

**Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la  
Contaminación y Restauración de Hábitats**  
(PNUD/GEF RLA/99/G31)

**Aportes de Contaminantes y Sedimentos al Río de la Plata Interior**  
(Informe de Avance)

**Resumen Ejecutivo**

*Andrés E. Carsen Pittaluga*

**Abril 2002**

## Indice

I. Introducción.....	3
II. Aportes correspondientes al Area Metropolitana de Buenos Aires .....	5
III. Aportes correspondientes al Río Paraná .....	14
IV. Aportes Correspondientes al Gran La Plata.....	17
V. Otros aportes .....	17
VI. Referencias.....	18

## I. Introducción

El Río de la Plata Interior recibe principalmente el aporte de efluentes industriales y cloacales originados en el Area Metropolitana de Buenos Aires, de la ciudad de La Plata y de los Ríos Paraná y Uruguay, encontrándose muy comprometida la calidad del agua de la Franja Costera Sur del Río de la Plata (San Fernando-Magdalena).

El Area Metropolitana de Buenos Aires, con aproximadamente 10 millones de habitantes, nuclea la mayor concentración de industrias del país. La misma se estructura a partir del núcleo central de la Ciudad de Buenos Aires alrededor del cuál se ubica el conurbano. A través de sus tributarios, desagües cloacales y fluviales los contaminantes originados en el Area Metropolitana de Buenos Aires son descargados al Río de la Plata afectando significativamente la calidad del agua de la Franja Costera Sur.

En relación a los aportes de contaminantes y sedimentos provenientes de los ríos Paraná y Uruguay es importante considerar que el Río Paraná tiene un caudal medio de aproximadamente 17000 m<sup>3</sup>/s contra 5000 m<sup>3</sup>/s del Río Uruguay lo que, sumado a otros factores tales como el grado de industrialización, da lugar a que los aportes de carga sedimentaria y de potenciales contaminantes aportados por el Paraná sean mucho más importantes que los del Uruguay. En su desembocadura, el Río Paraná se divide en dos ramas: Paraná de las Palmas y Paraná Guazú. Esto, en el Río de la Plata Interior, se ve reflejado en la existencia de tres corredores de flujo con escasa mezcla entre ellos, cada uno de los cuales conduce las aguas descargadas por los ríos Paraná de las Palmas, Paraná Guazú y Uruguay. En lo que respecta al transporte de contaminantes el mismo ocurre predominantemente por transporte a la deriva; sin embargo, en la boca del Río de la Plata Interior aparece un intenso proceso de mezcla que puede difundir los contaminantes río arriba desde el Río de la Plata Exterior. La calidad del agua correspondiente al corredor Guazú esencialmente está determinada por la del Río Paraná Guazú, pudiendo afectar el Río de la Plata Exterior la calidad del agua en su extremo final. En lo que respecta al corredor del Paraná de las Palmas la calidad del agua se ve afectada tanto por los tributarios directos como por las descargas costeras provenientes del Area Metropolitana de Buenos Aires (Jaime *et al.*, 2001).

Con relación al área del Gran La Plata, se pueden considerar como los más significativos los aportes cloacales (descarga de Berisso) así como los industriales, originados en el Polo Petroquímico Ensenada-Berisso.

Los efectos de las diferentes descargas de contaminantes sobre la calidad del agua del Río de la Plata se ven aminorados por el gran efecto de dilución del Río de la Plata y su dinámica fluvial. Es decir, los valores representativos de calidad de agua del Río de la Plata deben interpretarse como valores medios sujetos a fluctuaciones debido a la dinámica del sistema fluvial con el marítimo, o sea que a escala del Río de la Plata los niveles de contaminación no son elevados, ya que a partir de los estudios realizados por la CARP (1989) y por el Consejo Permanente para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas de la Franja Costera Sur (1997) se puede observar que generalmente la calidad del agua del Río de la Plata, con algunas excepciones (como por ejemplo el área entre el Riachuelo y Berazategui, Fig. II.1) cumple con los estándares de calidad establecidos para protección de la biota acuática a partir de 4 km de la costa.

## II. Aportes correspondientes al Area Metropolitana de Buenos Aires

Los principales aportes de contaminantes que llegan al Río de la Plata provenientes del Area Metropolitana de Buenos Aires son los correspondientes a los líquidos cloacales y efluentes industriales que llegan al mismo a través de la Cuenca del Matanza-Riachuelo, del Río Reconquista (cuyas descargas son aportadas al Río Luján) y del emisario cloacal de Berazategui (Figura II.1), así como de los canales Sarandí y Santo Domingo. Esto se ve reflejado, como puede apreciarse en la Figura II.1, en una baja calidad del agua en la Franja Costera Sur del Río de la Plata.

Los aportes de contaminantes correspondientes a las descargas del Area Metropolitana de Buenos Aires pueden dividirse en dos zonas, una al norte y otra al sur de la desembocadura del Riachuelo, de acuerdo a cómo influyen en la calidad del agua las diferentes descargas (Tabla II.1). El grado de deterioro de la calidad del agua es más pronunciado y alejado de la costa en la zona sur entre el Riachuelo y la descarga de Berazategui, en particular aguas arriba de Bernal por influencia de las descargas correspondientes al Riachuelo y los canales Sarandí y Santo Domingo. Las diferentes descargas afectan la calidad del agua entre los 500 y 2000 m de la costa pudiéndose bajo ciertas condiciones hidrometeorológicas encontrarse concentraciones elevadas de cromo, bacterias coliformes e hidrocarburos hasta 10000 m de la costa (AA, 1998, FCS, 1997).

A partir de los datos expuestos en la Tabla II.1, que corresponden a campañas realizadas entre 1994 y 1999 por Aguas Argentinas (AA, 2000) en el Area Metropolitana de Buenos Aires, puede observarse que los principales aportes de materia orgánica a la Franja Costera del Río de la Plata están dados principalmente por las descargas del Río Luján (12%), Riachuelo (23%) y Berazategui (33%), que en conjunto aportan el 58% de la carga total de  $\text{DBO}_5$  correspondiente a las descargas estudiadas. Si bien este parámetro compromete la concentración de oxígeno disuelto de todas las descargas a excepción del Río Luján (Tabla II.2), el mismo, en terminos generales, no compromete significativamente la concentración de oxígeno disuelto en la Franja Costera Sur del Río de la Plata debido a que el viento permite una buena oxigenación del agua.

Desde un punto de vista sanitario, la Franja Costera Sur se encuentra sumamente comprometida dados los altos aportes de bacterias coliformes, vinculadas principalmente con las descargas de Berazategui y el conducto Ugarteche (Tabla II.2).

En lo que respecta al aporte de metales pesados, a partir de los datos expuestos en la Tabla III.1, puede observarse que el cromo es el más importante de los metales determinados, aportando las descargas del Río Luján (14%), Riachuelo (41%) y Canal Sarandí (25%) el 80% del total de la

carga de cromo correspondiente a las descargas estudiadas. En total, los aportes de cromo son 5 veces mayores que los correspondientes al plomo, ya que por día son descargados 1474 kg de cromo contra 289 kg de plomo. Los principales aportes de plomo están dados por las descargas del Río Luján (22%), Riachuelo (30%) y los canales Sarandí (13%) y Santo Domingo (10%).

En lo que respecta a hidrocarburos totales, los principales aportes están dados por el Río Luján (15%), Riachuelo (38%), el Canal Sarandí (13%) y Santo Domingo (10%), que en conjunto representan el 76% del flujo de entrada proveniente de las descargas estudiadas.

Si por un momento consideramos a las diferentes descargas como si fueran un efluente industrial, puede observarse que, en algunos casos (ej. Canal Santo Domingo y conducto Ugarteche), los niveles de cromo y plomo superan los límites máximos establecidos para efluentes industriales (0.2 y 0.5 mg/l para cromo hexavalente y plomo, respectivamente) por la legislación actual (Decretos 674/89 y 776/92). Es importante resaltar que en lo que respecta a la presencia de otros metales, tales como mercurio, cadmio o sustancias tales como arsénico y cianuro generalmente se encuentran en bajas concentraciones (FCS, 1997) o cercanas a los límites de cuantificación de las técnicas analíticas.

