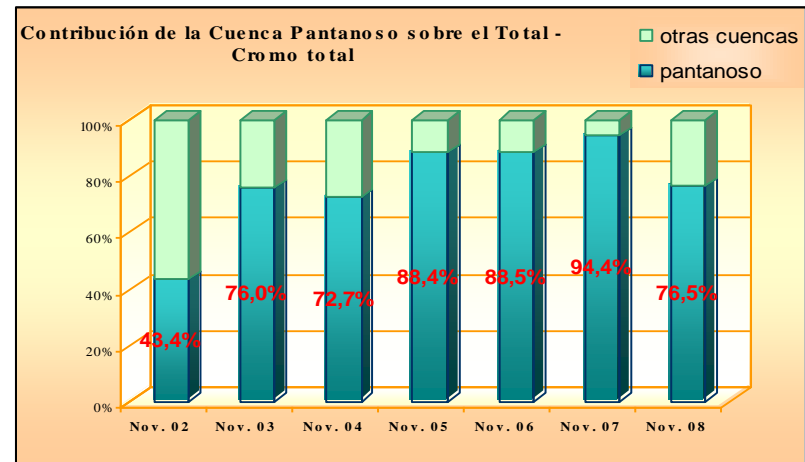


Figura 35. Cromo Total.

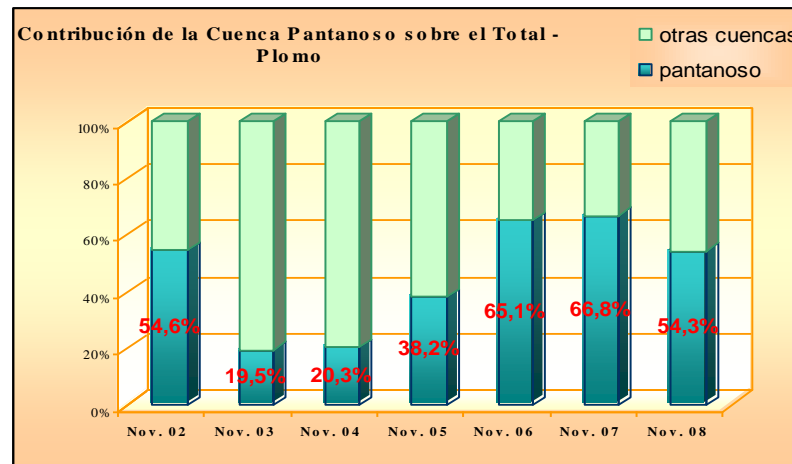


Figura 36. Plomo..

La Tabla 7 muestra la evolución completa para la cuenca en estudio desde el año 1997 a 2008. En este caso se registran los valores de cargas de los distintos parámetros, previo al período considerado.

Analizando estos datos, surge la notoria disminución de las cargas vertidas desde el año 1997, en parámetros como cromo y sulfuros, característicos del ramo curtiembre.

Semestre	N° ind.	Caudal m ³ /día	Grasas (kg/día)	DBO ₅ (kg/día)	SST (kg/día)	Amonio (kg/día)	Cr T (kg/día)	S ⁼ (kg/día)	Pb (kg/día)
Nov. 97	20	4.022	1.442	5.087	171		177	105	
Jul. 98	19	4.620	1.511	6.646	151		325	141	
Nov. 98	18	4.740	1.592	7.231	282		376	175	
Jul. 99	12	3.742	819	7.692	184		131	113	
Nov. 99	17	4.094	1.315	7.075	197		176	53	
Jul. 00	17	4.036	1.290	8.616	104		86	88	
Nov. 00	18	3.741	1.468	7.421	179		102	46	
Jul. 01	18	3.132	1.234	6.181	140		134	48	
Nov. 01	20	3.151	817	4.733	84		57	25	2,6
Jul. 02	19	3.675	813	5.165	487	644	49	72	2,2
Nov. 02	17	3.740	514	2.856	151	457	20	25	1,0
Jul. 03	17	3.770	573	3.622	242	665	40	74	1,8
Nov. 03	19	4.495	905	4.205	475	821	77	84	2,3
Jul. 04	19	5.275	986	5.165	409	871	88	46	2,1
Nov. 04	21	5.280	941	5.422	422	574	48	54	2,3
Jul. 05	23	5.530	2.104	9.973	280	446	49	70	1,4
Nov. 05	25	5.920	1.520	7.284	257	487	66	79	1,8
Jul. 06	27	6.380	909	6.164			87	114	1,4
Nov. 06	29	6.225	842	9.033			78	97	1,3
Jul. 07	26	6.405	1.123	8.352			75	53	1,1
Nov. 07	26	6.770	2.375	9.643			52	48	1,2
Jul. 08	25	7.145	1.020	6.005			30	70	1,1
Nov. 08	25	6.760	437	3.383			8	28	0,8

Tabla 7. Cuenca del Pantanoso.

Evolución semestral Noviembre 1997 a Noviembre 2008.

Para mejor visualización de lo analizado en la Tabla 7, se presentan las Figuras 37 y 38, graficando la evolución desde noviembre del año 1997 a noviembre del año 2008.

Se incorpora este período anterior al de estudio, dado que el año 2002, representa un momento significativo y resulta interesante ver lo que ocurría anteriormente.

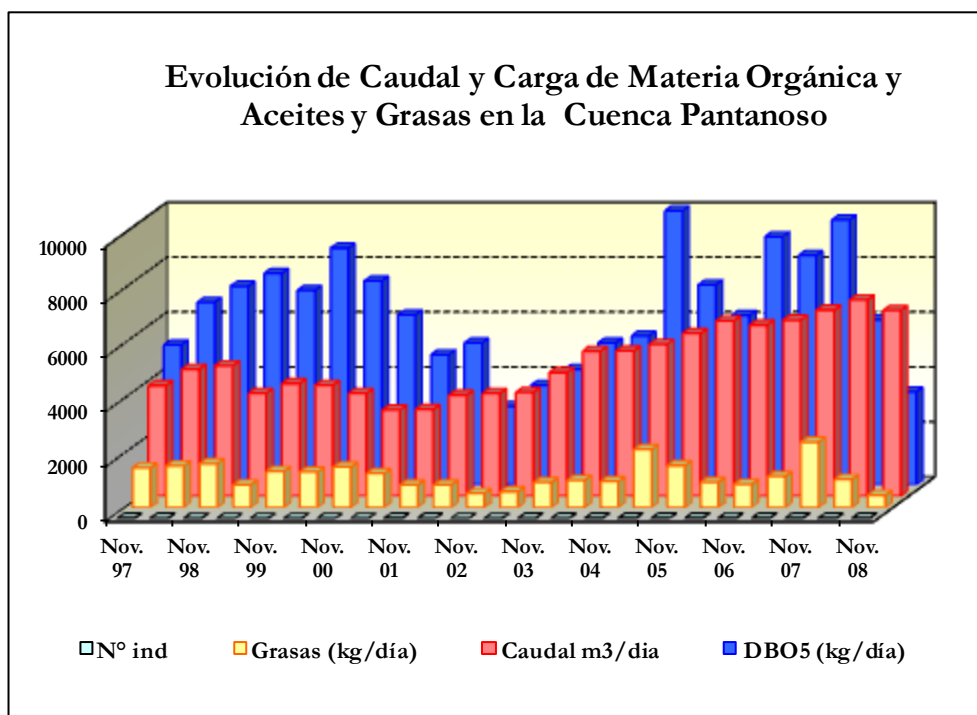


Figura 37. Carga vertida en la cuenca. Período 1997 - 2008.

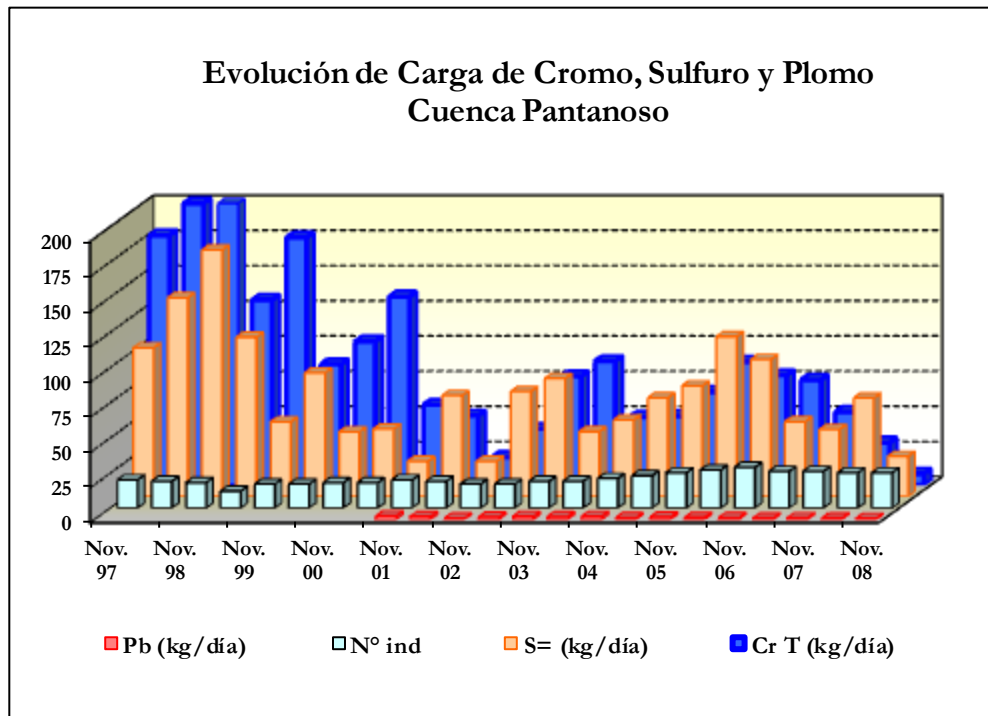


Figura 38. Carga vertida en la cuenca. Período 1997 - 2008.

Las Figuras 37 y 38 muestran el número de industrias, el caudal y la evolución de las cargas de los distintos parámetros.

Se aprecia un descenso de caudal en los años 2001 -2002 coincidiendo con el período de crisis económica del país, repercutiendo de igual manera en las cargas. Luego existe un aumento sostenido del caudal y del número de industrias.

La DBO_5 presenta un significativo descenso a fines del año 2002; comparado con la referencia del año 1997; existe un aumento posterior con algunos picos, que se acompañan con aumento en el caudal de las industrias. Baja nuevamente la carga al final del período considerado, aunque no existe descenso en el caudal.

Con referencia a la carga de grasas permanece relativamente constante desde el año 2002 hasta fines del año 2004, aumentando luego al igual que el número de industrias y el caudal de la cuenca, y bajando significativamente para fines del año 2008.

Respecto a la carga de cromo total y sulfuros descienden significativamente desde el año 1997 hasta el año 2002, para volver a aumentar aunque en menor nivel, hasta noviembre del año 2006, luego del cual vuelve a descender.

Dado el aumento de caudal y el descenso de las cargas en los últimos años, se deduce que disminuye significativamente las concentraciones promedio vertidas.

Esto muestra un aumento de la actividad industrial, y que en algunos casos el aumento de las cargas es debido al caudal y no a la concentración de los parámetros.

3.1.3.2 Análisis por tipo de vertido

Hasta ahora se analizaron las cargas vertidas a la Cuenca del Arroyo Pantanoso en su totalidad (vertidas a colector, curso de agua e infiltración al terreno). Por lo tanto lo que realmente se vierte al Arroyo Pantanoso es mucho menor.

Para analizar las cargas según el tipo de vertido, y tener una idea clara de las cargas que llegan directamente al curso de agua principal o a sus afluentes, se presenta la Tabla 8.

Nov. 1997	TV	Nº Industrias	CAUDAL (m3/día)	G y A kg/día	DBO kg/día	SST kg/día	Amonio kg/día	CrT kg/día	S= kg/día	Pb kg/día
	A	6	710	164	670	151	-	5,4	0,2	-
I	2	57	15	44	20	-	0,18	2	-	
C	12	3.255	1.263	4.373	-	-	171	103	0,3	
	20	4.022	1.442	5.087	171	-	177	107	0,3	
Nov. 2002	TV	Nº Industrias	CAUDAL (m3/día)	G y A kg/día	DBO kg/día	SST kg/día	Amonio kg/día	CrT kg/día	S= kg/día	Pb kg/día
	A	8	1.005	37	177	151	147	0,01	1,3	0,01
I	1	145	34	106	-	22	0,18	0,4	0,17	
C	8	2.590	442	2.573	-	289	20	23	0,8	
	17	3.740	514	2.856	151	457	20	25	1,0	
Nov. 2003	TV	Nº Industrias	CAUDAL (m3/día)	G y A kg/día	DBO5 kg/día	SST kg/día	Amonio kg/día	CrT kg/día	S= kg/día	Pb kg/día
	A	8	1.245	40	210	261	183	0,20	3,84	0,30
I	2	265	22	404	214	62	0,22	0,99	0,16	
C	9	2.985	843	3.591	0	576	77	79	1,9	
	19	4.495	905	4.205	475	821	77	84	2,3	
Nov. 2004	TV	Nº Industrias	CAUDAL (m3/día)	G y A kg/día	DBO5 kg/día	SST kg/día	Amonio kg/día	CrT kg/día	S= kg/día	Pb kg/día
	A	9	1310	63	343	282	96	1,34	9,72	0,69
I	1	100	30	140	140	5	0,05	0,21	0,19	
C	11	3.870	849	4.940	0	473	47	44	1,4	
	21	5.280	941	5.422	422	574	48	54	2,27	
Nov. 2005	TV	Nº Industrias	CAUDAL (m3/día)	G y A kg/día	DBO5 kg/día	SST kg/día	Amonio kg/día	CrT kg/día	S= kg/día	Pb kg/día
	A	9	1130	37	108	206	13	0,86	0,28	0,77
I	2	150	42	95	51	24	0,25	0,31	0,02	
C	14	4.640	1.442	7.081	0	450	65	78	1,0	
	25	5.920	1.520	7.284	257	487	66	79	1,84	
Nov. 2006	TV	Nº Industrias	CAUDAL (m3/día)	G y A kg/día	DBO5 kg/día	SST kg/día	Amonio kg/día	CrT kg/día	S= kg/día	Pb kg/día
	A	9	1190	30	109	207	9	0,12	0,12	0,03
I	2	185	67	163	22	54	0,03	0,04	0,02	
C	18	4.850	745	8.760	0	0	78	97	1,3	
	29	6.225	842	9.033	228	63	78	97	1,34	
Nov. 2007	TV	Nº Industrias	CAUDAL (m3/día)	G y A kg/día	DBO5 kg/día	SST kg/día	Amonio kg/día	CrT kg/día	S= kg/día	Pb kg/día
	A	7	1500	1278	2627	1436	65	0,24	8,29	0,11
I	2	210	60	122	34	60	0,03	0,03	0,04	
C	17	5.060	1.037	6.895	0	0	51	39	1,1	
	26	6.770	2.375	9.643	1470	125	52	48	1,23	
Nov. 2008	TV	Nº Industrias	CAUDAL (m3/día)	G y A kg/día	DBO5 kg/día	SST kg/día	Amonio kg/día	CrT kg/día	S= kg/día	Pb kg/día
	A	7	2125	61	198	631	110	0,14	0,36	0,02
I	3	305	28	118	97	53	0,12	0,44	0,05	
C	15	4.330	349	3.067	0	0	7,5	28	0,8	
	25	6.760	437	3.383	728	163	7,8	28	0,82	

Tabla 8. Evolución de las cargas de las industrias en la Cuenca del Pantanoso, según el tipo de vertido. Período 2002 – 2008

En la Tabla 8 se analiza el número de industrias, caudal y cargas, según tipo de vertido para el período noviembre del año 2002 a noviembre del año 2008. Se registra como referencia el inicio del monitoreo sistemático en el año 1997.

Para el período estudiado, se presentan las Figuras 39 a 45, donde se muestra gráficamente en cada año la cantidad de industrias, caudales y cargas, discriminadas por el tipo de vertimiento en la Cuenca del Arroyo Pantanoso.

Se puede apreciar que si bien existe un aumento en el número de industrias, las mismas están instaladas en zona con saneamiento por lo cual sus vertidos son a colector, permaneciendo relativamente constante la cantidad de industrias que realizan sus vertidos a curso de agua.

También se puede observar que los parámetros característicos del ramo curtiembre (cromo, plomo, sulfuros), son vertidos mayormente a colector.

Cuenca del Arroyo Pantanoso. Tipo de vertido (colector, infiltración, curso de agua).