Resultados de campañas realizadas entre 1995 y 1996 indican que las descargas correspondientes a los Ríos Luján y Riachuelo, arroyo Medrano, canales Sarandí y Santo Domingo y la descarga de Berazategui presentan concentraciones de plaguicidas organoclorados (Hexaclorobenceno, alfa HCH, lindano, heptacloroepóxido, aldrin, dieldrin, DDT, clordano y metoxicloro) y herbicidas (2,4-D) en concentraciones inferiores al límite de cuantificación del instrumental analítico empleado (FCS, 1997). Resultados similares se obtuvieron para el conducto Ugarteche, arroyos Medrano, Vega y Maldonado y los conductos Doble y Triple Madero (AA, 2000). En cuanto a los detergentes, los niveles observados estuvieron entre 0.4 y 3.33 mg/l, valores que están por debajo de los máximos establecidos para efluentes industriales por la legislación vigente (8 mg/l; Decretos 674/89 y 776/92).

A partir de la información analizada puede observarse que los ríos Luján y Riachuelo, los canales Santo Domingo y Sarandí y la descarga de Berazategui aportan a la Franja Costera Sur del Río de la Plata más del 75% de la carga total ingresante (Tabla II.2 y II.3) de DQO, DBO<sub>5</sub>, cromo, plomo, e hidrocarburos totales originada en el Area Metropolitana de Buenos Aires.

**Tabla II.1. Area Metropolitana de Buenos Aires: flujos ingresantes medios de las descargas costeras al Río de la Plata**  
(Fuente: AA, 2000)

Nombre de la Descarga	Caudal Medio Ingresante m <sup>3</sup> /s	Flujo Ingresante DQO tn/día	Flujo Ingresante DQO %	Flujo Ingresante DBO <sub>5</sub> tn/día	Flujo Ingresante DBO %	Flujo Ingresante Cromo kg/día	Flujo Ingresante Cromo %	Flujo Ingresante Plomo kg/día	Flujo Ingresante Plomo %	Flujo Ingresante Hidrocarburos totales kg/día	Flujo Ingresante Hidrocarburos totales %
Río Luján <sup>N</sup>	192	646	30	69	12	210	14	62	22	15514	15
El Arca <sup>N</sup>	0.53	17	1	6	1	2	0	3	1	1277	1
33 Orientales <sup>N</sup>	0.29	4	0	1	0	1	0	2	1	182	0
Conducto Borges <sup>N</sup>	0.89	22	1	10	2	1	0	5	2	2815	3
Calle Perú <sup>N</sup>	1.36	38	2	13	2	6	0	17	6	5378	5
Conducto Villate <sup>N</sup>	0.03	1	0	0	0	0.06	0	0.14	0	55	0
Conducto Yrigoyen <sup>N</sup>	0.12	2	0	1	0	0.11	0	0.50	0	393	0
Arroyo Medrano <sup>N</sup>	1.98	25	1	8	1	7	0	14	5	3754	4
Arroyo White <sup>N</sup>	0.23	1	0	0	0	0.15	0	0.46	0	6	0
Arroyo Vega <sup>N</sup>	0.23	5	0	2	0	0.07	0	1	0	371	0
Arroyo Maldonado <sup>N</sup>	0.16	1	0	0	0	0.07	0	0.30	0	65	0
Conducto Ugarteche <sup>N</sup>	1.03	16	1	6	1	2	0	8	3	813	1
Doble Conducto Madero <sup>N</sup>	0.90	22	1	7	1	1	0	6	2	0	0
Triple Conducto Madero <sup>N</sup>	3.03	48	2	21	4	2	0	17	6	3608	4
Ciudad Deportiva de la Boca <sup>N</sup>	0.07	0	0	0	0	0.03	0	0.07	0	3	0

**Tabla II.1 (cont.). Area Metropolitana de Buenos Aires: flujos ingresantes medios de las descargas costeras al Río de la Plata**

(Fuente AA, 2000)

Nombre de la Descarga	Caudal Medio Ingresante m <sup>3</sup> /s	Flujo Ingresante DQO tn/día	Flujo Ingresante DQO %	Flujo Ingresante DBO <sub>5</sub> tn/día	Flujo Ingresante DBO %	Flujo Ingresante Cromo kg/día	Flujo Ingresante Cromo %	Flujo Ingresante Plomo kg/día	Flujo Ingresante Plomo %	Flujo Ingresante Hidrocarburos totales kg/día	Flujo Ingresante Hidrocarburos totales %
Riachuelo-Puente Avellaneda <sup>N</sup>	66.73	518	24	130	23	610	41	87	30	39504	38
Canal Sarandí <sup>S</sup>	5.67	123	6	47	8	371	25	37	13	15653	15
Canal Santo Domingo <sup>S</sup>	8.58	163	8	47	8	138	9	28	10	13478	13
Canal Jiménez <sup>S</sup>	1.06	28	1	7	1	2	0	ND	ND	ND	ND
Descarga de Berazategui <sup>S</sup>	18.34	450	21	186	33	120	8	ND	ND	ND	ND

Nota: N descargas ubicadas al norte del Riachuelo; S descargas ubicadas al sur del Riachuelo.

**Tabla II.2. Area Metropolitana de Buenos Aires: caracterización de las descargas costeras al Río de la Plata**  
(Fuente AA, 2000)

Nombre de la Descarga	DQO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	Coliformes totales NMP/100ml	Cromo µg/l	Plomo µg/l	Hidrocarburos totales mg/l	Oxígeno Disuelto mg/l	NTK mg/l	N/NH <sub>3</sub> mg/l
Río Luján	43.73	4.04	1.75E+05	20.66	6.12	1.16	7.5	2.46	0.71
El Arca	308	113.5	5.49E+07	26.65	49.67	9.8	1.1	34.1	23.04
33 Orientales	166.68	51.10	8.77E+06	24.07	99.33	8.44	Sin dato	9.75	4.79
Conducto Borges	322.2	143.9	1.30E+08	19.9	59.5	29.6	1.2	31.8	23.5
Calle Perú	314.3	132.7	1.24E+08	33.79	67.68	19.06	1.2	14.3	8.9
Conducto Villate	138.38	60.71	2.43E+07	14.38	37.98	12.03	Sin dato	18.03	13.94
Conducto Yrigoyen	139.2	45.1	2.08E+07		35.80	21.38	Sin dato	15.45	9.40
Arroyo Medrano	161.14	48.42	2.40E+08	38.53	41.00	22.46	0.6	Sin dato	Sin dato
Arroyo White	88.5	31.33	1.93E+07	10.28	27.10	3.70	Sin dato	Sin dato	Sin dato
Arroyo Vega	232.1	104.6	3.91E+07	3.71	50.15	18.13	Sin dato	Sin dato	Sin dato
Arroyo Maldonado	55.4	17.4	8.90E+06	4.55	26.84	4.04	Sin dato	Sin dato	Sin dato
Conducto Ugarteche	177.9	78.1	4.50E+07	21.14	79.28	10.51	1.1	Sin dato	Sin dato
Doble Conducto Madero	175.57	70.75	4.60E+07	8.74	59.56	ND	0.65	Sin dato	Sin dato
Triple Conducto Madero	184	76.2	2.40E+07	6.26	54.53	12.20	Sin dato	Sin dato	Sin dato
Ciudad Deportiva de la Boca	27.0	5.4	3.84E+05	4.28	11.55	0.90	Sin dato	Sin dato	Sin dato
Riachuelo-Puente Avellaneda	95.6	28.9	4.81E+06	100.6	20.36	6.30	0.45	8.45	5.12