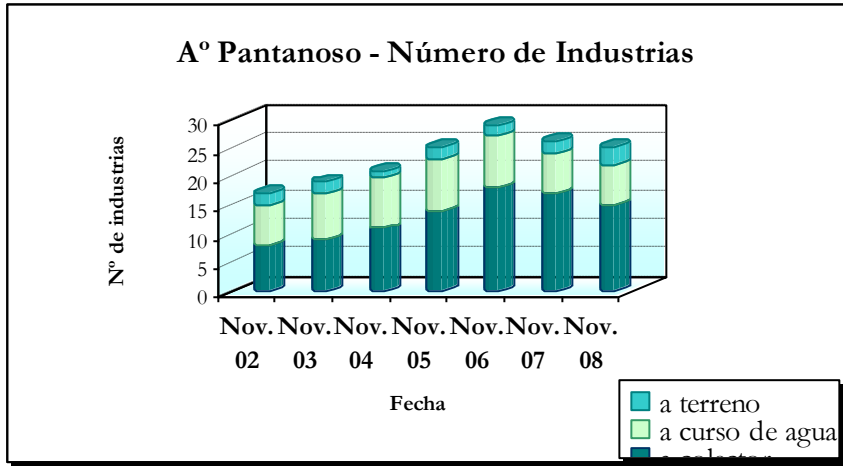


Figura 39. Número de industrias

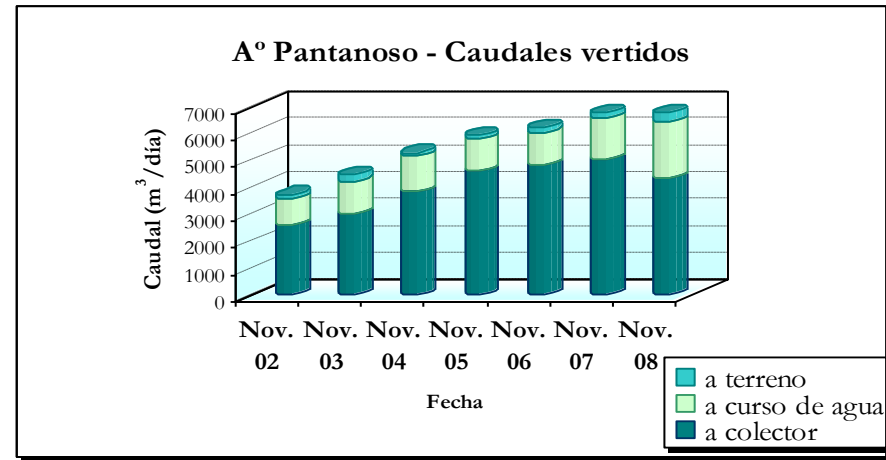


Figura 40. Caudales vertidos

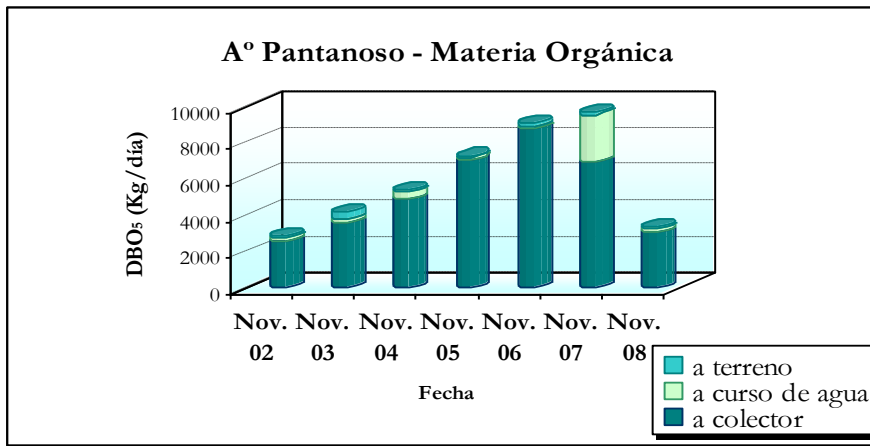


Figura 41. Carga de Materia Orgánica

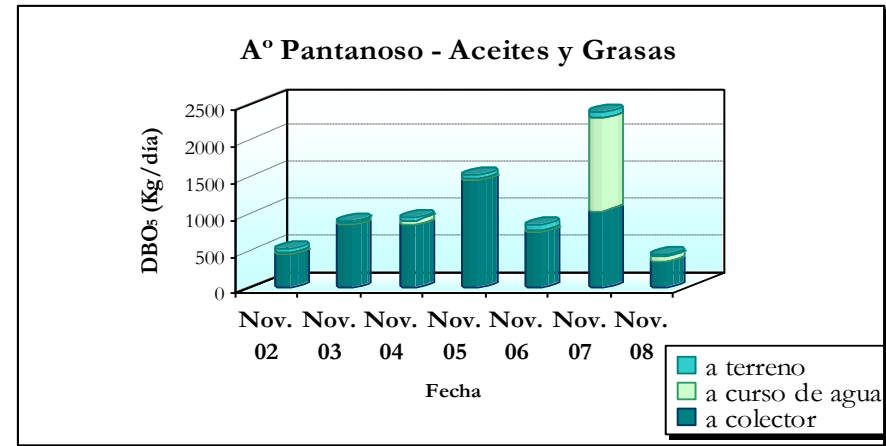


Figura 42. Cargas de Aceites y Grasas

Cuenca del Arroyo Pantanoso. Tipo de vertido (colector, infiltración, curso de agua).

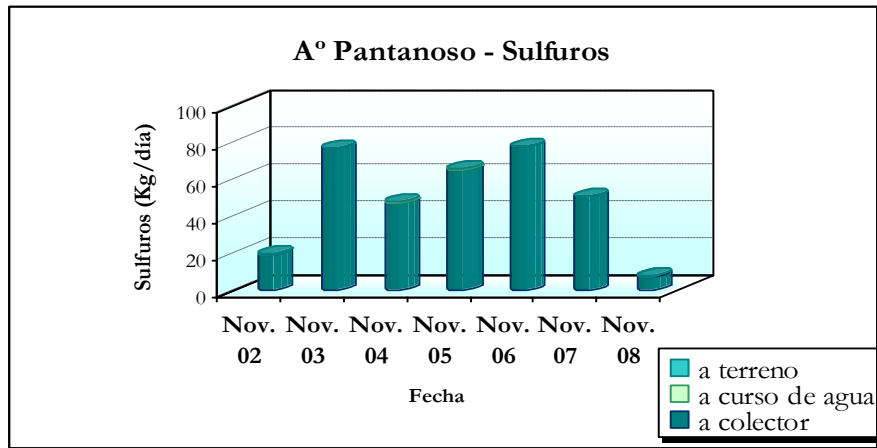


Figura 43. Carga de Sulfuros

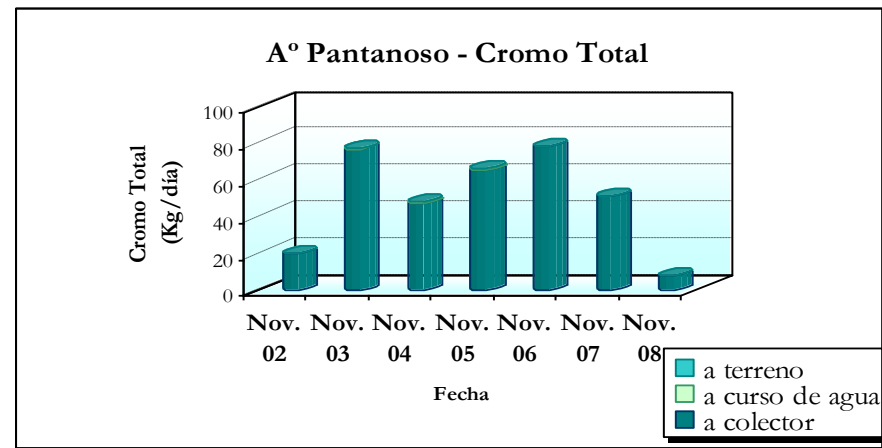


Figura 44. Carga de Cromo Total

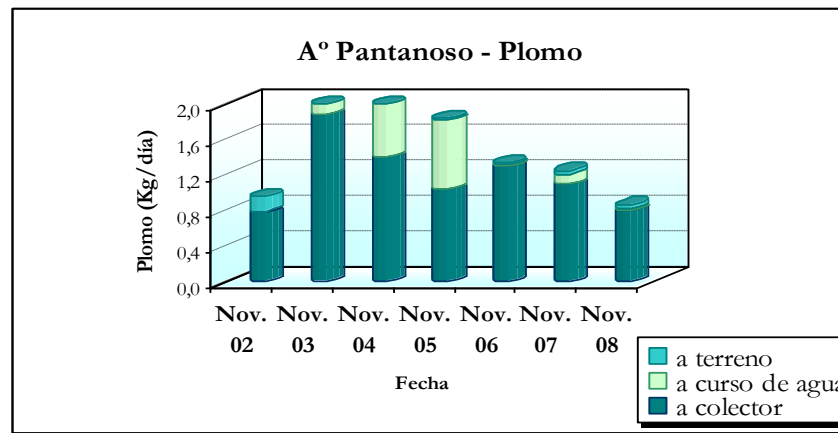


Figura 45. Carga de Plomo

3.1.3.2.1 Análisis de vertidos a curso de agua

Dado que la incidencia de los metales pesados cromo y plomo en el curso de agua es baja, se analiza en las Figuras 46 y 47 la carga vertida que impacta directamente sobre el curso de agua principal o sus afluentes para el período 2002 – 2008.

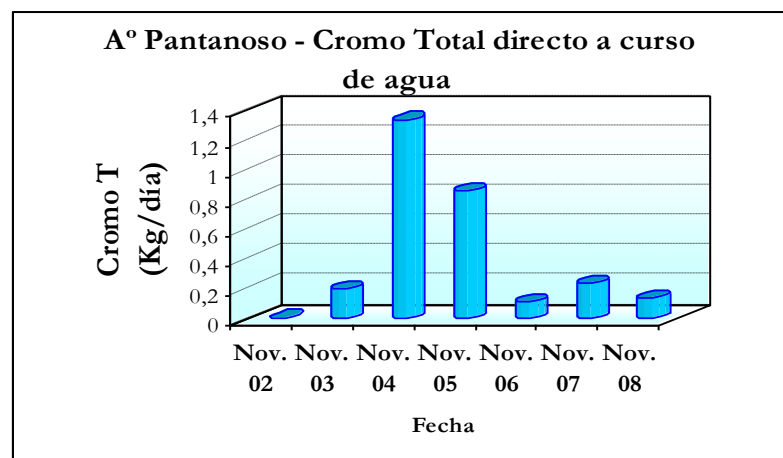


Figura 46. Carga de Cromo Total vertida a curso de agua

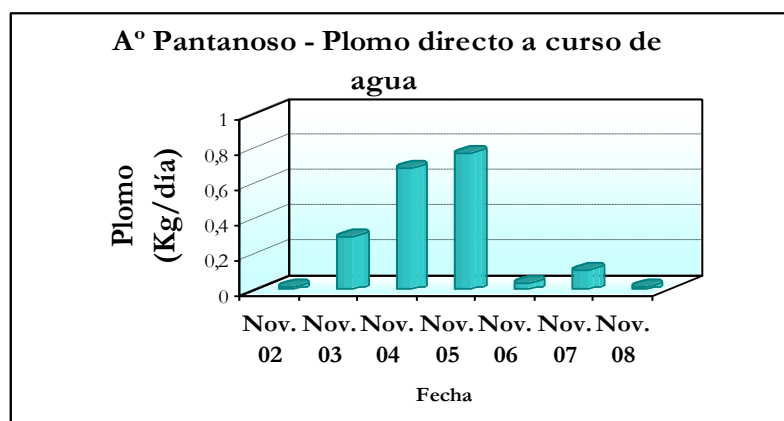


Figura 47. Carga de Plomo vertida a curso de agua

Para el cromo se visualiza un pico de vertido en el año 2004 que no llega a 1,4 kg/día. Luego desciende significativamente a menos de 0,2 kg/día de cromo total vertido a curso de agua, para la Cuenca del Pantanoso.

La carga de plomo tiene un comportamiento similar, aunque en este caso el pico se da en el año 2005, en un valor que no llega a 0,8 kg/día, descendiendo significativamente a menos de 0,2 kg/día.

En la Figura 48, se compara en forma gráfica las cargas vertidas en forma directa al curso de agua, de cromo y plomo, para el período 2002 – 2008.

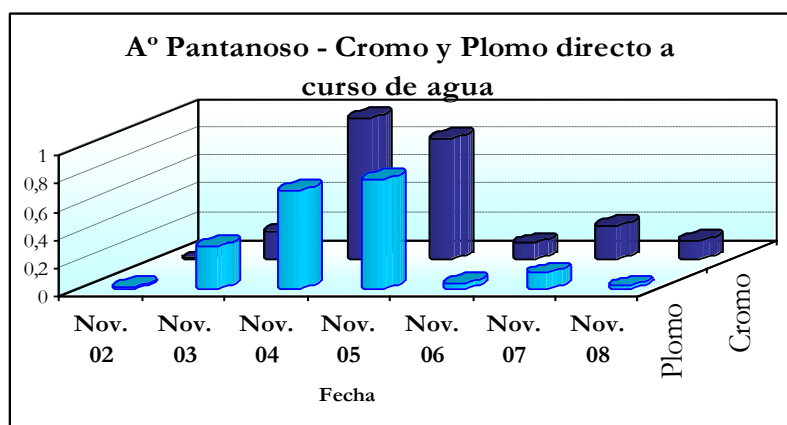


Figura 48. Cargas vertidas en forma directa al curso de agua: Cromo y Plomo. Período 2002 – 2008

En la Figura 49, se representa en forma gráfica la suma de las cargas de ambos metales cromo y plomo, vertidos en forma directa al curso de agua. Se visualiza que el pico se da en noviembre del año 2004, siendo la suma inferior a 2 kg/día. Asimismo se nota que el abatimiento en la carga del parámetro plomo en el final del período es muy importante.

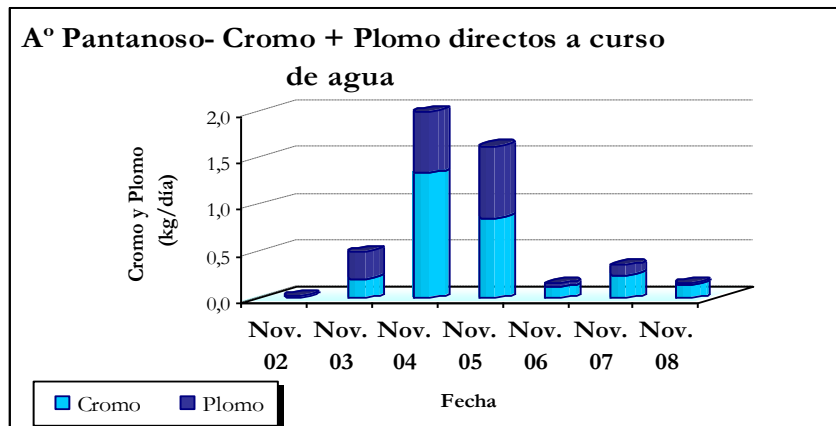


Figura 49. Cargas vertidas en forma directa al curso de agua.
Suma de Cromo y Plomo. Período 2002 – 2008

También se presenta en forma gráfica en la Figura 50, los caudales vertidos en forma directa al curso de agua y la carga en materia orgánica.

Considerando que existe un aumento del caudal que se vierte en forma directa al curso de agua en el período considerado, son más significativos los descensos en las cargas de cromo y plomo, evidenciando las menores concentraciones promedios de estos parámetros. Esto significa mejoras sustanciales en los tratamientos de efluentes que realizan las industrias.

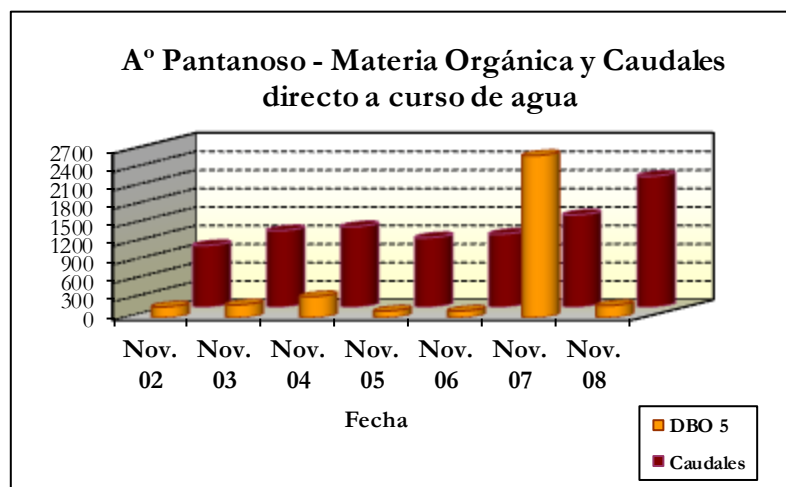


Figura 50. Evolución de los Caudales y la Carga de Materia Orgánica vertida en forma directa al curso de agua. Período 2002 – 2008

Con respecto a la carga de materia orgánica que llega en forma directa al curso de agua, se observa un pico en el año 2007, el cual tiene su explicación; como se dijera anteriormente; en un problema puntual de salida de régimen de la planta de tratamiento de efluentes de una industria aceitera, que fue provocado por la incorporación de un nuevo proceso de producción. Esta situación fue solucionada y para noviembre del año 2008 se volvía a los valores normales. Se destaca la misma consideración que se hacía anteriormente, respecto al caudal, evidenciando los descensos en las concentraciones promedios.

3.1.3.3 Análisis por ramo industrial

Respecto a los ramos industriales que existen en la cuenca del Arroyo Pantanoso se puede indicar que destacan como sectores prioritarios las Curtiembres, la fabricación de Aceites y Grasas, y desde el año 2005 se incorpora el sector Lácteo. Si bien el sector del cuero es el más importante en número de empresas, su aporte en Aceites y Grasas y Materia Orgánica es similar al del sector lácteo. Estos dos sectores

representan entre ambos un 61% de la carga de Aceites y Grasas del total de la cuenca Pantanoso, y un 98% de la carga de Materia Orgánica a fines del año 2008. Estos aportes se han visto reducidos respecto a Noviembre de 2007, dada las mejoras observadas en las plantas de tratamiento de dichos sectores. Mención aparte debe realizarse del ramo Aceites y Grasas, que luego del desajuste de la planta de tratamiento de la principal industria del sector en 2007, viene disminuyendo sus cargas a los niveles anteriores al desperfecto. Es notorio asimismo la reducción en metales pesados de esta cuenca, siendo el más relevante el aporte en Cromo.