**Tabla II.2 (cont.). Area Metropolitana de Buenos Aires: caracterización de las descargas costeras al Río de la Plata**

(Fuente: AA, 2000)

Nombre de la Descarga	DQO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	Coliformes totales NMP/100ml	Cromo µg/l	Plomo µg/l	Hidrocarburos totales mg/l	Oxígeno Disuelto mg/l	NTK mg/l	N/NH <sub>3</sub> mg/l
<b>Canal Sarandí</b>	287.5	122.4	1.32E+07	537.7	65.1	46.3	0.2	24.5	14.5
<b>Canal Santo Domingo</b>	255.2	68.4	9.83E+06	249.1	30.5	8.8	0.3	17.4	10.8
<b>Canal Jimenez</b>	268.74	82.67	7.95E+07	17.714	13.16	Sin dato	1.91	13.16	82.67
<b>Descarga de Berazategui</b>	287.55	121.39	2.87E+07	79.8	25.34	Sin dato	0.1	25.34	121.39

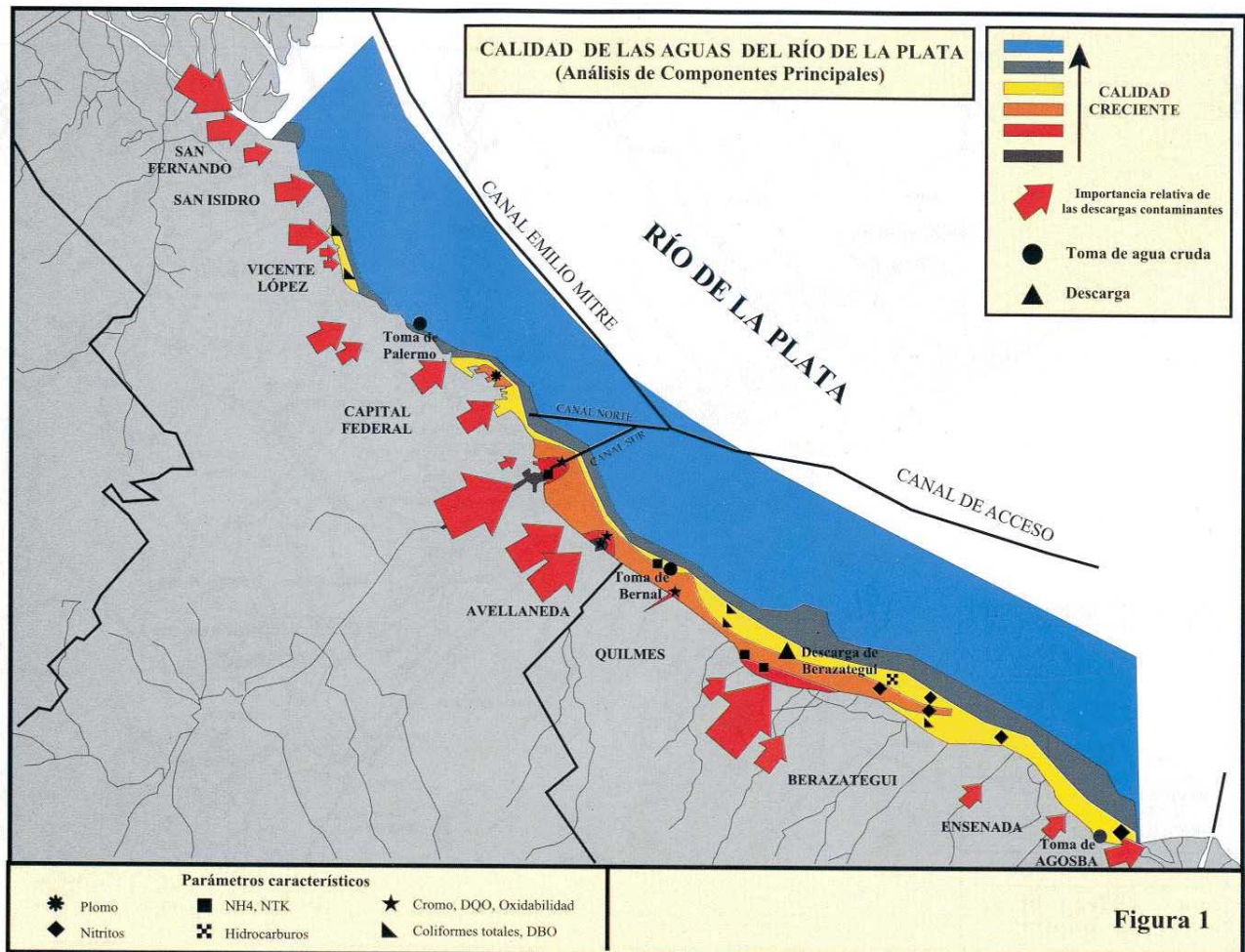


Figura II.1. Principales descargas provenientes de la ciudad de Buenos Aires y su conurbano y calidad del agua de la Franja Costera Sur del Río de la Plata. (Fuente: FCS, 1997).

**Tabla II.3. Area Metropolitana de Buenos Aires: cargas diarias totales de contaminantes vertidas al Río de la Plata por las principales descargas costeras**

Parámetro	DBO <sub>5</sub> tn/día	Cromo total tn/día	Plomo tn/día	Hidrocarburos totales tn/día	Coliformes totales NMP/día
Flujo Ingresante	562	1.5*	0.3	103	4.31.E+18

\*en algunos informes se han reportado valores cargas totales de cromo de 1.7 tn/día.

El 85% de la actividad industrial correspondiente a la Ciudad de Buenos Aires y sus alrededores se concentra fundamentalmente en la Ciudad de Buenos Aires y la primera corona urbana. En la Figura 2 figuran la cantidad de establecimientos industriales y/o especiales, discriminados por partido, que presentaron sus declaraciones juradas a la Dirección Nacional de la Contaminación (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable). La mayoría de los establecimientos industriales, vuelcan sus efluentes directamente a los cuerpos de agua receptores sin ningún tipo de tratamiento, estimándose que anualmente se vierten a los arroyos y bocas de las redes cloacales aproximadamente  $588 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de efluentes industriales líquidos,  $6.56 \cdot 10^5 \text{ tn}$  de residuos semisólidos y  $2.8 \cdot 10^5 \text{ tn}$  de residuos sólidos sin ningún tipo de tratamiento previo (AA, 1998).

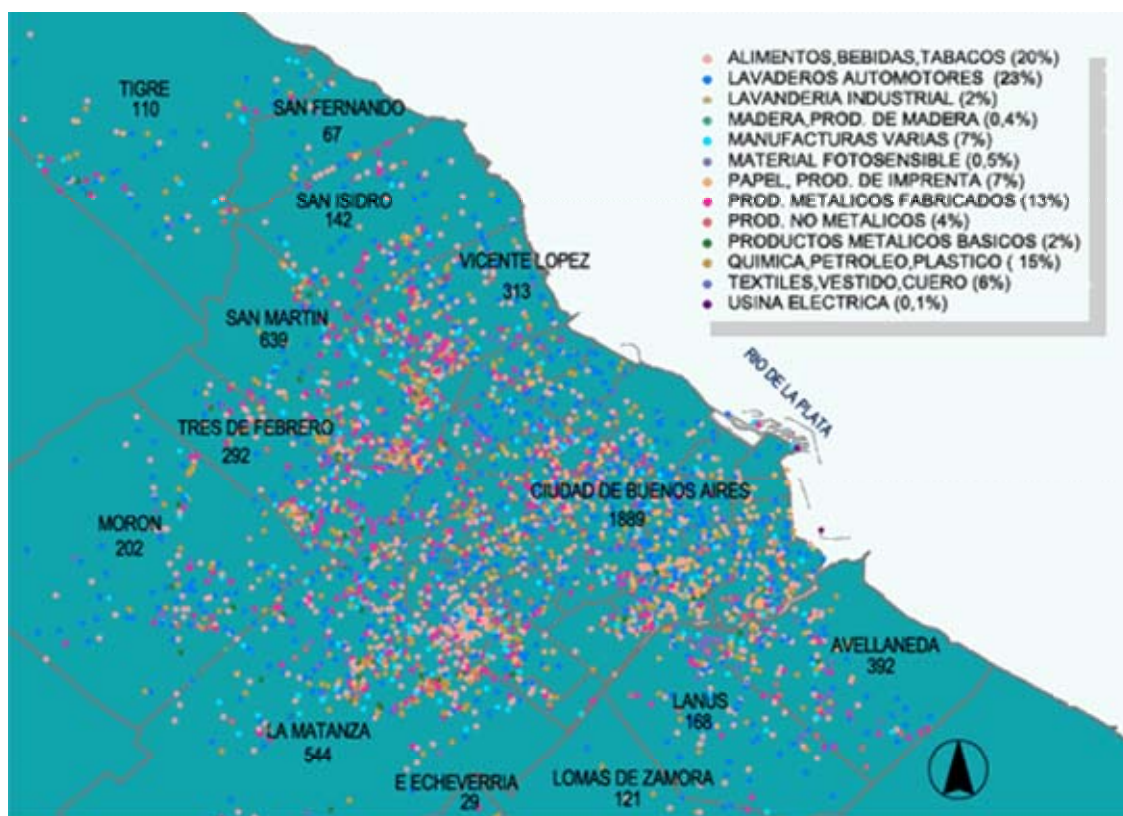


Figura II.2. Mapa de distribución de establecimientos por actividad y por partido sobre un total de 4985 establecimientos registrados a la fecha de Mayo de 2001 (Fuente: Dirección Nacional de Control de la Contaminación, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable).

A partir de la información generada por el Plan de Gestión Ambiental del Matanza-Riachuelo y el proyecto Saneamiento Ambiental y Control de las Inundaciones en la Cuenca del Río Reconquista (UNIREC), puede observarse que en casi todos los casos más del 30% de las industrias tienen un potencial contaminante grave en lo que respecta a metales pesados y compuestos tóxicos (AA, 1998).

**Tabla II.4. Area Metropolitana de Buenos Aires: factor potencial contaminante correspondiente a las industrias de los principales partidos** (Fuente: AA, 1998)

Partido	Contaminantes Convencionales (DBO, NH <sub>3</sub> )			Metales Pesados (Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Ag, Zn)			Otros Contaminantes (compuestos tóxicos, fenoles y CN).		
	Bajo	Moderado	Grave	Bajo	Moderado	Grave	Bajo	Moderado	Grave
Ciudad de Buenos Aires	76%	12%	12%	23%	13%	64%	48%	34%	18%
Vicente Lopez	76%	10%	14%	24%	2%	74%	38%	19%	43%
San Isidro	63%	17%	20%	37%	2%	61%	48%	14%	38%
San Fernando	51%	16%	33%	49%	1%	50%	55%	9%	36%
Tigre	51%	14%	35%	49%	1%	51%	54%	10%	36%
San Martín	79%	7%	14%	21%	1%	78%	43%	16%	41%
Tres de Febrero	72%	9%	19%	28%	1%	71%	42%	14%	44%
Morón	62%	20%	18%	38%	2%	61%	54%	13%	32%
Matanza Norte	69%	19%	12%	30%	10%	60%	39%	30%	30%
Matanza Sur	53%	17%	30%	41%	2%	57%	35%	32%	33%
Esteban Echeverría	44%	18%	39%	56%	2%	42%	52%	43%	4%
Lomas de Zamora	78%	8%	15%	19%	13%	68%	16%	50%	33%
Lanús	55%	9%	36%	15%	14%	71%	18%	23%	59%
Avellaneda	57%	12%	31%	20%	8%	72%	24%	23%	53%
Quilmes	68%	ND	32%	30%	20%	50%	19%	34%	47%
Almirante Brown	80%	7%	13%	19%	50%	31%	18%	73%	9%

### III. Aportes correspondientes al Río Paraná

Con relación a los posibles aportes de contaminantes y sedimentos que llegan al Río de la Plata a través del Río Paraná, a partir del análisis de la información existente se llegó a la conclusión de que lo más apropiado es utilizar la información generada para el Canal de Navegación Santa Fe al Océano (Hidrovía), la correspondiente a la toma de agua de la Ciudad de Rosario (Aguas de Santa Fe) y la Red Hidrometeorológica Nacional. Para la estimación de los posibles aportes de contaminantes se seleccionaron tres puntos a lo largo del Río Paraná, uno aguas arriba de Rosario; luego, para considerar el máximo de aportes posibles antes de que el río se divida en el Río Paraná Guazú y de Las Palmas, se tomó el punto denominado abajo San Nicolás y finalmente se consideró el Paraná de Las Palmas.

Los aportes de carga sedimentaria al Río de la Plata por parte del Paraná se estimaron a partir del análisis de la información generada por la Hidrometeorológica Nacional correspondiente a la carga sedimentaria de los Ríos Paraná de Las Palmas y Paraná Guazú.

A partir de los datos expuestos en la Tabla III.1 puede observarse que las concentraciones medias observadas en el agua para zinc (19-34 µg/l), cromo (<1-5 µg/l), cobre (20-36.4 µg/l) y plomo (2.33-11.8 µg/l) en algunas ocasiones superan los niveles guía de calidad de agua para protección de la biota acuática sugeridos para agua dulce (Cu = 2.3-3.9 µg/l, Cr = 2.5 µg/l, Pb = 0.13-1 µg/l, Zn = 10-21 µg/l) (SSRH, 2002; FCS, 1997). En lo que respecta a otras sustancias no incluidas en la Tabla III.1, tales como mercurio, níquel, cadmio, Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (PAH's), herbicidas (atrazina y 2,4-D) y Bifenilos Policlorados (PCB's), así como plaguicidas organoclorados y organofosforados, sus concentraciones se encuentran por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas empleadas, a excepción del cadmio que en el Paraná de las Palmas fue detectado en una ocasión (una muestra correspondiente al año 2001). Los niveles de arsénico y de Hidrocarburos Totales se encuentran dentro de los límites sugeridos para protección de la biota acuática (<15 µg/l) y para agua de bebida para consumo humano (SSRH, 2002; FCS, 1997). De todos modos, es importante recordar que los metales pesados tienden a adsorberse al material particulado en suspensión, disminuyendo de este modo su biodisponibilidad, es decir, sus posibles efectos tóxicos sobre los organismos acuáticos.

**Tabla III.1. Calidad del agua del Río Paraná desde aguas arriba de Rosario hasta su desembocadura (valores medios y rangos correspondientes al periodo 1995-2001)**

Area	Punto de Muestreos	DQO mg/l	Oxígeno Disuelto mg/l	Cobre µg/l	Cromo µg/l	Plomo µg/l	Zinc µg/l	Grasas y Aceites mg/l	Hidrocarburos Totales mg/l
<b>Aguas Arriba de Rosario, (toma de agua y Paso Borghi)</b>	Paraná Inferior km 430	14.8 (4-36)	7.2 (5.3-8.2)	36.4 (4-80)	(<1 < 10)	10 <sup>1</sup> (3-40)	34 (17-41)	3.3 (0.5-8)	1.3 (0.3-2.4)
<b>Abajo San Nicolás</b>	Paraná Inferior Km 343	11.3 (4-20.1)	6.1 (5-7.9)	28.8 (5-83)	5.00 <sup>2</sup> (<1-8)	2.3 (2-4)	25 (10-38)	6.7 (2.1-20.3)	1.9 (0.8-3.6)
<b>Paraná de las Palmas</b>	km 101-167	18.3 (6-61)	6.3 (2.1-8)	20.0 (1-50)	1.70 <sup>2</sup> (<1-2.8)	4.5 <sup>1</sup> (<2-40)	19 (5.3-54)	2.9 (<0.2-5.8)	1.5 (<0.2-4)

Nota: 1. Para la estimación de la concentración de plomo Aguas Arriba de Rosario y en el Paraná de Las Palmas no se consideraron los datos extremos > 17 µg/l correspondientes al año 1995 (CIC, 1995) y 2000 (Hidrovia) por considerarlos como fuera de rango. 2. Este valor puede ser una sobreestimación ya que en los años 1995 y 2001 se observaron concentraciones de cromo menores a 1 µg/l.