Se presenta en la Tabla 9, las cargas vertidas por cada ramo industrial perteneciente a la cuenca de estudio, indicando tipo de vertido y número de industrias pertenecientes a cada ramo, evaluadas a noviembre de cada año del período de estudio: 2002 a 2008.

Situación al 30/11/2002

TV	RAMO INDUSTRIAL	NÚMERO DE INDUSTRIAS	G y A	DBO5	SST	kg/día			
						Amonio	CrT	S ⁼	Pb
A	Aceites y Grasas	1	23	80	65	0,5		0,3	
A	Bebidas	1	0,8	1,8	2,5	0,01		0,003	
A	Cárnico - Farmacia	1	2,4	11	21	79		0,05	
A	Cárnico - Matadero	1	1,5	0,6	2,4	6,6		0,006	
A	Cárnico - Tripería	1	7	70	55	60		1	
A	Curtiembre	1	1,8	5,7	4,8	0,4	0,003	0,003	0,005
A	Hidrocarburos	1	1	8	0,9	0,02	0,006	0,003	0,009
I	Curtiembre	1	32	91		7	0,2	0,07	0,2
I	Harina de Sangre y Hueso	1	2,3	15		15		0,3	
C	Aceites y grasas	1	13	210		0,04		0,008	
C	Total Curtiembre	4	218	1797		258	20	23	0,7
C	Hidrocarburos	1	2	12,8		0,02	0,006	0,003	0,08
C	Total Pesquera	2	209	554		31		0,6	
Total de la cuenca		17	514	2856	151	457	20	25	1

Situación al 30/11/2003

TV	RAMO INDUSTRIAL	NÚMERO DE INDUSTRIAS	G y A	DBO5	SST	Amonio	CrT	S ⁼	Pb
A	Total Aceites y Grasas	2	21,4	64,2	95	58	0,01	0,19	
A	Bebidas	1	0,5	0,6	0,4	0,01		0,002	
A	Cárnico - Farmacia	1	2,1	6,8	12	6,7		0,009	
A	Cárnico - Matadero	1	6	11	26	35		0,015	
A	Cárnico - Tripería	1	4,5	119	121	85		3,6	
A	Curtiembres	1	4,1	6,5	5	0,23	0,19	0,03	0,24
A	Hidrocarburos	1	0,8	2,7	2,1	0,02	0,002	0,003	0,01
I	Curtiembre	1	30	140	140	4,9	0,05	0,21	0,19
I	Harina de Sangre y Hueso	1	4,3	26	16	49		0,09	
C	Aceites y grasas	1	3,8	323		0,04		0,15	
C	Total Curtiembre	5	796	2912		548	77	78	1,8
C	Hidrocarburos	1	3,2	16		0,03	0,003	0,004	0,04
C	Total Pesquera	2	40	340		28		0,82	
Total de la cuenca		19	905	4205	475	821	77	84	2,3

Situación al 30/11/2004

TV	RAMO INDUSTRIAL	NÚMERO DE INDUSTRIAS	G yA	DBO5	SST	Amonio	CrT	S ⁼	Pb
A	Total Aceites y Grasas	2	43	139	183	11		2,1	
A	Bebidas	1	1	0,72	0,8	0,02		0,004	
A	Cárnico - Farmacia	1	2,1	8,5	14	17		0,05	
A	Cárnico - Matadero	1	2,5	8	18	12		0,01	
A	Cárnico - Tripería	1	7,5	165	56	56		7,5	
A	Total Curtiembres	2	3,3	10	7,5	0,68	1,3	0,08	0,68
A	Hidrocarburos	1	3,8	12	2,8	0,013	0,003	0,003	0,008
I	Curtiembre	1	30	140	140	4,9	0,05	0,21	0,19
C	Aceites y grasas	1	2,5	240		0,03		0,005	
C	Total Curtiembre	7	698	3930		450	47	44	1
C	Hidrocarburos	1	2	16		0,02	0,004	0,004	0,05
C	Lácteos	1	132	564		5		0,06	
C	Pesquera	1	14	190		18		0,02	
Total de la cuenca		21	941	5422	422	574	48	54	2,3

Situación al 30/11/2005

TV	RAMO INDUSTRIAL	NÚMERO DE INDUSTRIAS	kg/día						
			G y A	DBO5	SST	Amonio	CrT	S ⁻	Pb
A	Total Aceites y Grasas	2	19	36	110	2,6		0,14	
A	Bebidas	1	4,8	12	20,8	0,04		0,008	
A	Cárnico - Farmacia	1	1	1,2	3,2	0,1		0,004	
A	Cárnico - Matadero	1	4	27	14	8,4		0,03	
A	Cárnico - Tripería	1	2,3	7,2	41	0,5		0,009	
A	Total Curtiembres	2	5,3	22	17	1,2	0,86	0,08	0,73
A	Hidrocarburos	1	0,63	2,8	0,75	0,02	0,005	0,003	0,05
I	Curtiembre	1	40	90	41	4	0,25	0,3	0,02
I	Harina de hueso y Sebo	1	2,5	5	10	20		0,01	
C	Aceites y grasas	1	1,8	11		0,08		0,004	
C	Total Curtiembre	7	1.312	5.302		423	65	77	0,96
C	Harina de Sangre	1	0,8	18				0,001	
C	Hidrocarburos	1	2,3	8,1		0,02	0,005	0,005	0,05
C	Lácteos	1	104	1.560		16		0,13	
C	Pesquera	1	9	121		9,7		0,02	
C	Textil	1	6,6	24		0,88	0,07	1,1	0,03
C	Varios Alimentos	1	5,8	38		0,11		0,003	
Total de la cuenca		25	1.520	7.284	257	487	66	79	1,8

Situación al 30/11/2006

TV	RAMO INDUSTRIAL	NÚMERO DE INDUSTRIAS	kg/día						
			G y A	DBO5	SST	Amonio	CrT	S ⁻	Pb
A	Total Aceites y Grasas	2	18	60	118	0,33		0,07	
A	Bebidas	1	1,9	2,3	4,5			0,008	
A	Cárnico - Farmacia	1	1,3	5,5	19	8		0,008	
A	Cárnico - Matadero	1	4,5	29	58			0,02	
A	Cárnico - Tripería	1	3	6	4,8			0,012	
A	Total Curtiembres	2	1,1	3,2	2,1	0,29	0,12	0,004	0,01
A	Hidrocarburos	1	0,8	3	0,8	0,01	0,002	0,002	0,02
I	Curtiembre	1	60	155			0,03	0,03	0,015
I	Harina de hueso y Sebo	1	6,8	8,1	22	54		0,0135	
C	Aceites y grasas	1	2	1				0,056	
C	Total Curtiembre	8	459	4698			78	97	1,1
C	Harina de Sangre	1	2,4	260				0,001	
C	Hidrocarburos	1	8,8	98			0,004	0,004	0,098
C	Lácteos	1	91	1690				0,13	
C	Metalúrgica	1	0,75	0,165			0,025	0,0015	,004
C	Pesquera	1	7	210				0,28	
C	Pinturas	1	0,4	0,8			0,004	0,0005	0,026
C	Total Textil	2	9	52			0,13	0,02	0,05
C	Varios Alimentos	1	165	1750				0,005	
Total de la cuenca		29	842	9033	228	63	78	97	1,3

Situación al 30/11/2007

TV	RAMO INDUSTRIAL	NÚMERO DE INDUSTRIAS	G y A	DBO5	SST	Amonio	CrT	S ⁼	Pb
A	Aceites y Grasas	1	1260	2520	1350	6,7		8,1	
A	Bebidas	1	1,8	3,5	4,2			0,007	
A	Cárnico - Farmacia	1	2,3	3,6	10	0,14		0,009	
A	Cárnico - Matadero	1	5	72	38	26		0,02	
A	Cárnico - Tripería	1	5	18	32	32		0,02	
A	Curtiembre	1	2,4	8	1,5	0,21	0,24	0,14	0,1
A	Hidrocarburos	1	1,3	2	0,5	0,01	0,003	0,003	0,008
I	Curtiembre	1	56	114	4,2	2,6	0,03	0,012	0,042
I	Harina de hueso y Sebo	1	3,8	7,5	30	57		0,02	
C	Total Curtiembre	8	792	4626			51	39	0,94
C	Harina de Sangre	1	0,5	37				0,001	
C	Hidrocarburos	1	5,3	27			0,004	0,004	0,06
C	Lácteos	1	180	1800				0,15	
C	Metalúrgica	1	1,8	1,1			0,04	0,004	0,04
C	Pesquera	1	8,5	85				0,02	
C	Pinturas	1	0,3	0,9			0,0005	0,0005	0,002
C	Total Textil	2	9,9	32			0,05	0,02	0,05
C	Varios Alimentos	1	39	286				0,007	
Total de la cuenca		26	2375	9643	1470	125	52	48	1,2

Situación al 30/11/2008

TV	RAMO INDUSTRIAL	NÚMERO DE INDUSTRIAS	G y A	DBO5	SST	Amonio	CrT	S ⁼	Pb
A	Aceites y Grasas	1	42	70	308	0,7		0,28	
A	Bebidas	1	1,8	3,5	2,1	0,04		0,007	
A	Cárnico - Farmacia	1	2,3	50	38	20		0,009	
A	Cárnico - Matadero	1	7,5	30	78	45		0,03	
A	Cárnico - Tripería	1	5,3	34	200	44		0,02	
A	Curtiembre	1	0,6	3,0	2	0,21	0,14	0,005	0,005
A	Hidrocarburos	1	1,2	8,0	2,8	0,02	0,004	0,004	0,012
I	Curtiembre	1	22	91	41	3,4	0,11	0,42	0,02
I	Harina de hueso y Sebo	1	3,5	20	48	50		0,01	
I	Varios Alimentos	1	2,4	7,6	8,6	0,09	0,01	0,01	0,03
C	Total Curtiembre	5	141	1227			7,5	27	0,69
C	Harina de Sangre	1	0,3	20				0,002	
C	Total Hidrocarburos	2	5	16			0,01	0,005	0,03
C	Lácteos	1	160	1600				0,16	
C	Metalúrgica	1	1,5	0,3			0,003	0,003	0,01
C	Pesquera	1	8,5	73				0,02	
C	Pinturas	1	0,3	0,03			0,0005	0,0005	0,002
C	Total Textil	2	4	11			0,01	0,01	0,02
C	Varios Alimentos	1	29	120				0,008	
Total de la cuenca		25	437	3383	728	163	7,8	28	0,8

Tabla 9. Cargas vertidas por ramo industrial según tipo de vertido, ramo y número de industrias, a noviembre de cada año. Período 2002 a 2008.

Del análisis de la Tabla 9, surge que el ramo que incide más en la cuenca en el período de estudio, es el ramo curtiembre con vertido a colector, que es el ramo responsable de la carga de cromo, sulfuros y cromo. La evolución de estas cargas para este ramo es descendente, logrando una notable reducción a la fecha de noviembre de 2008.

Otro dato importante que surge del análisis es la incorporación a partir del año 2004, de una industria del ramo lácteo con vertido a colector.

Evaluando las cargas de materia orgánica y de aceites y grasas, los ramos de curtiembres y lácteo, con vertido a colector, son los de mayor incidencia en el total.

Se observa para el año 2007, el aumento significativo en las cargas de materia orgánica y aceites y grasas, por la incidencia de la industria del ramo de aceites y grasas que tiene vertido directo al curso de agua. Como ya se comentó se debió a la salida de régimen de su planta de tratamiento de efluentes, por la incorporación de nuevos procesos. Esta situación fue puntual y si bien al año siguiente los valores vuelven a su normalidad, tuvo consecuencia directa en el curso de agua, reflejándose en la calidad del mismo como se analizará más adelante.

En la Tabla 10, se presenta la evolución en materia orgánica y en aceites y grasas, para los principales ramos industriales. Se observa que son quienes aportan a la cuenca entre 70% y 99% del total según el año, teniendo una incidencia importante sobre el total industrial de Montevideo.

En la Figura 51 se muestra la evolución en el período en las cargas de aceites y grasas para los tres ramos indicados, donde se puede apreciar lo expresado anteriormente. En la Figura 52, se presenta la evolución para las cargas en materia orgánica.

Ramo	Nov. 97		Jul. 98		Nov. 98		Jul. 99		Nov. 99		Jul. 00		Nov. 00		Jul.01		Nov.01		Jul.02		Nov.02		Jun.03		Nov.03	
	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5
Aceites y Grasas	132	609	61	453	92	462	62	1751	136	1850	209	2765	161	3018	189	3032	126	1982	77	201	36	290	16	79	25	387
Curtiembres	1304	4460	1339	5844	1478	6585	737	5833	1155	5079	1036	5705	1268	4268	920	2828	586	2516	670	4286	252	1893	509	3205	818	3297
Lácteos																										
Total de los sectores	1436	5069	1400	6297	1570	7046	799	7584	1291	6928	1245	8470	1429	7286	1109	5859	712	4498	747	4487	288	2.183	525	3.284	844	3.683
Total de la cuenca	1442	5087	1511	6646	1592	7231	819	7692	1315	7075	1290	8616	1468	7421	1234	6181	817	4733	813	5165	514	2.856	565	3.570	905	4.205
% del total de la cuenca	99,5%	99,7%	93%	95%	99%	97%	98%	99%	98%	98%	97%	98%	97%	98%	90%	95%	87%	95%	92%	87%	56%	76%	93%	92%	93%	88%
Total industrial	17.107	21.328	11.570	28.483	8.730	26.473	9.630	25.104	7.563	19.873	10.167	26.447	5.033	15.490	6871	21.382	6.244	19.414	3.922	23.464	3.960	14.942	3.113	13.229	2.841	10.435
% del total industrial	8%	24%	12%	22%	18%	27%	8%	30%	16%	35%	12%	32%	28%	47%	16%	27%	11%	23%	19%	19%	7%	15%	17%	25%	30%	35%

Ramo	Jun.04		Nov. 04		Jul. 05		Nov. 05		Jul. 06		Nov. 06		Jul. 07		Nov. 07		Jul. 08		Nov. 08	
	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5	GRASAS	DBO5
Aceites y Grasas	30	476	45	379	39	183	20	47	17	35	20	62	15	48	1260	2520	30	144	42	70
Curtiembres	883	4192	732	4080	1025	4471	1356	5414	734	3766	520	4856	718	6158	850	4748	618	3359	163	1321
Lácteos					1012	5060	104	1560	80	1816	91	1690	350	1960	180	1800	160	1600	160	1600
Total de los sectores	912	4.667	777	4.459	2.076	9.713	1.481	7.021	831	5.616	631	6.608	1.083	8.166	2.290	9.068	808	5.103	365	2.991
Total de la cuenca	986	5.165	941	5.422	2.104	9.973	1.520	7.284	909	6.164	842	9.033	1.123	8.352	2.375	9.643	1.020	6.005	437	3.383
% del total de la cuenca	93%	90%	82%	82%	99%	97%	97%	96%	91%	91%	75%	73%	96%	98%	96%	94%	79%	85%	84%	88%
Total industrial	2.987	14.698	2.477	13.270	4.395	19.138	3.073	13.389	2.147	12.167	1.943	17.870	2.512	15.723	3.261	15.305	2.157	13.744	1.980	10.871
% del total industrial	31%	32%	31%	34%	47%	51%	48%	52%	39%	46%	32%	37%	43%	52%	70%	59%	37%	37%	18%	28%

Tabla 10. Evolución de los vertimientos industriales en los principales ramos de la cuenca del Arroyo Pantanoso.