A través del análisis de la información disponible puede observarse que las aguas del Río Paraná, consideradas en conjunto, no presentan problemas graves de contaminación, aunque en determinados puntos la misma pueda estar significativamente afectada como consecuencia de descargas puntuales de contaminantes. Sin embargo, como se dijo anteriormente, sí se observa la presencia principalmente de cobre, zinc, cromo y plomo en la columna de agua, lo que puede traducirse en aportes significativos al Río de la Plata (Tabla III.2).

En lo que respecta a la carga de metales pesados aportada por el Río Paraná al Río de la Plata, del análisis de la información utilizada se estima una carga de metales pesados ingresante de entre 3.6 y 45 tn/día, dependiendo del metal en cuestión (Tabla II.2). Para el cromo y el plomo, en ciertos años se observó un incremento puntual en su concentración en la columna de agua, no así para el cobre y el zinc que están presentes de manera constante y consistente; sin embargo, en el Paraná de las Palmas, en todas las campañas se detectó la presencia de plomo en la columna de agua (2-9 µg/l), lo que podría estar indicando un aporte puntual, ya que en la zona de San Nicolás los niveles de plomo en agua están cercanos a los límites de detección (<2- 4 µg/l).

**Tabla III.2. Flujos de metales pesados correspondientes al Río Paraná desde aguas arriba de Rosario hasta su desembocadura y carga ingresante al Río de la Plata**

Area	Años	Caudal Medio m <sup>3</sup> /s	Flujo de Cobre tn/día	Flujo Cromo tn/día	Flujo de Plomo tn/día <sup>1</sup>	Flujo de Zinc tn/día
Aguas Arriba de Rosario, (toma de agua y Paso Borghi)	1995-2001	18153	57.1	No se puede calcular	18.5	53.1
Abajo San Nicolás	1995-2001	18153	45.1	7.8 <sup>2</sup>	3.7	38.5
Paraná de las Palmas	1995-2001	4175	7.2	0.6 <sup>2</sup>	1.6	6.7
Paraná Guazú	1995-2001	13978	37.9	7.2	2.0	31.8
<b>Carga Total Ingresante al Río de la Plata</b>			45.1	7.8	3.6	38.5

Nota: el flujo correspondiente al Paraná Guazú fue estimado como el correspondiente al 77% del Paraná.

1. Para la estimación de del flujo de plomo Aguas Arriba de Rosario y en el Paraná de Las Palmas no se consideraron los datos extremos de concentraciones (> 25 µg/l correspondientes al año 1995; CIC, 1995) por considerarlos como fuera de rango. 2. Este valor puede ser una sobreestimación ya que en los años 1995 y 2001 se observaron concentraciones de cromo menores a 1 µg/l.

Los niveles de Material en Suspensión del Río Paraná pueden experimentar grandes variaciones a lo largo del año (40- >250 mg/l), dependiendo los mismos, por ejemplo, de las crecidas del Bermejo. A partir de la información generada por la Red Hidrometeorológica Nacional en lo que hace a la carga sedimentaria de los Río Paraná Guazú y de Las Palmas se puede estimar la carga sedimentaria, correspondiente a Sólidos Finos (<62 µm) y Gruesos (>62 µm), aportada por el Río Paraná al Río de la Plata (Tabla III.3), cuyo promedio para el período 1993-2001 es igual a 2.44 10<sup>5</sup> tn/día.

**Tabla III.3 Flujo ingresante de Sólidos Finos y Gruesos aportados diariamente por el Río Paraná al Río de la Plata** (Fuente: Red Hidrometeorológica Nacional)

Area	Punto de Medición	Flujo Sólidos Finos (< 62 µm) tn/día	Flujo Sólidos Gruesos (> 62 µm) tn/día	Flujo de Sólidos total tn/día
Paraná de las Palmas	Zárate	4.9 E+04	6.1 E+03	5.5 E+04
Paraná Guazú	Brazo Largo	1.6 E+05	2.5 E+04	1.88 E+05
<b>Carga Total Ingresante al Río de la Plata</b>		2.1 E+05	3.12 E+04	2.44 E+05

Nota: los datos corresponden al promedio de caudales máxicos para el período 1993-2001.

#### **IV. Aportes Correspondientes al Gran La Plata**

En el Gran La Plata uno de los principales focos de contaminación del agua y sedimentos de la Franja Costera del Río de la Plata es el Polo Petroquímico Ensenada-Berisso, siendo la refinería Repsol YPF una de las industrias más importantes ubicadas en dicho polo. Los canales Este y Oeste de dicho polo reciben los aportes de la refinería Repsol YPF y probablemente de otras más que se encuentran en el Polo Petroquímico Ensenada-Berisso. El estudio de las muestras de agua provenientes de los Canales Oeste y Este que rodean la planta Repsol YPF indican que la zona está contaminada con productos derivados del petróleo (Labunska et al., 2000). De todos modos, hasta el momento no se cuenta con información suficiente como para cuantificar el flujo de contaminantes correspondientes tanto al Polo Petroquímico de Ensenada-Berisso como a la descarga cloacal de Berisso.

#### **V. Otros aportes**

Con relación a otros aportes de contaminantes al Río de la Plata, se pueden mencionar accidentes, por ejemplo, derrames de petróleo como el ocurrido en Magdalena (estando pendiente el análisis de la documentación pertinente). También se puede considerar puntualmente la situación ambiental de los Puertos de Buenos Aires y La Plata, así como del Polo Petroquímico de Dock Sud, y de las Cuencas del Río Reconquista y Matanza-Riachuelo, estando pendiente de análisis la documentación correspondiente.

Otro tema preocupante es la disposición final de los residuos sólidos originados en el Area Metropolitana de Buenos Aires, ya que las deficiencias en la disposición final de residuos sólidos de origen doméstico e industrial dan lugar a la contaminación de los acuíferos subterráneos y cuerpos de agua superficiales. Actualmente, la disposición de los residuos domiciliarios se hace en Rellenos Sanitarios (Villa Domínico: 4000 ha, La Plata: 121 ha, Norte: 120 ha, González Catán: 45 ha y Bancalari: 20 ha) y en basurales a cielo abierto. Se estima que en el conurbano bonaerense hay aproximadamente 100 basurales importantes con aproximadamente  $5 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> de residuos, ubicados a cielo abierto y cubriendo un área de aproximadamente 600 ha (Fuente: CEAMSE).

## VI. Referencias

- Aguas Argentinas S.A (AA). 2000. Plan de Saneamiento Integral (PSI). Memoria Técnica Actualizada Marzo 2000. Aguas Argentinas S.A.
- Aguas Argentinas S.A (AA). 1998. Safage & Montgomery Watson. Plan de Saneamiento Integral.
- Aguas de Santa Fe. 1996-2001. Promedios Anuales de la Calidad del Agua Correspondientes a la Toma de Agua de la Ciudad de Rosario.
- CIC (Comisión de Investigaciones Científicas, Provincia de Buenos Aires). 1995. Estudios de Contaminación de Aguas, Fango y Análisis de la Biota Acuática de la Ruta Navegable Troncal desde Santa Fe al Océano.
- Franja Costera Sur (FCS). 1997. Calidad de las Aguas de la Franja Costera Sur del Río de la Plata (San Fernando-Magdalena). Ed. Consejo Permanente para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas de la Franja Costera Sur del Río de la Plata.
- Hidrovia 1997. Vía Navegable Troncal Santa Fe al Océano, Segundo Monitoreo de Impacto Ambiental de la Etapa de Mantenimiento. Tomo II.
- Hidrovia 1999. Vía Navegable Troncal Santa Fe al Océano, Segundo Monitoreo de Impacto Ambiental de la Etapa de Mantenimiento. Tomo II.
- Hidrovia 2000. Vía Navegable Troncal Santa Fe al Océano, Segundo Monitoreo de Impacto Ambiental de la Etapa de Mantenimiento. Tomo II.
- Jaime, P.R., A.N. Menéndez y O.E. Natale. 2001. Balance y Dinámica de Nutrientes Principales en el Río de la Plata Interior. INA. Laboratorio de Hidráulica/Programa Nacional de Calidad de Aguas.
- Labunska, I., K. Bridgen y R. Stringer. 2000. Contaminantes orgánicos y metales pesados en sedimentos y muestras de agua asociados con el Polo Petroquímico de Ensenada-Berisso, Argentina. Laboratorio de Investigación de Greenpeace, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Exeter, Exeter, Reino Unido.
- Red Hidrometeorológica Nacional. 1993-2001. Caudales de Sólidos Finos y Gruesos Correspondientes a las Estaciones Brazo Largo y Zárate.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH). 2002. Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente. República Argentina.

**Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la  
Contaminación y Restauración de Hábitats**  
(PNUD/GEF RLA/99/G31)

**Aportes de Contaminantes y Sedimentos al Río de la Plata Interior**  
(Informe de Avance)

**Anexo**

*Andrés E. Carsen Pittaluga*

*Junio 2002*

## **I. Río Paraná, Calidad de Agua Tramo Rosario-Paraná de las Palmas**

Los datos utilizados para estimar la concentración total (es decir, la correspondiente a la muestra de agua sin filtrar) en la columna de agua, tanto de metales pesados como de compuestos orgánicos para Abajo San Nicolás y el Paraná de las Palmas, corresponden a muestras de superficie y fondo para el Canal de Navegación Santa Fe al Océano y fueron provistos por la Secretaría de Transporte y Vías Navegables, correspondiendo a los resultados de campañas anuales realizadas en setiembre de 1995, octubre de 1998, febrero de 2000 y enero de 2001, no contándose para el Paraná Guazú con información generada para Hidrovía. Los análisis químicos correspondientes a la campaña de 1995 fueron realizados en La Universidad Nacional de La Plata, los de 1998 por el Servicio de Hidrografía Naval, y los de 2000 y 2001 por un laboratorio privado. Para Aguas Arriba de Rosario se utilizó tanto información generada para Hidrovía como por Aguas Provinciales de Santa Fe (promedios anuales 1996-2001).

En relación a la presencia de metales pesados en la columna de agua, las concentraciones medias observadas para zinc (19-34 µg/l), cromo (<1-5 µg/l), cobre (20-36.4 µg/l) y plomo (2.33-11.8 µg/l) en algunas ocasiones superan los niveles guía de calidad de agua para protección de la biota acuática sugeridos para agua dulce (Cu = 2.3-3.9 µg/l, Cr = 2.5 µg/l, Pb = 0.13-1 µg/l, Zn = 10-21 µg/l) (SSRH, 2002; FCS, 1997). Las concentraciones de mercurio, níquel y cadmio se encuentran por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas utilizadas (< 0,1 µg/l), a excepción del cadmio que en el Paraná de las Palmas fue detectado (4 µg/l) en una ocasión (año 2001). Los niveles de arsénico se encuentran dentro de los límites sugeridos para protección de la biota acuática (<15 µg/l, SSRH, 2002).

Las concentraciones medias de metales pesados (Tabla I.1) observadas para el tramo del Río Paraná estudiado se encuentran dentro o próximas a los niveles de ocurrencia reportados para aguas del Río Paraná, (Cu: <2-33 µg/l ; Cr: <1-<20 µg/l; Pb: <2-<50 µg/l; Cd: < 1 µg/l; Zn: <1-<25 µg/l, Hg: <1-1.1 µg/l; Seg. Reun. Cont. Téc. Países de la Cuenca del Plata, 1987), aunque hay que observar que, en algunas ocasiones, los límites de detección correspondientes al cromo y el zinc fueron relativamente altos (< 20, < 50 y 25 µg/l, respectivamente), observándose para el Paraná Guazú niveles de ocurrencia similares (Cu: 3-8 µg/l; Zn: 18-30 µg/l; Pb: <5-7 µg/l; Cr: 5-11 µg/l; Villar et al., 1999).

En lo que respecta a plaguicidas, tanto organoclorados como organofosforados, triazinas y 2,4-D, los mismos se encuentran en concentraciones inferiores a los límites de detección, <2 ng/l, < 0.1 µg/l, < 0.01 µg/l y < 0.01 µg/l, respectivamente. Lo mismo se observa para los PCBs (< 0.3 ng/l) y los PAHs (< 0.1 µg/l). Los niveles observados de hidrocarburos totales (Tabla I.1) se encuentran dentro de los límites establecidos para agua de bebida para consumo humano (0.2 mg/l; FCS, 1997).

**Tabla I.1 (Tabla III.1 corregida) Calidad del agua del Río Paraná desde aguas arriba de Rosario hasta su desembocadura (valores medios y rangos correspondientes al período 1995-2001; Fuente: Aguas Provinciales de Santa Fe e Informes de Hidrovía)**

Area	Punto de Muestreos	DQO mg/l	Oxígeno Disuelto mg/l	Cobre µg/l	Cromo µg/l	Plomo µg/l	Zinc µg/l	Grasas y Aceites mg/l	Hidrocarburos Totales mg/l
<b>Aguas Arriba de Rosario (toma de agua y Paso Borghi)</b>	Paraná Inferior km 430	14.8 (4-36)	7.2 (5.3-8.2)	36.4 (4-80)	<1 < 10	10 <sup>a, c</sup> (<2-40)	34 (17-41)	3.3 (0.5-8)	1.3 (0.3-2.4)
<b>Abajo San Nicolás y Paso Alvear</b>	Paraná Inferior Kms 343-407	11.3 (4-20.8)	6.1 (5-7.9)	28.8 (5-83)	5.00 <sup>2</sup> (<1-8)	2.3 (2-4)	25 (10-38)	6.7 (2.1-20.3)	1.9 (0.8-3.6)
<b>Paraná de las Palmas</b>	kms 101-167	18.3 (6-61)	6.3 (2.1-8)	20.0 (1-50)	1.70 <sup>b</sup> (<1-2.8)	4.5 <sup>a</sup> (2-40)	19 (5.3-54)	2.9 <sup>4</sup> (<0.2-5.8)	1.5 <sup>4</sup> (<0.2-4)

Nota: **a)** Para la estimación de la concentración de plomo Aguas Arriba de Rosario y en el Paraná de Las Palmas no se consideraron los datos extremos correspondientes al año 1995 (CIC, 1995) por considerarlos como fuera de rango. **b)** Promedio calculado utilizando las concentraciones de cromo observadas en las campañas anuales de Hidrovía de 1998 y 2001, ya que para los años 1995 y 2001 las mismas fueron menores al límite de detección (< 0.1 µg/l). **c)** Plomo no detectado (< 2 µg/l) en la campaña Hidrovía 1998. **d)** Promedio calculado utilizando las concentraciones de grasas y aceites e hidrocarburos totales correspondientes a las campañas de Hidrovía realizadas en 1995, 2001 y 2001, ya que las concentraciones observadas en 1998 fueron menores al límite de detección (< 0.2 mg/l).