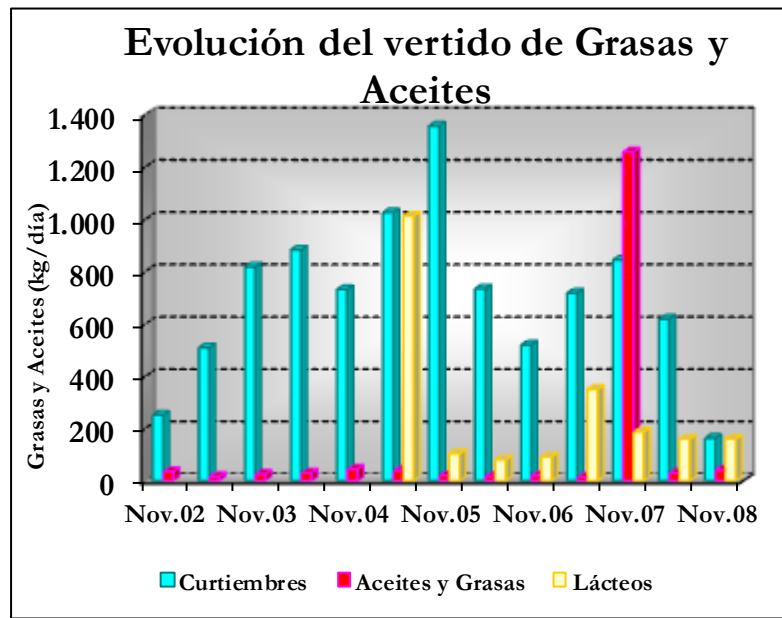


Figura 51. Evolución del vertimiento de Grasas y Aceites en los tres ramos principales de la cuenca

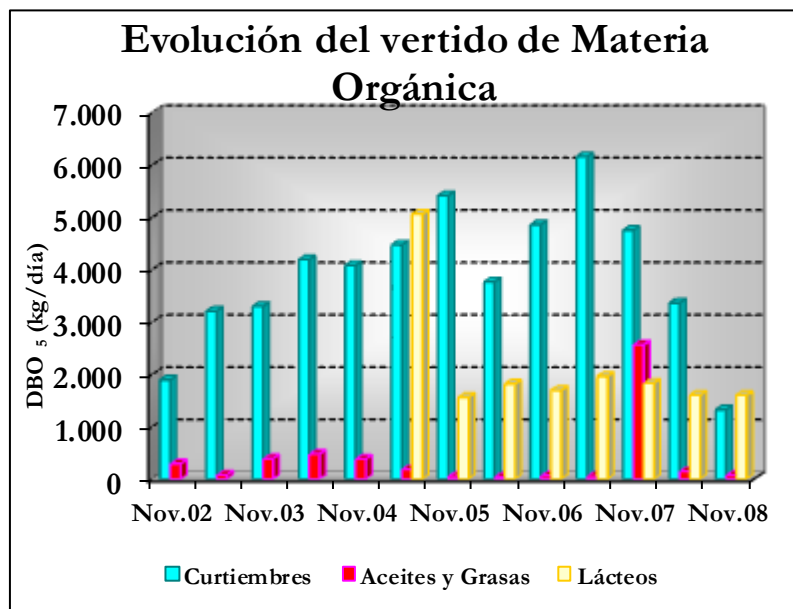


Figura 52. Evolución del vertimiento de Carga Orgánica en los tres ramos principales de la cuenca

3.1.3.4 Análisis de cargas industriales por Centro Comunal Zonal

Para analizar la incidencia de los efluentes líquidos industriales en cada Centro Comunal Zonal, se presentan las Figuras 53 y 54, que se elaboraron con datos del año 2008.

Nuevamente se habla de totales, por lo que son la suma de los vertidos a colector, infiltración al terreno y cursos de agua, en cada Centro Comunal Zonal.

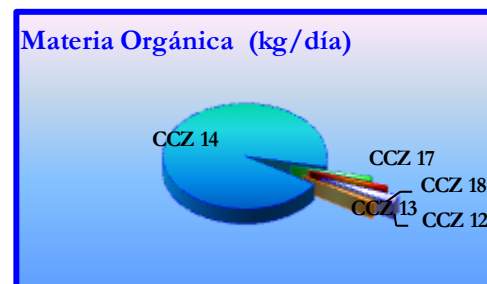
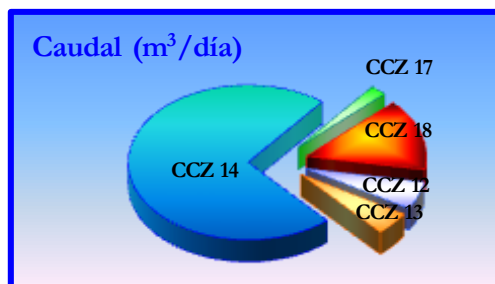


Figura 53. Caudal industrial por CCZ **Figura 54.** Materia Orgánica por CCZ

De las Figuras 53 y 54 se observa que el caudal industrial vertido en la zona del Centro Comunal Zonal 14 es el más significativo, siguiéndole el Centro Comunal Zonal 18. Para la carga de materia orgánica, la mayor incidencia también se da en el Centro Comunal Zonal 14, siendo muy baja la carga vertida en los demás comunales. Esto concuerda perfectamente con que el mayor número de industrias se ubica en el comunal 14, y con que las industrias ubicadas en el CCZ 18 vierten un importante caudal, pero con muy bajas concentraciones de materia orgánica.

Con referencia a los residuos sólidos generados por las industrias, en la Figura 55 se muestra la composición y la incidencia porcentual de las

industrias de la cuenca del Arroyo Pantanoso sobre el total de las industrias de Montevideo. Se observa que esta cuenca tiene relevancia sobre el total generado por las industrias en Montevideo. También es importante destacar que hay un alto porcentaje de residuos asimilables a domésticos.

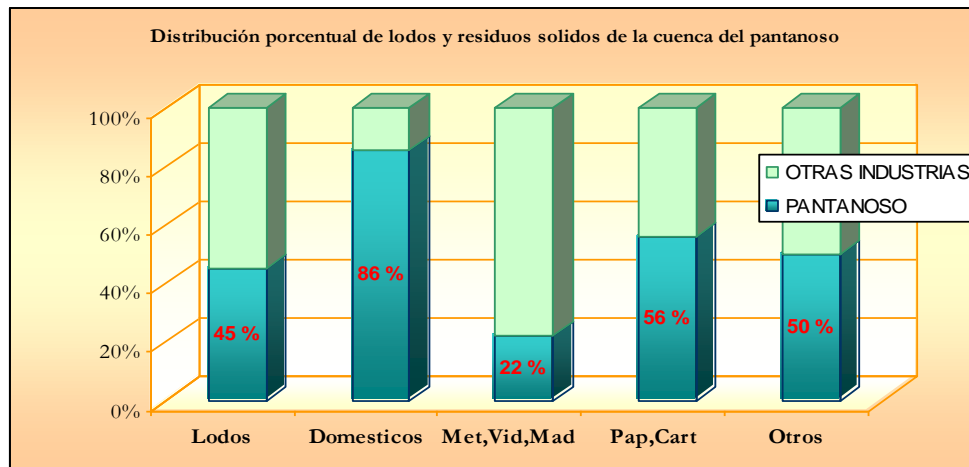


Figura 55. Distribución porcentual de residuos sólidos de origen industrial

En la Figura 56 se representa la generación de lodos de origen industrial por CCZ. Se observa que la mayor generación de lodos se da en el CCZ 14 y la menor en el CCZ 17. Esto coincide con la ubicación de industrias del ramo curtiembre en la zona del CCZ 14.

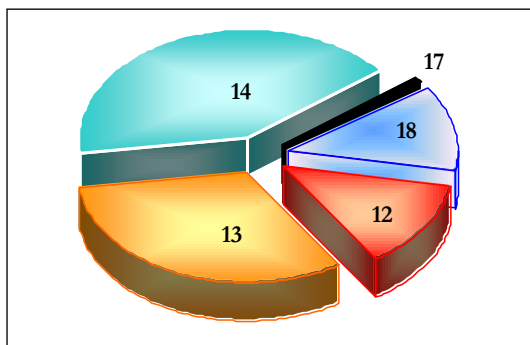


Figura 56. Distribución porcentual de la generación de lodos por CCZ.

3.2 Carga orgánica de origen líquido de la población de la cuenca

La población del Departamento de Montevideo según el censo del año 2006, es de 1.325.968 habitantes. La misma está compuesta por 618.271 hombres y 707.697 mujeres, en 499.252 viviendas.

La población de la cuenca del Arroyo Pantanoso es de 207.391 habitantes que significa un 16% de la población total del Departamento; habitando en asentamientos unas 36.516 personas (PIAI, 2002).

En la Tabla 11, se puede observar la evolución de la cantidad de asentamientos en los Centros Comunales Zonales (CCZ 12, 13, 14, 17 y 18), que pertenecen a la Cuenca del Arroyo Pantanoso.

Con referencia a estos asentamientos, se observa que pasaron de 172 en el año 2000, a 186 en el año 2006, creciendo en los CCZ 12, 14, 17 y 18 y disminuyendo en el CCZ 13.

A su vez el número de asentamientos ubicados en estos CCZ, significa el 45 % de los asentamientos del Departamento de Montevideo.

CCZ	Total de asentamientos		Diferencia absoluta	Porcentaje de Variación
	Año 2000	Año 2006		
12	24	31	+7	+29
13	35	31	-4	-11
14	37	38	+1	+3
17	59	65	+6	+10
18	17	21	+4	+24
TOTAL	172	186	+14	+8

Tabla 11: Evolución de los asentamientos de los Centros Comunales Zonales pertenecientes a la Cuenca del Arroyo Pantanoso. (INE-PIAI, 2006)

Como ya se había indicado la mayoría de los asentamientos irregulares se ubican en las márgenes de los cursos de agua de las cuencas, y por sus características intrínsecas, en la mayoría de los casos coincide con la presencia de basurales, por ser en general la clasificación de residuos el medio de vida de sus habitantes.

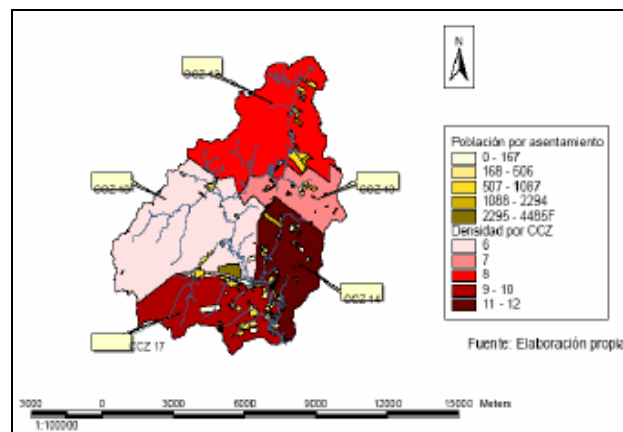


Figura 57. Asentamientos de la Cuenca y densidad, según CCZ

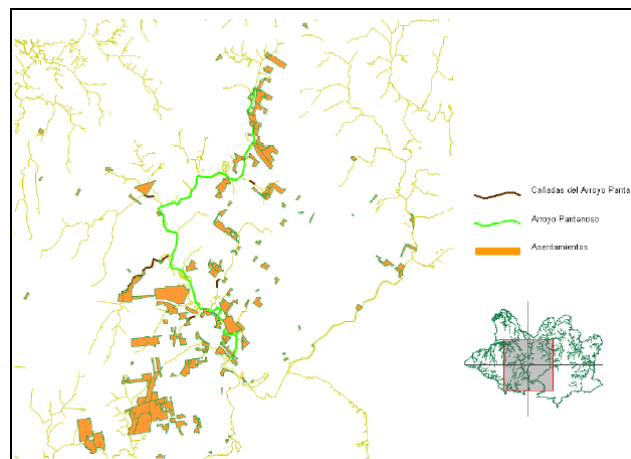


Figura 58. Asentamientos cercanos al Arroyo Pantanoso y sus tributarios.
Geomática – Información Geográfica. Departamento de Planificación. IMM.

Estableciendo un buffer de 100 metros al curso del Arroyo Pantanoso, se determinó que de las 36.516 personas que viven en asentamientos en la cuenca (PIAI, 2002), 13.266 habitantes están ubicados en asentamientos a una distancia menor a 100 metros del curso de agua. Haciendo lo mismo para las rutas nacionales, se determina que son 17.533 habitantes que viven en asentamientos y están a una distancia menor a 100 metros.

Por otra parte un análisis espacial de la información permite visualizar mayor densidad de población ubicada en asentamientos de los CCZ 17, 14 y 12, Figuras 57 y 58. Según el Censo de Población y Vivienda, el CCZ 18 comprende un total de 17 barrios y 37.137 habitantes, de los cuales 4.366 habitantes (11,8%), se encuentran en zonas rurales.

Otro dato interesante surge de la Encuesta Continua de Hogares del año 2002, realizado a 10.274 hogares, sobre el tipo de evacuación del servicio sanitario. En la Tabla 12 se presenta el % para los Centros Comunales Zonales de la Cuenca del Arroyo Pantanoso.

Zona	Red general	Fosa séptica, pozo negro	Otro (superficie, etc.)	No tiene servicio	Total
12	61,3	37,8	0,3	0,6	100,0
13	75,1	22,8	1,0	1,2	100,0
14	84,8	14,0	0,3	0,9	100,0
17	50,8	46,1	2,4	0,7	100,0
18	23,0	76,5	0,0	0,5	100,0

Tabla 12. Porcentaje de hogares por tipo de evacuación del servicio sanitario según zona.

ESQUEMA DEL ARROYO PANTANOSO

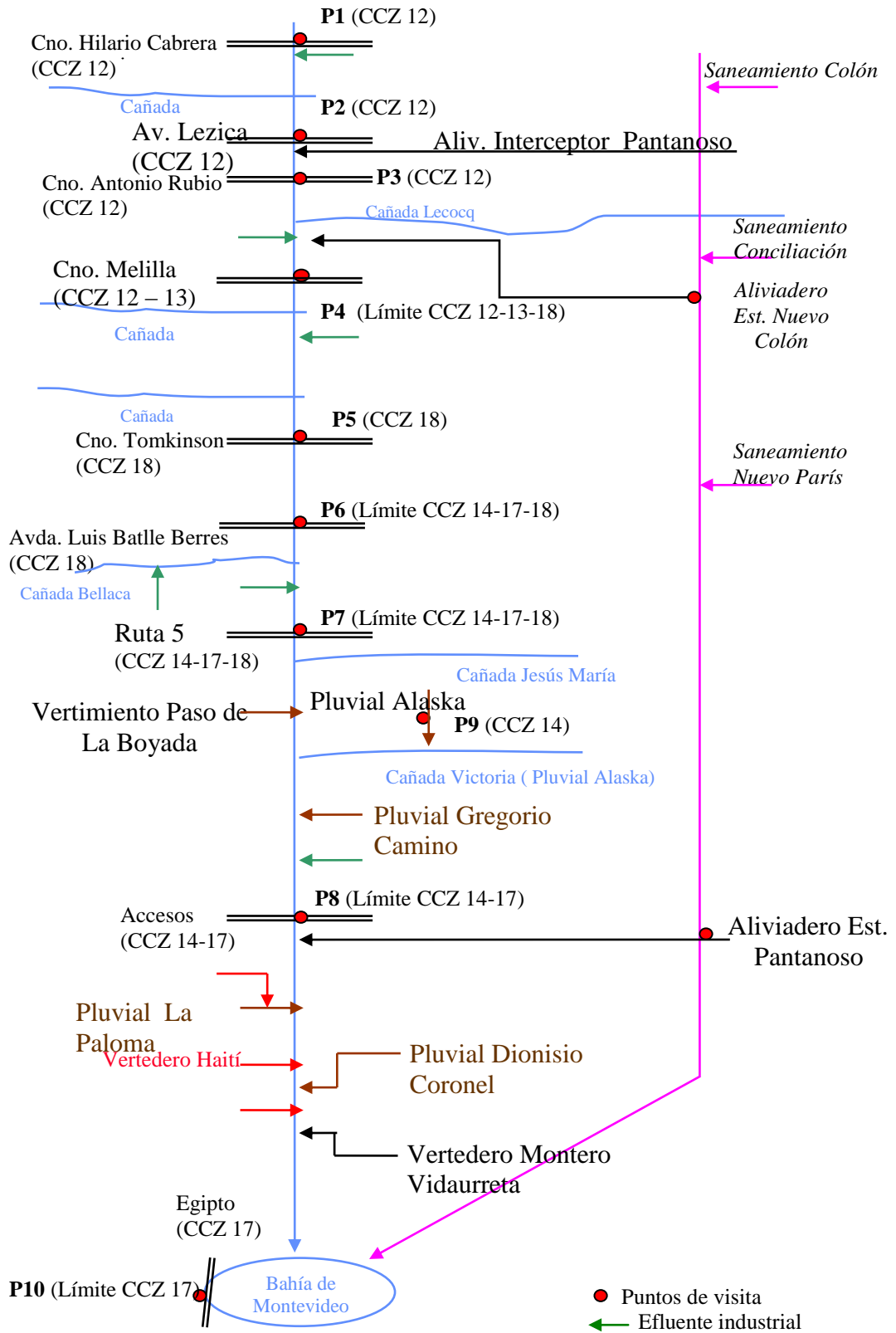


Figura 59: Esquema de aportes al Arroyo Pantanoso. (UEI, 2008)

En la Figura 59 se muestra el esquema de los aportes al Arroyo Pantanoso, que surgen del relevamiento realizado y muestran los puntos de aportes directos al curso de agua relacionados a efluentes industriales.

Considerando la población de la cuenca de 207.391 habitantes, y tomando en cuenta que la DBO_5 equivalente es de 60 gramos por día por persona, estamos hablando de 12.500 kg por día vertidos de materia orgánica DBO_5 (a colector, a curso de agua o infiltrado al terreno).

Tomando en cuenta la población que vive en asentamientos de 36.516, donde la mayoría no tiene red de saneamiento, el vertido es de 2.200 kg por día de materia orgánica DBO_5 . Esta materia orgánica es vertida a los cursos de agua o infiltrada al terreno.

Si se considera la población de los asentamientos que distan menos de 100 metros del arroyo (13266 personas⁹), el cálculo aproximado de DBO_5 sería de 800 kg por día, asumiendo que todos los efluentes domésticos fueran vertidos directamente al arroyo. Para obtener un valor estimado de DBO_5 equivalente más riguroso, es necesario tomar en cuenta otros datos en el cálculo, como ser información detallada sobre composición del suelo, topografía, condiciones meteorológica, etc.

En la Tabla 13 se presenta la composición promedio en aguas residuales domiciliarias no tratadas. Tanto los constituyentes como las concentraciones varían con la hora del día, el día de la semana, el mes del año y otras condiciones locales. Por consiguiente, los datos de la Tabla 13 son una guía.

⁹ Información geográfica Intendencia de Montevideo

Por otra parte los efluentes provenientes de los asentamientos, pueden llegar a estar cargados con lixiviado proveniente de residuos sólidos.