## II. Estimación de posibles aportes de contaminantes provenientes de la Cuenca del Río Paraná al Río de la Plata

Con relación a los posibles aportes de contaminantes que llegan al Río de la Plata a través del Río Paraná, los caudales máxicos se estimaron utilizando como referencia los caudales correspondientes a la estación Timbúes (Rosario) (Red Hidrometeorológica Nacional), por ser ésta la última ubicada antes de la desembocadura del Río Paraná para la que se dispone de información, y las concentraciones observadas de la sustancia en cuestión para cada una de las campañas de Hidrovía correspondientes al Canal de Navegación Santa Fe-Océano mencionadas en la sección anterior (I). De la información generada por dichas campañas, para la estimación de los flujos se seleccionaron los datos de calidad de agua correspondientes al área Abajo San Nicolás (por ser el último punto previo a la ramificación del Paraná en el Paraná de las Palmas y Paraná Guazú) y para el Paraná de las Palmas, ya que el objetivo era estimar los posibles aportes al Río de la Plata. Dado que la información seleccionada no incluye al Paraná Guazú el flujo correspondiente a este brazo fue estimado como la diferencia entre el estimado para Abajo San Nicolás-Paso Alvear y el Paraná de las Palmas, ya que se estima que el 77% del flujo del Río Paraná fluye por el Paraná Guazú y el 23% restante por el Paraná de las Palmas (Dr. Menéndez, com. pers.) y el Paraná Guazú no recibe descargas contaminantes de importancia.

A partir del análisis de la información utilizada se estimó una carga de metales pesados para el Río Paraná de entre 9.1 y 39.9 tn/día, dependiendo del metal en cuestión (Tabla II.1). Con respecto a los aportes de los metales pesados, en especial del cobre y el zinc, correspondientes al Río Paraná, es muy importante considerar el altísimo caudal del mismo (aproximadamente 17000 m<sup>3</sup>/s), lo que sumado a la ocurrencia natural de dichos metales puede explicar la magnitud de los flujos estimados.

Para los hidrocarburos totales, grasas y aceites, a partir de la información utilizada se estimó una carga de 2904 y 412 tn/día, respectivamente. Con respecto a estos resultados, hay que considerar que *las grasas y aceites e hidrocarburos totales no tienen una distribución uniforme en la columna de agua, razón por la cual los flujos calculados, aunque fueron estimados utilizando muestras de agua de superficie y fondo, están sobrestimados de manera significativa, por lo que resta un ajuste de los mismos en una instancia posterior.* Además, hay que considerar que los hidrocarburos experimentan procesos de degradación significativos por lo que muy probablemente no todo el detectado va a ser aportado al Río de la Plata, así como la posibilidad de descargas puntuales de hidrocarburos como, por ejemplo, el pasaje de una embarcación aguas arriba momentos antes de la toma de la muestra de

agua, lo que también podría dar lugar a una sobrestimación de la concentración de hidrocarburos totales en el agua.

A partir de la información disponible no se pudo estimar la carga de pesticidas organoclorados, organofosforados, triazinas, 2,4-D, PCB's y PAH's correspondiente al Río Paraná, ya las concentraciones observadas en la columna de agua estuvieron por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas utilizadas (ver sección I). Sin embargo, Lenardon et al. (1984) estimaron una descarga anual de los mismos al Río de la Plata igual a  $10.9 \cdot 10^7$  g/año.

Es importante destacar que ésta es la primera vez que se intenta estimar las cargas de contaminantes aportadas por el Río Paraná al Río de la Plata y que no se cuenta con una serie de datos temporales como para aplicar otras metodologías de cálculo. No obstante, en una instancia posterior, cuando se cuente con una mayor cantidad de datos, las cargas se calcularán utilizando, por ejemplo, la mediana de las concentraciones correspondientes observadas en la columna de agua, de manera tal de poder incluir en el cálculo a los datos que están expresados como menor (<) que x µg/l. Con respecto a los hidrocarburos y las grasas y aceites si se considera que los mismos se encuentran principalmente formando una película superficial, la cargas correspondientes podrán ser calculadas de manera más precisa una vez que, en caso de existir, se cuente con información hidrométrica específica para cada sitio de muestreo, de manera tal de poder estimar el volumen de dicha capa superficial.

### **III) Algunos Comentarios**

A partir de la información correspondiente a los aportes de contaminantes del Area Metropolitana de la Ciudad de Buenos Aires al Río de la Plata expuesta en el cuerpo principal del presente informe, claramente se puede observar la existencia de un deterioro en la calidad del agua de la Franja Costera Sur del Río de la Plata, la que debido al gran volumen del Río de la Plata con su consecuente poder de dilución deja de ser evidente aproximadamente mas allá de los 500-4000 m, dependiendo del área considerada y las condiciones meteorológicas.

La descargas de contaminantes aportadas por el Río Paraná al Río de la Plata son más importantes cuando son consideradas a largo plazo, ya que año a año las condiciones naturales de la cuenca del Paraná pueden variar, influenciando de esta forma la magnitud de las descargas. Además, se da lo que podría llamarse un efecto acumulativo, debido a la sedimentación del material particulado, la

cual es más evidente en el río de la Plata Exterior, ya que el 80% del material en suspensión (que es donde se encuentran adsorbidos gran parte de los contaminantes presentes en la columna de agua) que llega al mismo se deposita en la zona de máxima turbidez, dando lugar a la formación de barras y bancos (Banzán y Janiot, 1991), impidiéndose de ese modo la llegada de los mismos al ambiente marino.

En su desembocadura, el Río Paraná se divide en dos ramas: Paraná de las Palmas y Paraná Guazú, lo que se ve reflejado en la existencia, en el Río de la Plata Interior, de tres corredores de flujo con escasa mezcla entre ellos, cada uno de los cuales conduce las aguas descargadas por los ríos Paraná de las Palmas, Paraná Guazú y Uruguay. En lo que respecta al transporte de contaminantes, el mismo ocurre predominantemente por transporte a la deriva; sin embargo, en la boca del Río de la Plata Interior, aparece un intenso proceso de mezcla que puede difundir los contaminantes río arriba desde el Río de la Plata Exterior. La calidad del agua correspondiente al corredor Guazú esencialmente está determinada por la del Río Paraná Guazú, pudiendo afectar el Río de la Plata Exterior la calidad del agua en su extremo final. En lo que respecta al corredor del Paraná de las Palmas, la calidad del agua se ve afectada tanto por los tributarios directos como por las descargas costeras provenientes del Area Metropolitana de Buenos Aires (Jaime *et al.*, 2001).

Las concentraciones de metales traza de los grandes ríos sudamericanos a pesar de los aportes significativos de efluentes industriales, generalmente son cercanas a los niveles “background” y los niveles observados para la desembocadura del Paraná (Villar *et al.*, 1998) no son considerados como alarmantemente altos (McLain, 2002). Por lo tanto, al momento de evaluar los posibles impactos que, en especial los correspondientes a los metales pesados aportados por el Paraná, podrían tener sobre el Río de la Plata, es necesario considerar la ocurrencia natural de los metales traza, en especial del zinc y el cobre, lo que sumado al gran caudal del Paraná puede dar lugar a aportes significativos de origen natural; sin embargo, la ocurrencia de otros metales tales como el cadmio, cromo, plomo y mercurio puede ser mucho más claramente atribuida a actividades de origen antropogénico. Es importante considerar que el delta y las zonas pantanosas de la llanura de inundación del bajo Paraná pueden contrarrestar la entrada de contaminantes al Río de la Plata teniendo un rol importante en el ciclo de los metales y los nutrientes (Villar *et al.*, 1999, 2002).

El comportamiento de los contaminantes en el agua (por ejemplo, degradación, biodegradación, volatilización, bioacumulación, y su adsorción, deposición y resuspensión con los sedimentos) está directamente relacionado con la composición de los sedimentos y del material en suspensión, así

como con factores tales como la salinidad, potencial redox, pH, dureza, ácidos fúlvicos, carbono orgánico disuelto y total, etc. En este aspecto, es importante considerar que las diferencias existentes en la química del agua entre el Río Paraná y el Río de la Plata, en especial para la franja costera cuyas características fisicoquímicas están influenciadas por los aportes provenientes del Area Metropolitana de la Ciudad de Buenos Aires, pueden afectar significativamente la especiación de los metales (Villar *et al.*, 1998) y por lo tanto su biodisponibilidad para la biota acuática.