En la Tabla 14 se presenta las características promedio de las fosas sépticas, o pozos negros. Se presenta esta referencia dado que es común que las fosas sépticas tengan robador saliendo a las cunetas o a un curso de agua, o terminen infiltrando al terreno por estar perforados.

Constituyente	Concentración en mg/l		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales:	1200	720	350
Disueltos totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	102
En suspensión totales	350	220	100
Fijos	75	5	20
Volátiles	275	165	80
Sólidos sedimentables, mL/L	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno, a 5 días y a 20°C	400	220	110
Carbono orgánico total (COT)	290	160	80
Demanda química de oxígeno (DQO)	1000	500	250
Nitrógeno (total como N):	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoníaco libre	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo (total como P):	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros ^a	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃) ^a	200	100	50
Grasas	150	100	50

^a Los valores deberían incrementarse en la cantidad correspondiente contenida en el agua de suministro.

Tabla 13. Composición de aguas residuales domésticas no tratadas.
“Ingeniería Sanitaria”. Metcalf-Eddy

Constituyentes	Valor	
	Intervalo	Típico
DBO a 5 días, mg/L	2000 – 25000	8000
Sólidos en suspensión, mg/L	7000 – 110000	30000
Sólidos en suspensión volátiles, % de sólidos en suspensión	45 – 80	65
DQO, mg/L	5000 – 80000	30000

Tabla 14. Características del líquido de las fosas sépticas
“Ingeniería Sanitaria”. Metcalf-Eddy

De las consideraciones efectuadas anteriormente sobre los asentamientos, y de los recorridos de evaluación de la cuenca y del curso de agua considerando los puntos de aporte directo de efluentes industriales, se determina como zona crítica la microrregión de la subcuenca inferior.

En la Tabla 15 se presenta el cálculo de la población saneada por Centro Comunal Zonal.

Servicio de Saneamiento	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18
Completo	19325	35171	24911	20258	46257	30335	17615	14291	27990	10724	20286	12621	21807	23563	13884	12007	15360	5637
Incompleto	807	935	514	294	467	1221	304	779	4347	2641	2211	2265	2059	2227	578	270	3391	2049
Nulo	683	976	420	182	318	1396	174	747	4552	2749	2528	1623	1599	2157	515	222	3361	1677
Total con saneamiento	20132	36106	25425	20552	46724	31556	17919	15070	32337	13365	22497	14886	23866	25790	14462	12277	18751	7686
% SANEADO	0,9672	0,9737	0,9837	0,9912	0,99324	0,95763	0,9904	0,9528	0,8766	0,8294	0,899	0,9017	0,9372	0,9228	0,9656	0,9822	0,848	0,8209
Población total de la zona	53145	97711	75761	61239	130787	103860	54195	55972	129190	57935	86467	58429	86677	92264	47189	39348	80340	34330
Población completa e incompleta Saneada	51401	95139	74530	60701	129903	99460	53674	53329	113248	48051	77732	52685	81234	85143	45566	38649	68128	28181
Total de la Población saneada considerando completo e incompleto	1256756																	
Población completamente Saneada	49341	92676	73023	59833	128605	95611	52763	50572	98025	38556	70093	44669	74226	77791	43745	37799	55808	20668
Total de la Población saneada considerando solo completo	1163803																	

2003

UNIDAD DE ESTADISTICA: El número de hogares a los cuales se les aplicó la encuesta fue de 10.274

total de la población :

1344839

poblacion saneada estimada:

1117561

83,1 % saneado

Tabla 15. Cálculo de la población saneada de Montevideo por CCZ.

Se establece que la región que presenta mayor complejidad perteneciente a la Cuenca del Arroyo Pantanoso es la que se encuentra parcialmente en territorio de los comunales 14, 17 y 18, constituyendo una microregión.

En la Tabla 16 se presenta los habitantes en los comunales indicados en su totalidad, y en la microregión de la cuenca del Arroyo Pantanoso en cada comunal. Los datos fueron elaborados con los datos de la Encuesta Ampliada de Hogares del año 2006 (Instituto Nacional de Estadística).

Se han utilizado los mapas del Servicio de Información Territorial de la Intendencia, para delimitar la información geo referenciable.

Comunal	Población Total	Area en hectáreas	% de la Microregión	Población Microregión	% de población
14	88.033	287	19,8	22.644	32,8
17	86.839	685	47,2	30.236	43,8
18	40.215	479	33,0	16.132	23,4
	215.087	1.451	100,0	69.012	100,0

Tabla 16. Superficie y población de la Microregión por Comunales.
Departamento de Planificación. IMM.

De la Tabla 16 se desprende que la población de la microrregión tiene diferente peso relativo, según el Comunal.

En la Tabla 17 se muestra la superficie y población de los asentamientos irregulares en la microrregión. En algo menos de la tercera parte de este territorio, vive más de la tercera parte de la población.

Asentamientos	Area en hectáreas	% del área	Población	% de población
Regulares	1.011	69,7	45.359	65,7
Irregulares	440	30,3	23.653	34,3
Microregión	1.451	100,0	69.012	100,0

Tabla 17. Superficie y población en asentamientos irregulares en la Microregión. Departamento de Planificación. IMM.

Asentamientos irregulares en CCZ	14	17	18
Viviendas	2.134	10.006	2.737
Hogares	2.038	9.767	2.676
Población	7.885	36.126	10.096

Tabla 18. Viviendas, hogares y población en asentamientos irregulares por Centro Comunal Zonal. Departamento de Planificación. IMM.

En la Tabla 18 se muestra la población que vive en asentamientos irregulares en los CCZ 14, 17 y 18; y en la Tabla 19 la población que vive en los asentamientos irregulares de la microregión.

CCZ	Area	% del área	Población	% de población
14	88	20,0	3.890	16,4
17	203	46,2	12.315	52,1
18	149	33,8	7.448	31,5
Microregión	440	100,0	23.653	100,0

Tabla 19. Superficie y población en asentamientos irregulares por Comunal en la Microregión. Departamento de Planificación. IMM.

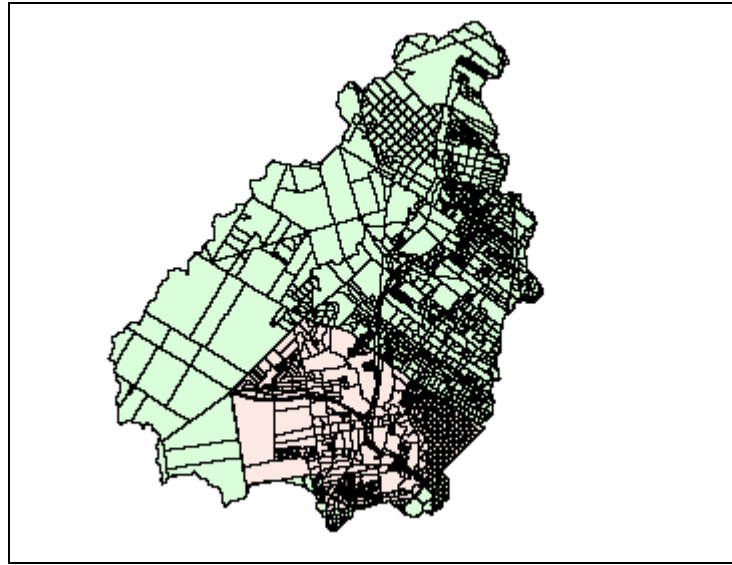


Figura 60. Cuenca del Arroyo Pantanoso.
Departamento de Planificación. IMM.

En la Figura 60, se presenta la zona que conforma la cuenca del Arroyo Pantanoso, y en las Figuras 61 y 62 la zona que conforma la microregión en cada CCZ y en los principales barrios.

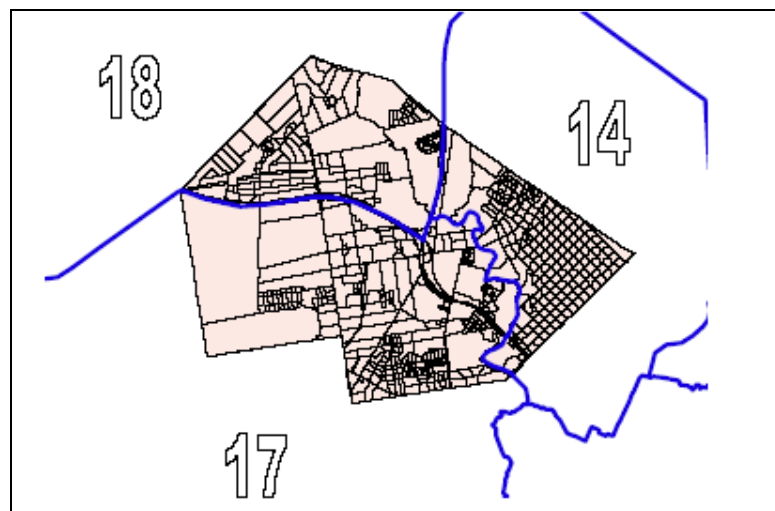


Figura 61. Microregión y Comunales
Departamento de Planificación. IMM.

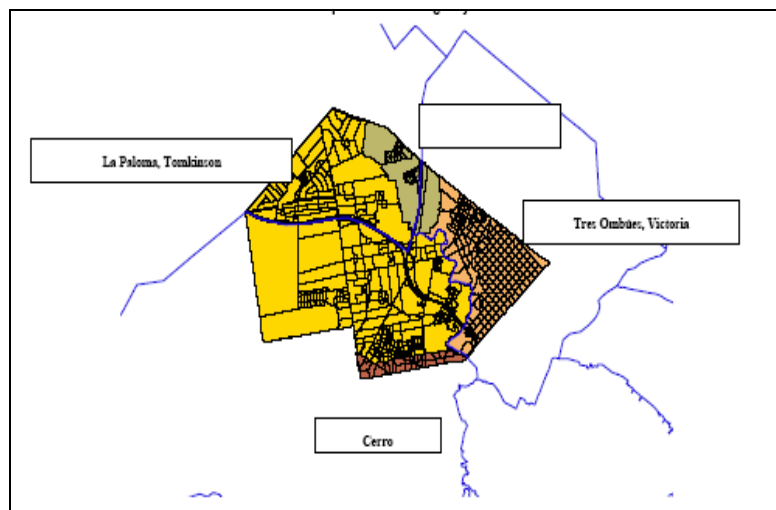


Figura 62. Microregión y barrios
Departamento de Planificación. IMM.

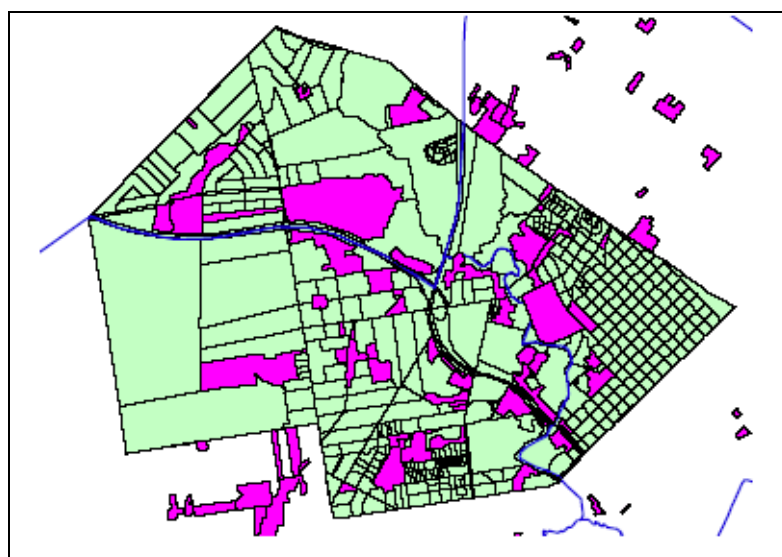


Figura 63. Microregión y asentamientos irregulares
Departamento de Planificación. IMM.

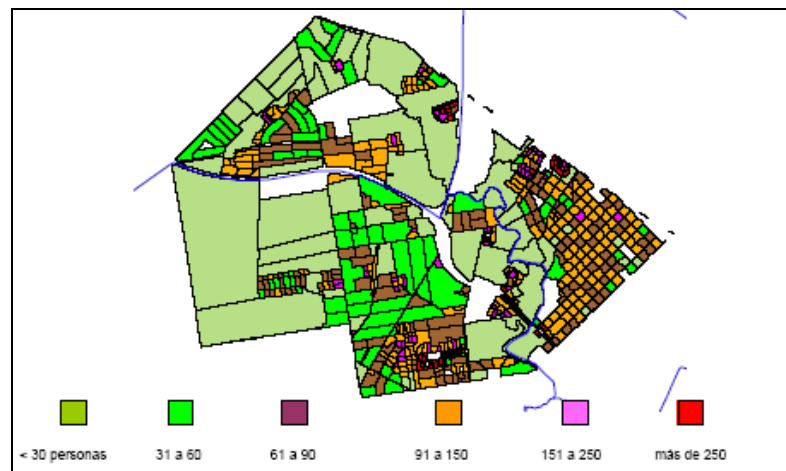


Figura 64. Microregión: densidad de población por hectárea
Departamento de Planificación. IMM.

En la Figura 63 se ubican los asentamientos irregulares que se encuentran en la microregión, y en la Figura 64 se muestra la densidad de población por hectárea en la zona.

El análisis de las Tablas 16 a 19 y de las Figuras 60 a 64, confirma la importancia de esta zona de la cuenca.

Por otra parte las descargas de efluentes industriales para todo Montevideo (a colector, curso de agua e infiltración), representa aproximadamente el 14%, de la suma de carga orgánica (DBO₅) generada por éstos y por el sistema de saneamiento doméstico. Si se comparan estos mismos datos pero teniendo en cuenta sólo los vertidos a colector, los efluentes industriales representan un 15% del total de la carga orgánica vertida.

En la Figura 65 puede observarse la contribución porcentual de las descargas de efluentes (domésticos e industriales) sobre el total de la contaminación orgánica originada por aguas residuales en el Departamento de Montevideo.

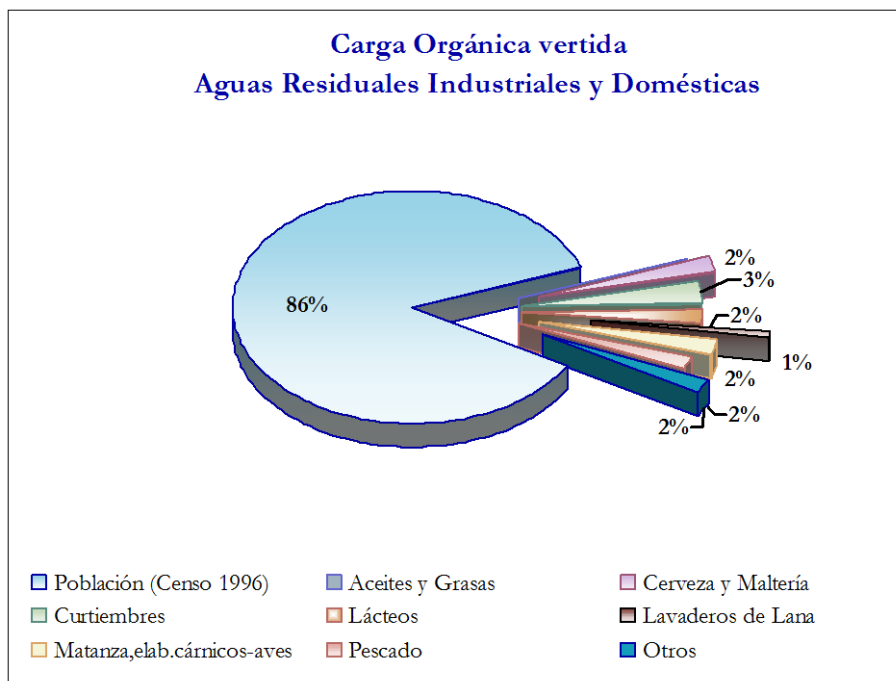


Figura 65. Distribución de la Carga Orgánica total vertida

Para el caso de la cuenca del Arroyo Pantanoso en el año 2008, las industrias vierten 3383 kg/día de carga orgánica (Tabla 8), lo que representa el equivalente a 56.383 habitantes.

La cuenca tiene una población de 207.391 habitantes, por lo cual la carga orgánica de la cuenca es generada en un 27% por las industrias y en un 73% por los habitantes que residen en la misma.

Por otra parte la carga orgánica vertida directamente a cursos de agua de la cuenca para el año 2008 (ver Tabla 8), es de 198 kg/día lo que equivale a 3300 habitantes, y lo que se infiltra es de 118 kg/día que equivale a 1967 habitantes.

De la Tabla 17, se observa que la población de la microregión es de 69.012 habitantes, y dentro de ésta la que vive en asentamientos es de 23.653 habitantes. En consecuencia sólo en la microregión se genera por

lo menos 7 veces más carga orgánica (considerando que la población de los asentamientos se vierte al curso de agua), que lo generado por las industrias que vierten a cursos de agua en toda la cuenca.

En la Figura 66 se compara para el año 2006, la carga de materia orgánica de la población de cada Centro Comunal Zonal; perteneciente a la cuenca del Arroyo Pantanoso; la carga de materia orgánica del total de industrias que pertenecen al Centro Comunal Zonal y la carga de materia orgánica del número de industrias localizadas en cada comunal y que están dentro de la cuenca.

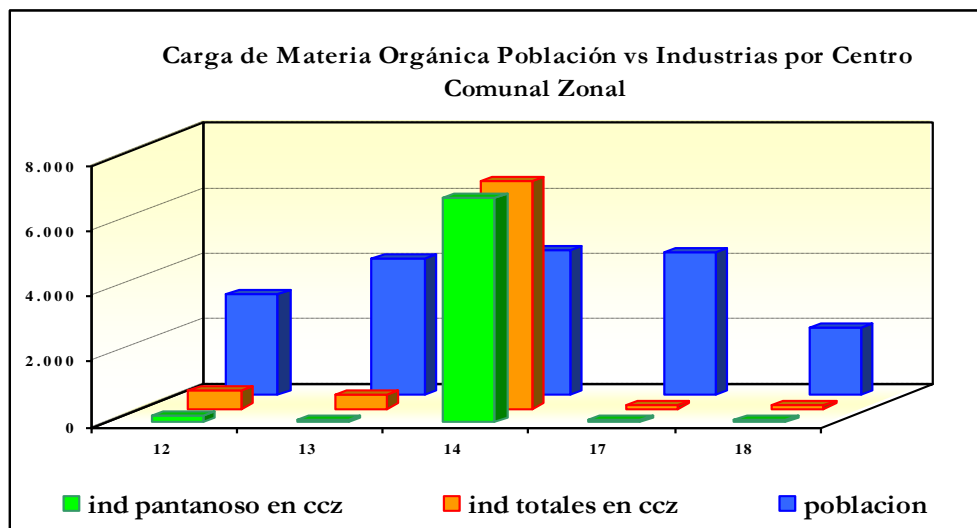


Figura 66. Carga de Materia Orgánica por CCZ

Del análisis de la Figura 66, surge que salvo en el CCZ 14, el aporte de la población en materia orgánica en todos los comunales es significativamente mayor que el aporte industrial. Por tanto la zona perteneciente al CCZ 14, es quien soporta mayor carga orgánica contaminante, resultado de la suma de la carga poblacional e industrial.

3.3 Curso de Agua

3.3.1 Estaciones de Monitoreo

Para establecer las estaciones de monitoreo de los cursos de agua en general, se toman en cuenta criterios técnicos tales como ubicación de descargas de aguas domésticas y/o industriales, así como la facilidad de acceso a las mismas.

En la Figura 67 se muestran las estaciones de monitoreo de los cuerpos de agua de Montevideo.

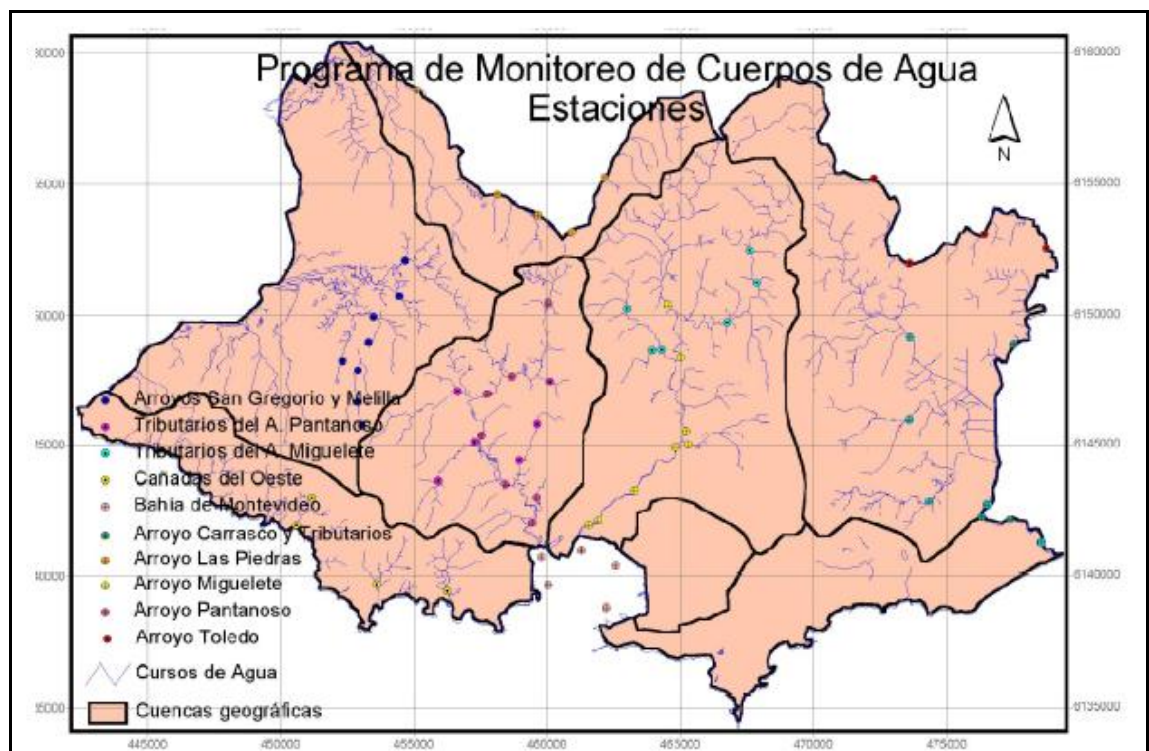


Figura 67. Estaciones de monitoreo de los cursos de agua de Montevideo. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

Como fuera señalado anteriormente, cada año el Servicio Laboratorio de Calidad Ambiental, realiza seis campañas de muestreo para las principales cuencas, y da continuidad a la ejecución de campañas de muestreo en tributarios de los cuerpos de aguas principales con una frecuencia bianual.

Para el Arroyo Pantanoso, se establecieron siete estaciones de monitoreo que corresponden a (ver Figura 59):

P1: Cno. Colman

P3: Cno. Melilla

P4: Cno. De la Granja

P5: Av. Luis Batlle Berres

P6: Ruta 5 y Ruta 1

P7: Aporte Pluvial Alaska – Cañada Victoria

P8: Accesos

Desde el año 2005, se incorporó al Programa de Monitoreo el seguimiento de la calidad de agua de los tributarios del arroyo Pantanoso, los que se estudian con una frecuencia bianual.

Los mismos son:

- Cañada Lecocq: **LE** en Cno. Lecocq
- Cañada Jesús María: **JM1** en Av. Islas Canarias y **JM2** en Av. Luis Batlle Berres
- Cañada Bellaca: **BE1** en Ruta 1 y **BE2** en Martín Artigas
- Cañada Afluente Margen Derecha: **H1** en Cno. Las Higuieritas

En las muestras de los cursos de agua se realizan análisis fisicoquímicos, metales, bacteriológicos y bioensayos.

3.3.2 Calidad del Agua

Para el análisis de los resultados se toma como referencia la clase 3 del decreto 253/79 y modificativos de acuerdo a la Resolución Ministerial 99/2005 del MVOTMA. La clase 3, se refiere a cursos que están destinados a la preservación de los peces en general y otros integrantes de la flora y fauna hídrica.

3.3.2.1 Índice ISCA

El seguimiento de la calidad del agua de los arroyos se realiza aplicando el Índice Simplificado de Calidad de Agua, ISCA, de Cataluña. Este índice se aplica a cursos de agua urbanos, y utiliza cinco parámetros, los que tienen en cuenta:

1. Aportes de materia orgánica
2. Material en suspensión de origen orgánico o inorgánico, industrial o urbano
3. Contenido de Oxígeno disuelto, vinculado a la demanda de consumo y también al contenido de nutrientes que regulan los procesos de depuración
4. Contenido de sales inorgánicas (cloruros, sulfatos)
5. Temperatura

Los valores de ISCA se calculan a partir de la siguiente expresión:

$$\text{ISCA} = T (A + B + C + D)$$

En la Tabla 20 se muestra los parámetros y la fórmula de cálculo, y en la Tabla 21, se indican las referencias.

Parámetro medido -Unidades	Parámetro ISCA	Fórmula de Cálculo	Rango de Variación
Temperatura (t en °C)	T	Si $t < 20 \rightarrow T=1$ Si $t \geq 20 \rightarrow T=1-(t-20)*0.0125$	1 – 0.6
Oxidabilidad al Permanganato (OP en mg/L O ₂)	A	Si $OP \leq 10 \rightarrow A=30-OP$ Si $10 < OP < 60 \rightarrow A=21-0.35*OP$ Si $OP \geq 60 \rightarrow A=0$	0 – 30
Sólidos Suspendidos Totales (SST en mg/L)	B	Si $SST \leq 100 \rightarrow B=25-0.15*SST$ Si $100 < SST < 250 \rightarrow B=17.5-0.07*SST$ Si $SST > 250 \rightarrow B=0$	0 – 25
Oxígeno Disuelto (OD en mg/L O ₂)	C	Si $OD < 10 \rightarrow C=2.5*OD$ Si $OD \geq 10 \rightarrow C=25$	< 25
Conductividad (CE en mS/cm)	D	Si $CE \leq 4000 \rightarrow D=(3.6*LOG(CE))*13.244$ Si $CE > 4000 \rightarrow D=0$	< 20
	ISCA	ISCA = T*(A + B + C +D)	0 - 100

Tabla 20. Fórmula de Cálculo del ISCA

Actividad Característica	ISCA	Propiedades del Agua	Color de Referencia
Abastecimiento	66 – 100	Aguas de Montaña	
Balneario	76 – 85	Aguas Claras	
Pesca	61 – 75	Aguas Medias	
Náutica	46 – 60	Aguas Brutas	
Riego	31 – 46	Aguas Deterioradas	
Riego Forestal	16 – 30	Agua Residual Diluida	
Condición Peligrosa	0 – 16	Agua Residual	

Tabla 21. Referencias de la calidad de agua de cursos de acuerdo al índice ISCA

A pesar de las limitaciones dadas por los parámetros que incluye, es un índice que ha demostrado cumplir con los objetivos para su utilización en los cuerpos de agua de Montevideo.

3.3.2.2 Análisis de los resultados de las campañas de monitoreo

Las campañas de monitoreo se dividen en campañas de invierno y de verano, teniendo en cuenta que existen diferencias dadas por los caudales de los cursos de agua, según la estación.

3.3.2.2.1 Resultados del ISCA

En la Tabla 22 se presentan los resultados obtenidos en el período 1999 a 2009 para el ISCA en los puntos de monitoreo correspondientes al Arroyo Pantanoso, en las temporadas de verano.

En la Tabla 23, se presentan los resultados para el mismo período, pero en la temporada de invierno.

Del análisis de las tablas, surge que el curso de agua se encuentra en mejor estado en invierno, lo cual es lógico dado el mayor caudal del mismo.

A su vez se ve que la parte más contaminada es hacia la desembocadura del mismo, en la Bahía.

Si bien en ningún punto del arroyo se obtiene un valor compatible con condición peligrosa, tampoco existen puntos donde se pueda establecer la característica de abastecimiento o de aguas aptas para baños.

Otro detalle importante es que desde el año 1999 a la fecha, no se observa mejora sustancial en las características del curso. Sólo mejoró para casi todos los puntos en el invierno del año 2003, que podría ser consecuencia de la crisis económica de ese período.

En la Figura 68 se muestra la evolución del ISCA en el verano para las estaciones P6, P7 y P8. Se puede observar la mejoría sobre todo en el Pluvial Alaska (P7).

En la Figura 69 se observa la evolución de las mismas estaciones para las campañas de invierno.

Se aprecia que la calidad del agua en invierno es mucho mejor que en verano.

Monitoreo del Arroyo Pantanoso. Evolución del ISCA. Período 1999 – 2009.

ESTACION DE MONITOREO		ISCA VERANO										
A° Pantanoso	Punto	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Cno. Colman	P1	50	47	49	50	39	59	55	61	50	51	40
Cno. Melilla	P3	28	34	47	51	43	44	47	48	46	46	47
Cno. de la Granja	P4	48	22	41	50	49	44	47	44	49	37	44
Luis Batlle Berres	P5	38	24	37	51	44	46	42	37	37	38	41
Ruta 5	P6	30	29	37	49	40	47	44	45	44	44	43
Pluvial Alaska *	P7				2	1	5	1	1	40	38	
Accesos a Montevideo	P8	22	19	14	37	35	22	25	25	37	40	38

Tabla 22. Evolución de ISCA Verano. Arroyo Pantanoso. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

ESTACION DE MONITOREO		ISCA INVIERNO										
A° Pantanoso	Punto	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Cno. Colman	P1	66	72	64	67	69	62	61	51	75	55	50
Cno. Melilla	P3	62	60	60	48	63	51	53	52	51	56	47
Cno. de la Granja	P4	54	54	60	54	63	49	53	51	47	44	39
Luis Batlle Berres	P5	49	53	52	52	64	55	53	50	39	50	50
Ruta 5	P6	48	50	54	50	61	56	55	52	37	50	50
Pluvial Alaska *	P7				0	5	1	4	48	49	62	
Accesos a Montevideo	P8	33	35	44	38	39	37	25	25	33	47	43

Tabla 23. Evolución de ICISA Invierno. Arroyo Pantanoso. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

* Pluvial Alaska. Es el aporte del pluvial a la Cañada Victoria.

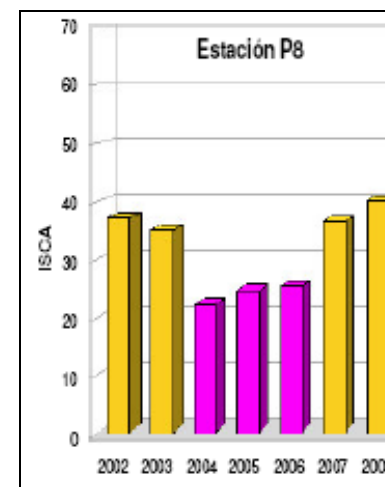
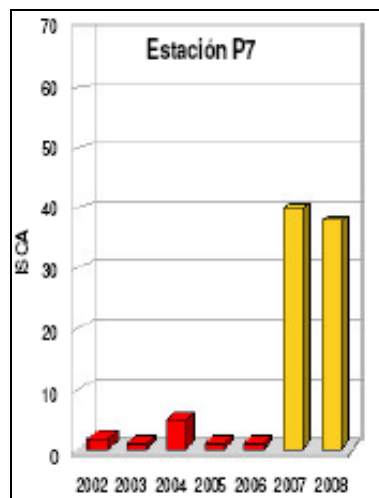
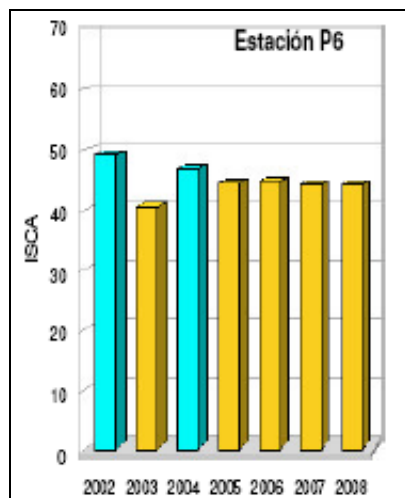


FIGURA 68. Estaciones P6, P7 y P8 en Verano. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

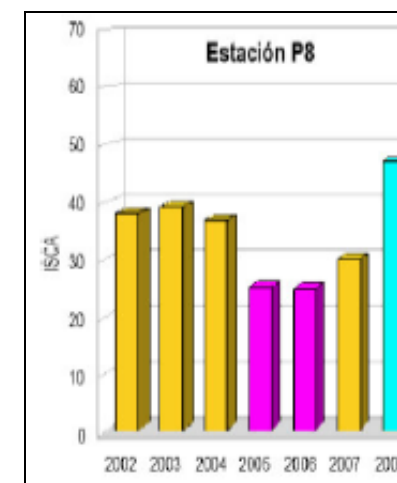
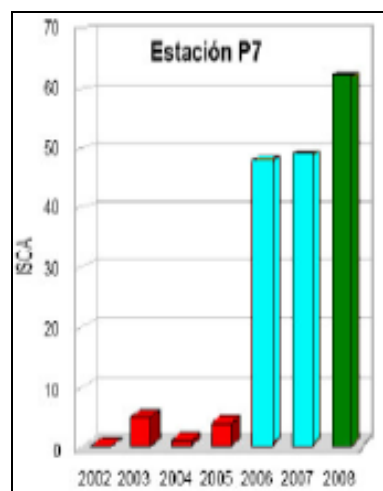
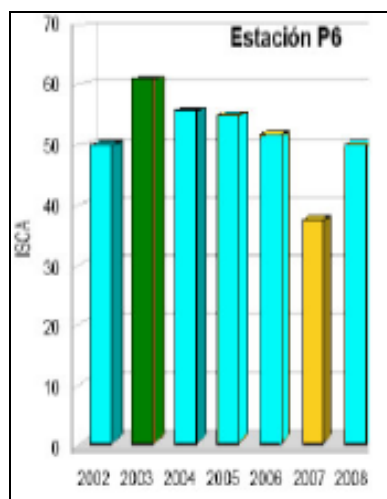


FIGURA 69. Estaciones P6, P7, y P8 en Invierno. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

3.3.2.2.2 Análisis de los parámetros OD, DBO₅ y metales pesados

Para el Arroyo Pantanoso la obra más importante tuvo lugar a mediados del año 2006, con la supresión del vertimiento del Pluvial Alaska. Este pluvial tenía muchas conexiones, algunas clandestinas y otras realizadas para mejorar la situación de los colectores de la zona de Nuevo París, por lo cual no actuaba hasta esa fecha como pluvial sino como un colector más. Las conexiones a este pluvial eran mayoritariamente industriales, por lo cual se vertía hacia la Cañada Victoria (afluente del Arroyo Pantanoso) altas cargas de metales pesados especialmente cromo y también DBO₅, proveniente de los efluentes de las industrias de la zona de Nuevo París.

La anulación de estos vertidos ha tenido un impacto en la mejora de la calidad de agua en el tramo inferior del Arroyo Pantanoso, lo cual se puede notar en el año 2008, directamente en el punto P7 del Pluvial Alaska en la Cañada Victoria, y principalmente en el punto P8 - Accesos (Tablas 22 y 23 y Figuras 68 y 69). Se observa una alta correspondencia entre las obras realizadas y la mejora de la calidad de agua, lo cual se mantiene en el año 2009.

En función de esta obra que se realizó en el año 2006, y de la magnitud y características del vertido, se esperaba una recuperación importante en el Arroyo Pantanoso para el año 2007, pero esto no se notó en forma inmediata. Si bien se observó una leve mejoría en la DBO₅ (descenso promedio 30%) y en el nivel de cromo (70% de descenso), los valores de los demás parámetros siguieron siendo superiores a los establecidos en la clase 3 de la normativa nacional (reportado por el Laboratorio de Calidad Ambiental).

De la evaluación de los datos coincide que en el año 2007, se produjo un aumento de los parámetros de vertido de una importante aceitera, lo cual fue señalado al analizar los vertidos industriales. Este fue el motivo de que la mejora se enmascarara por el aumento en la carga vertida de DBO₅ y Aceites y Grasas, impactando drásticamente aguas abajo de L. Batlle Berres (P5), provocando valores de DBO₅ 400% superiores a los históricos para este tramo del arroyo (entre L. Batlle Berres y Ruta 5).

La eliminación de las conexiones al Pluvial Alaska, desde el punto de vista de la DBO₅ y el OD, pasó entonces prácticamente desapercibida en el año 2007, siendo el nivel de cromo el único parámetro que presentó un franco descenso. Sí se notó la mejoría a partir del período de invierno de 2007, en la propia estación Pluvial Alaska (P7) en la Cañada Victoria.

En las Figuras 70 y 71 se compara la DBO₅ en las distintas estaciones para los años 1999 y 2008 en las temporadas de invierno y verano. De esta comparación se deduce nuevamente la mejor calidad del agua en invierno, y que el punto que ha mejorado en forma relevante es el correspondiente al Pluvial Alaska (P7). En el resto para la temporada de verano y hasta el Punto 5, se observa que los valores puntuales son mayores en el año 2008, situación que no ocurre en invierno.

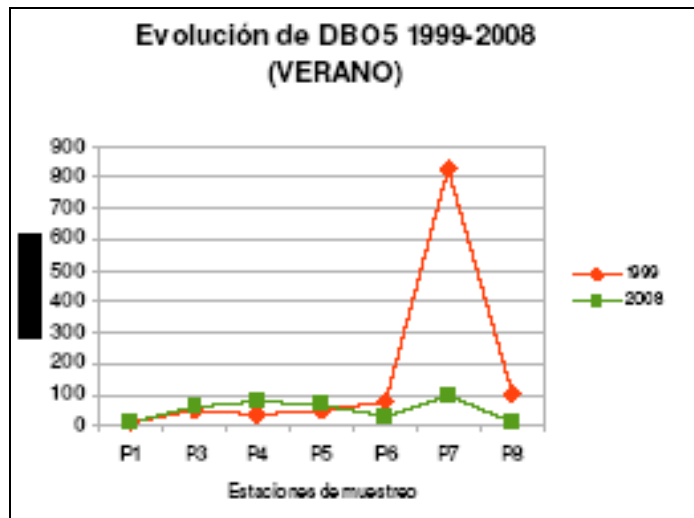


Figura 70. Evolución de la DBO₅ en las estaciones de monitoreo para la temporada de Verano. Años 1999 y 2008. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

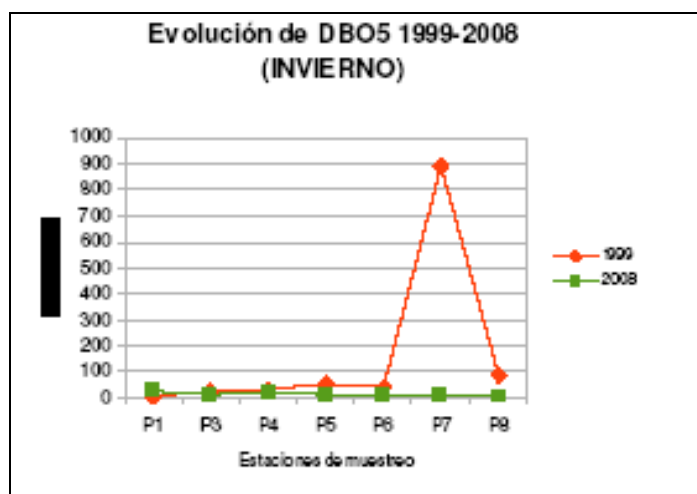


Figura 71. Evolución de la DBO₅ en las estaciones de monitoreo para la temporada de Invierno. Años 1999 y 2008. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

En las Figuras 72 y 73 se presenta la concentración de cromo total y plomo en las distintas estaciones para el año 1999 y el año 2008.

Acá es notoria la mejoría, lo cual concuerda con el análisis de mejora de los vertidos industriales, manteniéndose actualmente en todas las estaciones concentraciones por debajo del límite de la normativa para clase 3.

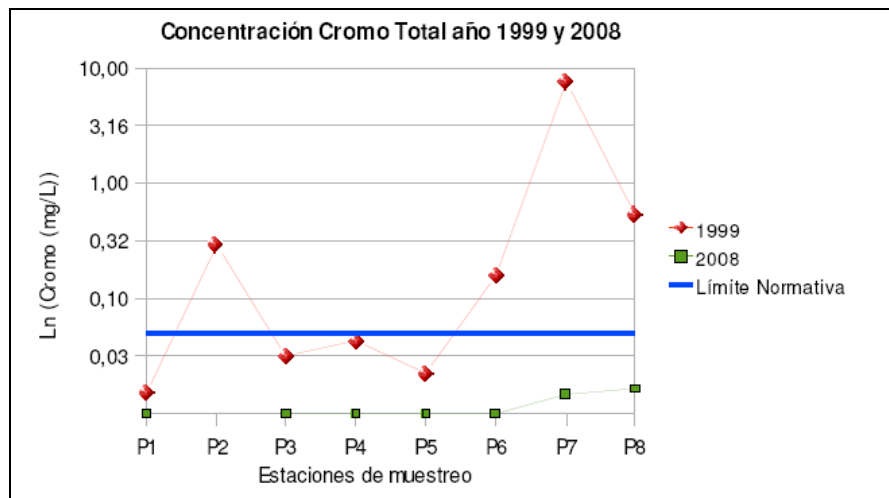


Figura 72. Concentración de Cromo Total en las estaciones de monitoreo. Años 1999 y 2008. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

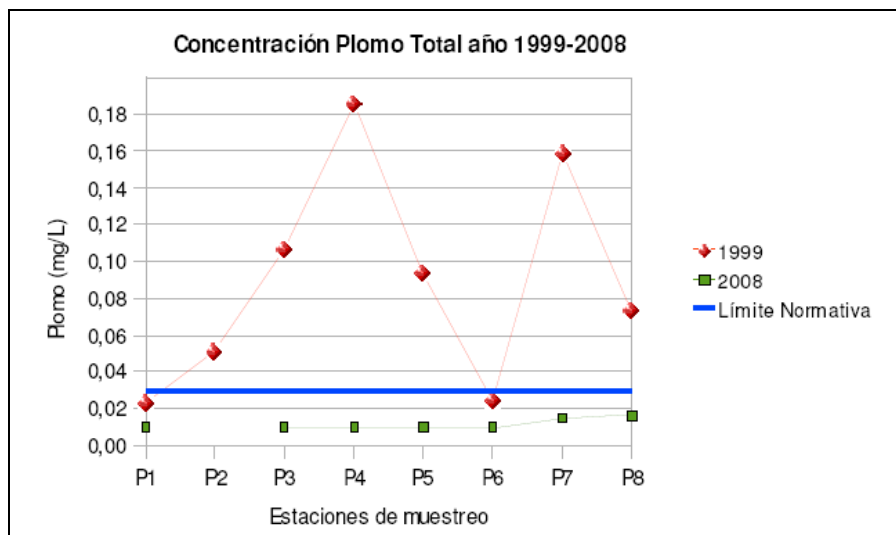


Figura 73. Concentración de Plomo en las estaciones de monitoreo. Años 1999 y 2008. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

Relacionando lo observado para la DBO₅ y para los metales pesados, y considerando lo indicado para los asentamientos ubicados en las márgenes del curso de agua, se deduce que los valores encontrados en el curso de agua de DBO₅ tienen su origen principalmente en vertidos domiciliarios de estos asentamientos.

En definitiva, la calidad del agua del Arroyo Pantanoso en el tramo aguas arriba no ha variado respecto a años anteriores, manteniéndose los niveles superiores al límite en los parámetros estudiados para la temporada de verano, excepto para cromo total y plomo. En el tramo final, se destaca la reducción en el nivel de cromo, relacionado con la eliminación del vertido líquido del Pluvial Alaska.

Por otra parte, las obras del Plan de Saneamiento III se relacionan también con mejoras en la calidad del agua del Arroyo Pantanoso en las estaciones aguas abajo de Camino Melilla (estación P3). La puesta en marcha en el sistema de saneamiento de la estación Nuevo Colón y de la estación Pantanoso¹⁰, eliminaron vertidos directos de aguas residuales al Arroyo Pantanoso.

En las Figuras 74 y 75 se muestra la calidad de los distintos cursos de agua de Montevideo, según el ISCA, para las temporadas de Verano e Invierno del 2008. Se observa nuevamente que el Arroyo Pantanoso tiene mejor calidad en sus aguas en Invierno, comportamiento que en líneas generales se da también en los demás cursos de agua.

¹⁰ Estación Nuevo Colón y Estación Pantanoso son parte de las obras realizadas dentro del Plan de Saneamiento III, para evitar vertidos directos al arroyo. IMM.

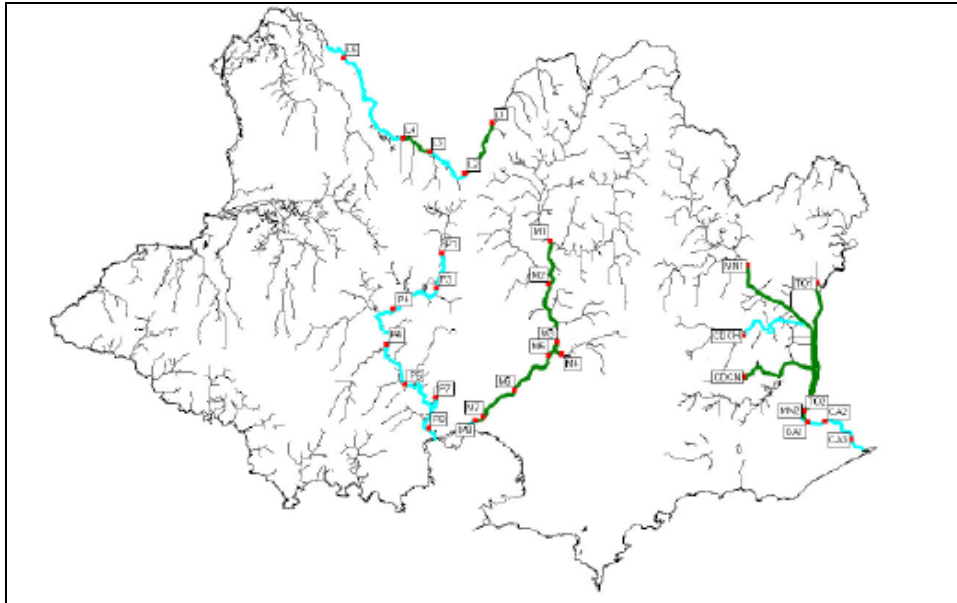


Figura 74. Calidad de los Cursos de Agua de Montevideo según el parámetro ISCA para la temporada de Invierno. Año 2008. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

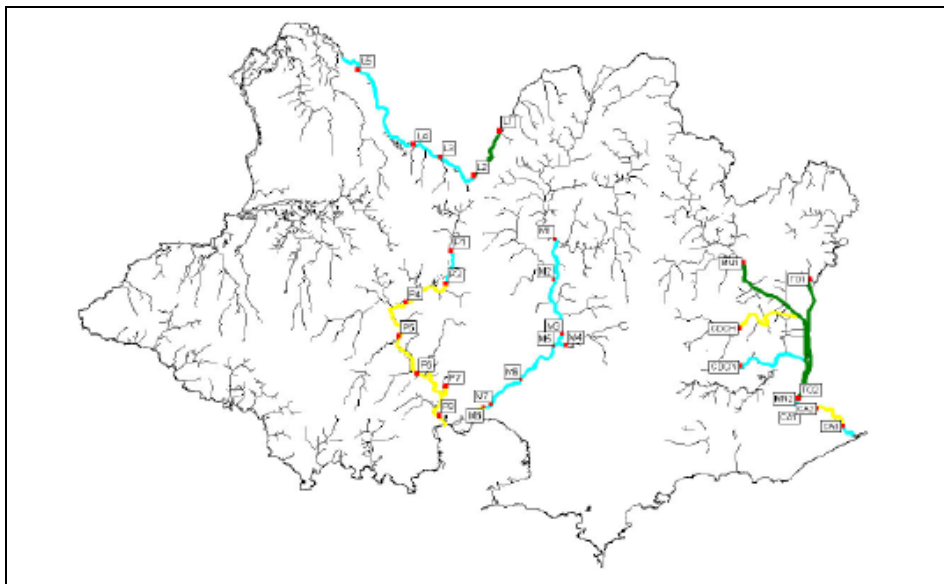


Figura 75. Calidad de los Cursos de Agua de Montevideo según el parámetro ISCA para la temporada de Verano. Año 2008. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM

Analizando los vertidos industriales de la cuenca, se nota que la disminución en la concentración de metales en los efluentes industriales es correspondida con la disminución de las concentraciones en los cursos de agua, a pesar del aumento en el número de industrias y en la producción de las mismas.

En este aspecto y en respuesta al Programa de Reducción de la Contaminación Industrial, se destaca que el total de cromo y plomo en los años 1997 pasó de 177 kg/día vertidos en la cuenca (5,6 kg/día vertidos en forma directa a curso de agua ó infiltrados al terreno); a menos de 8,6 kg/día vertidos en la cuenca (330 gramos vertidos en forma directa a curso de agua ó infiltrados al terreno). Ver Tabla 6 y Tabla 8.

Aquí también se aprecia el impacto de la supresión del vertido del Pluvial Alaska a partir del año 2006. En el año 2007 se observó la disminución drástica de la concentración de cromo en la desembocadura del Arroyo Pantanoso, pasando a cumplir lo establecido en la normativa (Decreto 253/79 y modificativos). En general luego del año 2007 los valores de metales pesados en el curso de agua permanecieron por debajo del límite de Clase 3 del Decreto.

En las campañas del año 2008, se consolidó la mejora relacionada a metales pesados, y se observó una disminución de la DBO₅ como consecuencia del aumento del OD. Esto último también se relaciona con las limpiezas realizadas en junio de 2008 a la altura de Luis Batlle Berres¹¹.

¹¹ Limpieza de Cañadas y Cursos de Agua, Servicio de Operación y Mantenimiento de Saneamiento de la Intendencia de Montevideo.

De todas formas se continúan registrando en el curso de agua niveles de OD, DBO₅ y coliformes fecales que no cumplen con la clase 3 del Decreto 253/79.

Del análisis realizado en 3.2 (página 81), surge claramente que esta situación se debe a las descargas de aguas residuales domésticas y a los vertidos de residuos sólidos provenientes de los numerosos asentamientos radicados en la cuenca.

3.3.2.2.3 Análisis de los resultados de estudios de toxicidad

Dada la dificultad para identificar y determinar con precisión la enorme variedad de posibles contaminantes, el Laboratorio de Calidad Ambiental de la IMM, ha comenzado a trabajar con bioensayos de toxicidad, que detectan la presencia de una gran diversidad de agentes tóxicos a través de la determinación de la capacidad de una sustancia química para producir daño a un organismo vivo.

Desde el año 2002, se realizan en el marco del Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua de la IMM, los bioensayos de *Daphnia magna* (microcrustáceo planctónico de agua dulce) y de *Hydra attenuata* (cnidario bentónico de agua dulce) con el fin de caracterizar la toxicidad de las cuencas.

La *Hydra attenuata* se caracteriza por su alta sensibilidad a diferentes compuestos tóxicos (amonio, metales, compuestos orgánicos, entre otros). Esto se ha podido corroborar en los estudios realizados de evaluación de la toxicidad de los principales efluentes industriales del Uruguay, donde se mostró como el bioensayo más sensible a los diferentes tóxicos presentes en los mismos ("Evaluación de la toxicidad aguda y genotoxicidad de efluentes industriales vertidos en las principales

cuencas hídricas del municipio de Montevideo, Uruguay”, http://www.idrc.ca/index_en.html).

Por su mayor sensibilidad a los tóxicos se reportan los resultados de los estudios de toxicidad con *Hydra attenuata*. La evolución de la toxicidad en el período 2002 - 2008 se presenta en la Tabla 24.

Mediana en Unidades de Toxicidad (UT) Temporada Estival							
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
32.3	8.7	3.2	4.3	4.1	4.3	5.5	5.5
Mediana en Unidades de Toxicidad (UT) Temporada No Estival							
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
8.7	2.5	3.9	3.5	3.2	3.2	3.2	5.5

Tabla 24. Evolución de la toxicidad aguda mediante bioensayos de *Hydra attenuata*.

Categorías de Toxicidad: UT mayor que 4 Muy tóxico; UT entre 2 y 3.99 Tóxico; UT entre 1.33 y 1.99 Moderadamente Tóxico, UT entre 1.32 y 1.01 Levemente tóxico; UT menor o igual a 1 No Tóxico. Laboratorio de Calidad Ambiental. IMM.

En este aspecto se destaca la compatibilidad con los resultados fisicoquímicos del curso de agua en cuanto a que los valores de la temporada estival son mayores.

Los estudios de toxicidad con *Hydra attenuata* y *Daphnia magna* no muestran una disminución de la toxicidad, permaneciendo en general en la categoría I (Muy Tóxica) para el verano y categoría II (Tóxico) para el invierno. Desde el año 2002, se registran apenas algunos cambios de categoría interanuales que no se confirman como una mejora al siguiente período.

En la temporada de verano del año 2008 se observa un incremento de la toxicidad que no es significativo respecto a la del año 2007 y que se mantiene en el año 2009, ocurriendo también un aumento para la temporada de invierno del año 2008 al año 2009.

Esto se puede relacionar con la presencia de residuos sólidos, que sigue siendo un factor de contaminación en todos los arroyos, tanto en las márgenes como en el propio cauce, afectando no sólo la estética sino también la calidad del agua.

4 DISCUSION

El Arroyo Pantanoso, enfrenta serios problemas de contaminación y en algunos sitios de degradación paisajística de sus márgenes.

De manera localizada existen problemas de sobreexplotación y/o contaminación de napas por efluentes domésticos, agroquímicos y residuos sólidos mayoritariamente.

En áreas ocupadas por asentamientos irregulares que avanzan sobre el suelo rural, se verifican serias carencias habitacionales y de servicios básicos, que en algunos casos se ven agravadas por localizaciones inadecuadas desde el punto de vista de la base, dado que se ubican en tierras bajas y márgenes inundables.

El deterioro social y el económico de un grupo importante de la población de la cuenca, son causas estructurales que están estrechamente ligadas al deterioro ambiental.

Los asentamientos irregulares constituyen una de las causas directas del deterioro de la calidad ambiental, por los vertidos de los efluentes líquidos y de residuos sólidos producto de la clasificación.

Los pobladores de estas zonas han encontrado como fuente de ingresos actividades dependientes de los residuos, entre ellas, la clasificación y comercialización de materiales reciclables. En esto existe un mercado interno en: vidrio, papel, cartón, plástico y en la alimentación para la cría de cerdos. Esto genera condiciones de insalubridad que se ve agravada por requerimientos propios de las mismas actividades. Especialmente en el caso de la recolección de residuos debido al enorme esfuerzo físico y a

la gran necesidad de mano de obra (se emplea la mano de obra familiar), al tiempo invertido (más de diez horas por día); se necesita desarrollar la actividad cerca de la vivienda de quién la realiza, generando condiciones insalubres de vida. Se suma que todo lo que no tiene valor, es vertido al curso de agua en el propio entorno.

Por otro lado debido a las características propias de un asentamiento irregular (carecen de saneamiento), los efluentes domiciliarios son vertidos directamente al arroyo, siendo otra de las causas directas del deterioro del mismo. En algunos sitios, las vías de acceso a estos asentamientos son muy angostas, lo que impide el pasaje de vehículos de barométrica, y la única forma de eliminación de los efluentes domiciliarios es directamente a la cuneta o infiltrando el terreno.

Como lo demuestran las experiencias previas es posible implementar iniciativas conjuntamente con las industrias de la zona, invocando a la responsabilidad social empresarial, y aumentando la participación de las industrias en la gestión ambiental de la cuenca como parte de su inserción en la sociedad, logrando además una buena imagen lo que las favorece en su relación con los vecinos. Esto es importante para evitar el deterioro ambiental y de la salud de los pobladores.

Por otra parte queda demostrado que el problema actual en la cuenca está relacionado con los asentamientos sin saneamiento que se suma al problema de residuos sólidos. Por este motivo toma mayor relevancia los planes de saneamiento y los reasentamientos en lugares que cuenten con los servicios básicos.

En este sentido se destaca que los planes de saneamiento ejecutados hasta la fecha, así como los planificados para los próximos años dentro

del Plan de Saneamiento IV, constituyen inversiones de extraordinaria importancia con incidencia directa en el problema planteado.

Estas obras, que son subterráneas prácticamente en su totalidad, suelen pasar desapercibidas, pero representan un extraordinario esfuerzo de la sociedad toda, con fuerte incidencia tanto en la salud ambiental individual, como en la calidad del ambiente de Montevideo.

Un aspecto a gestionar es que luego de realizadas las obras, se debe poner énfasis en que se efectivicen las conexiones a la red de saneamiento, por parte de los habitantes de las zonas alcanzadas.

5 CONCLUSIONES

En general, la calidad del agua es buena en los cursos mientras transcurren en áreas rurales; los problemas de contaminación se producen al atravesar zonas urbanizadas.

El curso de agua que entra en el entramado urbano está contaminado y degradado por descargas de aguas servidas domésticas, vertido de residuos sólidos, residuos de la actividad agropecuaria y en menor grado, por efluentes industriales.

Los problemas más evidentes son generados por vertidos de residuos sólidos y efluentes domésticos, y en algún caso puntual por efluentes industriales. Menos evidente son los problemas de arrastre de sedimentos y agroquímicos de las zonas rurales.

El programa de monitoreo continuo de los cursos de agua del Departamento de Montevideo, permitió construir una base de datos cuyo análisis demuestra cuál es la evolución de la calidad del agua en función de las diversas acciones emprendidas a lo largo del tiempo.

Del análisis surge que existe una mejora de la calidad del agua para el período estudiado 2002 – 2008, siendo mejores las condiciones en invierno.

Se logró cumplir con las condiciones de Clase 3 de la normativa nacional en metales pesados, los cuales han disminuido significativamente en el curso de agua.

Lo mismo se desprende del programa sistemático de control industrial, donde el análisis de la base de datos registrados desde el año 1997, demuestra las mejoras obtenidas en la calidad de los vertidos industriales.

Los principales sectores industriales de la cuenca son curtiembres, lácteos y aceites y grasas. La mayoría de las industrias vierte a la red de saneamiento, por lo cual no impacta en la calidad del curso en forma directa a lo largo del mismo. Un número menor de industrias, vierten en forma directa al curso de agua o infiltran al terreno.

Para el período de estudio 2002 – 2008, ha sido sostenida la disminución de las cargas industriales vertidas. Se destaca la importante disminución de las cargas de metales pesados (cromo y plomo) desde el inicio del programa de monitoreo en el año 1997, pasando de generarse en la cuenca 177 kg/día a 8,6 kg/día en 2008.

En el año 2008, las industrias ubicadas en la Cuenca del Arroyo Pantanoso, aportaron 3.383 kg/día de carga orgánica, lo que equivale a 56.383 habitantes. Esto es aproximadamente la cuarta parte de la población de la cuenca (207.391 habitantes).

Al comparar lo que efectivamente es vertido directamente al curso de agua o infiltrado al terreno por parte de las industrias, estos valores son de 198 kg/día y 118 kg/día respectivamente en el año 2008, representando respectivamente 3.300 habitantes equivalentes y 1.967 habitantes equivalentes.

En la microregión que se identificó como relevante, viven 69.012 habitantes, de los cuales 23.653 viven en asentamientos cercanos al curso de agua y sin saneamiento. En consecuencia, sólo en esta zona se genera por lo menos 7 veces más carga orgánica con vertido directo al

curso de agua, que lo vertido en forma directa por las industrias de toda la cuenca.

Con respecto a las inundaciones no se pudo realizar un análisis más profundo de las áreas vulnerables, ya que la información recopilada no es suficiente para ello, siendo necesario otros datos como la capacidad de infiltración del suelo de cada lugar, entre otras cosas.

De todas formas se realizó un mapa que se muestra en la Figura 8, donde se contraponen las curvas de nivel de la cuenca con los asentamientos.

Esto permitió visualizar el número de asentamientos ubicados en las zonas más bajas y a una corta distancia al arroyo, con mayor posibilidad de inundación. En consecuencia se determinó una microregión crítica que fue analizada en particular, y que es fundamental para diseñar un Plan Estratégico en la cuenca.

Por último en el ANEXO 3 se presentan algunos registros fotográficos que ilustran todo lo indicado.

6 BIBLIOGRAFIA

1. Instrumentos económicos para el control de la contaminación del agua: condiciones y casos de aplicación. 2000. Informe CEPAL.
2. 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, 2006. El agua, una responsabilidad compartida. Capítulo 3.
3. 3º Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, 2009. Disponible en sitio web de UNESCO: www.unesco.org/water/wwap/wwdr
4. Cumbre del Milenio, Septiembre de 2000. Disponible en sitio web de PNUD: <http://www.undp.org/mdg>
5. Decreto 253/79 y modificativos. Poder Ejecutivo.
6. Diario El Tejano, 102, p 17-19.
7. Estudio de Impacto Ambiental del Plan de Saneamiento IV, 2007. División Saneamiento. Intendencia Municipal de Montevideo.
8. Falkenmark M., Landscape as life support provider: Water-related limitations. North American Press, 1994. p. 103-116.
9. Feola G., *et al.*, 2007. Informe de Programa de Monitoreo de Playas y Costa - Temporada Estival 2006-2007. Servicio Laboratorio de Calidad Ambiental. Departamento de Desarrollo Ambiental, Intendencia Municipal de Montevideo.
10. Feola G., *et al.*, 2007. Informe del Programa de Cuerpos de Agua. Servicio Laboratorio de Calidad Ambiental. Departamento de Desarrollo Ambiental, Intendencia Municipal de Montevideo.
11. INE, 1996. VII Censo General de Población, III de Hogares y V de Viviendas del año 1996.
12. INE-PIAI, 2006. Relevamiento de Asentamientos 2005-2006.
13. Informe Ambiental Geo Montevideo. PNUMA – Intendencia Municipal de Montevideo. 2004.

14. Martínez W., *et al.*, 2007. Informe Proyecto “Evaluación de la Toxicidad Aguda y Genotoxicidad de Efluentes Industriales vertidos en las principales cuencas hídricas del Departamento de Montevideo”.
15. Metcalf-Eddy. Ingeniería Sanitaria. Redes de Alcantarillado y bombeo de Aguas Residuales. Editorial Labor, 1985.
16. Metcalf-Eddy. Ingeniería Sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Editorial Labor, 1985.
17. Montevideo en Cifras. Intendencia Municipal de Montevideo. 1996.
18. Plan de Ordenamiento Territorial. Intendencia Municipal de Montevideo. 1998. (1998-2005)
19. Plan Montevideo 1995-2005. Memoria Informativa. Diagnóstico Territorial. Ambiente: valores y conflictos. 2005.
20. Raffaele A., *et al.*, 2006. Informe Proyecto: “Gestión Integral de Recursos Hídricos, Cuenca del Arroyo Pantanoso - Gestión Comunitaria” Unidad de Efluentes Industriales. Intendencia Municipal de Montevideo.
21. Raffaele A., *et al.*, 2008. Evaluación de la Contaminación de Origen Industrial del Departamento de Montevideo. Unidad de Efluentes Industriales. División Saneamiento. Intendencia Municipal de Montevideo.
22. Resultados de los Análisis del Laboratorio de Calidad Ambiental de las muestras extraídas a las industrias por la Unidad de Efluentes Industriales. Años 1997 – 2008. Intendencia Municipal de Montevideo.
23. Resultados de los Análisis del Laboratorio de Calidad Ambiental del Arroyo Pantanoso, índice ISCA y bioensayos. Años 2002 – 2008. Intendencia Municipal de Montevideo.

- **CCZ** Centro Comunal Zonal
- **DINAMA** Dirección Nacional de Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
- **DINAVI** Dirección Nacional de Vivienda
- **I.M.M.** Intendencia Municipal de Montevideo
- **INE** Instituto Nacional de Estadística
- **ISCA** Índice Simplificado de Calidad de Agua de Cataluña
- **MEC** Ministerio de Educación y Cultura
- **MGAP** Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
- **MTOP** Ministerio de Transporte y Obras Públicas
- **MVOTMA** Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
- **ONGs** Organismos No Gubernamentales
- **OSE** Obras Sanitarias del Estado
- **PIAI** Programa de Integración de Asentamientos Irregulares
- **POT** Plan de Ordenamiento Territorial
- **RSE** Responsabilidad Social Empresarial
- **SIG** Sistema de Información Geográfica
- **SUNCA** Sindicato Unico Nacional de la Construcción y Anexos
- **UEI** Unidad de Efluentes Industriales de la Intendencia Municipal de Montevideo
- **UTE** Usinas de Transmisión Eléctrica
- **PSU** Plan de Saneamiento Urbano

ANEXO 1 REFERENCIAS DE MUESTREO Y ANÁLISIS

El muestreo y los análisis se realizan según "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 1060).

Las técnicas utilizadas son:

pH: Medida utilizando pH-metro Orion, modelo 420 A. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 4500 H + B).

Conductividad Eléctrica: Medida utilizando conductímetro YSI, modelo 33. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 2510 B).

Oxígeno Disuelto: Medida utilizando oxímetro Orion, modelo 862A. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 4500-O G).

Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Suspendidos Volátiles: Método gravimétrico. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 2540 D+E).

Demanda Bioquímica de Oxígeno: "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 5210 B).

Demanda Química de Oxígeno: Método colorimétrico, de reflujo cerrado. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 5220 D).

Grasas: Método de extracción Soxhlet. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 5520 D).

Coliformes fecales: Procedimiento de filtración por membrana. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 9222 D).

Nitrógeno amoniacal: "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 4500 NH3 F).

Fósforo total: "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 4500- P D).

Sulfuros: Método Hach "Model HS-C Hydrogen Sulfide Test Kit"

Cromo Total: "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WEF, 21 th Ed., 3111).

Plomo: "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHAAWWA-WEF, 21 th Ed., 3111).

ANEXO 2 MARCO JURÍDICO

Normativa Nacional, se destaca:

Artículo 47 Constitución de la República.

Con la reforma del año 1996, se estableció el deber de proteger el ambiente, lo cual fue un hito en la historia de la legislación ambiental.

Ley 17.220 (Año 1999)

Prohíbe la introducción en las zonas sometidas a la jurisdicción nacional de todo tipo de desecho peligroso. Integra la definición de Basilea.

Ley 17.283 (Año 2000) “Ley General de Protección del Medio Ambiente”.

Establece la protección del ambiente contra toda afectación que pudiera derivarse del manejo y disposición final de los residuos cualquiera sea su tipo, encomendando al Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), dictar las providencias y aplicar las medidas para regular la generación, recolección, transporte, almacenamiento, comercialización, tratamiento, y disposición final de los residuos.

Ley 17.775 (Año 2004)

Se declara de interés general el control de la contaminación por plomo y se dictan normas para hacer efectivo el mismo. La ley tiene 7 capítulos que tratan de la gestión adecuada para naftas, pinturas, otros productos que contienen plomo, procesos industriales, de suelos y baterías; dando potestades para el control a los Gobiernos Locales en coordinación con el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA).

Decreto 253/79 y modificativos. Normativa referente a la calidad de agua.

Los cursos de agua se clasifican en 5 clases de acuerdo a su uso potencial. Para cada categoría existen límites para determinados parámetros fisicoquímicos y biológicos. Ningún vertido puede alterar la calidad de esta agua.

A su vez existen límites para los parámetros de vertido de efluentes, y estos varían dependiendo si es vertido a colector, directo a curso de agua, o por infiltración.

Decreto 135/99. Gestión integral de residuos sólidos hospitalarios

Establece normas reglamentarias de la gestión de los residuos sólidos hospitalarios. Generación, clasificación, transporte, tratamiento y disposición final.

Decreto 373/03. Reglamenta el uso y desecho de baterías de plomo y ácido.

Normativa Departamental, se destaca:

Decreto 14.001/1967

Ordenanza de Limpieza Pública.

Decreto Departamental Nº 13982. 27 de junio de 1968

Normas aplicables a los efluentes industriales. Ordenanza sobre Disposición de las Aguas Residuales de los Establecimientos Industriales de Montevideo.

Resolución Nº 16277. 19 de julio de 1968

Reglamenta la Ordenanza sobre Disposición de las Aguas Residuales de los Establecimientos Industriales de Montevideo.

Resolución 761/96

Aprueba el plan de reducción de contaminación industrial. Fija estándares de vertido a colector y a cursos de agua.

Resolución 117/97 y 162/97

Aprueba criterios sobre la disposición final de lodos de procedencia industrial.

Resolución 1501/01

Reglamentación relacionada a la recolección y transporte de residuos no domiciliarios.

Resolución 2428/03

Cobro por la disposición final de los residuos industriales.

ANEXO 3 FOTOGRAFIAS

24 de junio de 2006.

Zona: Cno. Hilario Cabrera P1



Zona: Lezica P2



Zona: Cno. Antonio Rubio P3



Zona: Pluvial Alaska P9





1º de julio de 2006.

Zona: Cno. Hilario Cabrera P1



Zona: Cno. Antonio Rubio P3



Zona: Pluvial Alaska P9





24 de mayo de 2010

Zona: Cno. Hilario Cabrera P1





Zona: Lezica P2



Zona: Cno. Antonio Rubio P3





Zona: Ruta 5 P7



Zona: Accesos P8



Zona: Pluvial Alaska P9