Con relación a la movilidad de los contaminantes aportados a la cuenca del Paraná, la misma está directamente influenciada por la relación entre la fracción disuelta y sólida, estando las concentraciones disueltas y las correspondientes al material particulado (sólida) influenciadas por las características físicas y geoquímicas (diagénesis de los sedimentos) de la cuenca, así como con los aportes antropogénicos. De acuerdo a su tamaño, las partículas presentes en la columna de agua se pueden separar en tres fracciones: material particulado grueso (ej.  $> 62 \mu\text{m}$  - 2mm) y fino (ej. 0.45-62  $\mu\text{m}$ ) y fracción disuelta ( $< 0.45 \mu\text{m}$ ). La fracción disuelta abarca desde las moléculas individuales realmente disueltas a compuestos complejos y partículas coloidales y se caracteriza porque puede permanecer en suspensión indefinidamente debido al movimiento Browniano únicamente. Por lo tanto, el transporte de material disuelto está determinado por la advección, no así el del material particulado, que está determinado por su granulometría. Se estima que en sistemas naturales tales como, por ejemplo, los ríos Amazonas y Mississippi, más del 90% de la carga de metales pesados es transportada por el material particulado (GEMS, 1989); sin embargo, vale aclarar que el Río Paraná se caracteriza por la gran cantidad de partículas coloidales, que compiten con el material particulado por los metales pesados (Ing. O. Natale, com. pers.). El material particulado grueso tiende a sedimentarse rápidamente y principalmente es removido del fondo y transportado durante períodos de crecida. Es importante considerar que el material en suspensión del Río de la Plata principalmente está constituido por material particulado fino (Bazán y Janiot, 1991), mayoritariamente limos y arcillas, que al poder ser transportado por grandes distancias es, conjuntamente con la fracción disuelta, el que puede llegar a indicar posibles aportes al Río de la Plata de contaminantes provenientes de la cuenca alta del Río Paraná.

## Referencias

- Bazán, J.M. y L.J. Janiot. 1991. Zona de Máxima Turbidez y su Relación con otros Parámetros del Río de la Plata. DIGIP-SIHN. Departamento de Oceanografía. Informe Técnico N° 65191.
- GEMS. 1989. Global Freshwater Quality: a First Assessment.
- Hidrovia 1995. CIC (Comisión de Investigaciones Científicas, Provincia de Buenos Aires). 1995. Estudios de Contaminación de Aguas, Fango y Análisis de la Biota Acuática de la Ruta Navegable Troncal desde Santa Fe al Océano.
- Hidrovia 1997. Vía Navegable Troncal Santa Fe al Océano, Segundo Monitoreo de Impacto Ambiental de la Etapa de Mantenimiento. Tomo II.
- Hidrovia 1999. Vía Navegable Troncal Santa Fe al Océano, Segundo Monitoreo de Impacto Ambiental de la Etapa de Mantenimiento. Tomo II.
- Hidrovia 2000. Vía Navegable Troncal Santa Fe al Océano, Segundo Monitoreo de Impacto Ambiental de la Etapa de Mantenimiento. Tomo II.
- Franja Costera Sur (FCS). 1997. Calidad de las Aguas de la Franja Costera Sur del Río de la Plata (San Fernando-Magdalena). Ed. Consejo Permanente para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas de la Franja Costera Sur del Río de la Plata.
- Jaime, P.R., A.N. Menéndez y O.E. Natale. 2001. Balance y Dinámica de Nutrientes Principales en el Río de la Plata Interior. INA. Laboratorio de Hidráulica/Programa Nacional de Calidad de Aguas.
- Leanardon, A.M., M.I.M de Hevia, J.A. Fuse, C. Nochetto and P.J. Depetris. 1984. Sci. Total Environm. 34, 289. En: Janiot, L.J., J.L. Sericano and O.E. Ores. 1994. Chlorinated pesticide occurrence in the Uruguay river (Argentina-Uruguay). 76: 323-331.
- McClain, M.E. 2002. The Application of Ecohydrological principles for Better Water Resources Management in South America. En: The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands, IAHS Special Publication no 6.
- Segunda Reunión de Contrapartes Técnicas de los Países de la Cuenca del Plata. 1987. Evaluación de la Calidad de las Aguas y Control de la Contaminación. Material Presentado por la Contraparte Técnica Argentina.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH). 2002. Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente. República Argentina.
- Villar, C. and C. Bonetto. 2000. Chemistry and Nutrient Concentrations of the Lower Paraná River and its floodplain marshes during extreme flooding. Arch. Hydrobiol. 148(3): 461-479.
- Villar, C., J. Stripeikis, M. Tudino, L. d'Huicque, O. Trocoli and C. Bonetto. 1999. Trace metal concentration in coastal marshes of the Lower Paraná River and the Río de la Plata Estuary. Hydrobiologia. 397: 187-195.
- Villar, C., M. Tudino, C. Bonetto, L. De Cabo, J. Stripeikis, L. D'Huicque and O. Trocoli. 1998. Heavy Metals Concentration in the Lower Paraná River and Right Margin of the Río de la Plata. Verh. Int ver. Limnol. 26: 963-966.

**Tabla II.1 Flujos promedio de metales pesados, grasas y aceites e hidrocarburos correspondientes al Río Paraná aguas arriba de Rosario hasta su desembocadura y posible carga ingresante al Río de la Plata (valores promedio y rangos correspondientes al período 1995-2001)**

Area	Caudal Medio m <sup>3</sup> /s	Flujo de Cobre tn/día	Flujo de Cromo tn/día	Flujo de Plomo tn/día	Flujo de Zinc tn/día	Flujo total de metales tn/día	DQO tn/día	Grasas y Aceites tn/día	Hidrocarburos Totales tn/día
Abajo San Nicolás y Paso Alvear	16200	39.9 (8.3-90.3)	9.1 (2.1-16)	3.3 (2.7-4)	34.2 (18.3-40)	86.5 (31.4-150.3)	15539 (8307-23218)	10727 (1832-23418)	2904 (1361-6005)
Paraná de las Palmas	3700	6 (0.6-14.2)	0.7 <sup>b</sup> (0.1-1)	1.3 <sup>b</sup> (0.9-7.4)	6 (1.7-14.2)	15.5 (3.3-36.8)	5274 (323-9595)	1556 <sup>c:d</sup> (240-3606)	412 <sup>c:d</sup> (181-822)
Paraná Guazú	12500	34 <sup>e</sup>	8.4 <sup>e</sup>	1 <sup>e</sup>	28 <sup>e</sup>	71 <sup>e</sup>	10265 <sup>e</sup>	9171 <sup>e</sup>	2492 <sup>e</sup>
<b>Possible Carga Total ingresante por el Paraná al Río de la Plata</b>	16200	<b>39.9</b> (8.3-90.3)	<b>9.1</b> (2.1-16)	<b>2</b> (2.7-4)	<b>34.2</b> (18.3-40)	<b>86.5</b> <b>(31.4-150.3)</b>	<b>15539</b> (8307-23218)	<b>10727<sup>d</sup></b> (1832-23418)	<b>2904<sup>d</sup></b> (1361-6005)

Nota: Los flujos fueron calculados para cada campaña individualmente y posteriormente promediados a partir de la información generada por las campañas anuales realizadas para Hidrovía en Setiembre 1995, octubre 1998, febrero de 2000 y enero de 2001. **a)** No se utilizó el dato de la carga correspondiente a la campaña realizada en 1995 por estar fuera de rango. **b)** El flujo de cromo corresponde al promedio de las campañas realizadas en 1998 y 2000, ya que para las realizadas en 1995 y 2001 no se detectó (< 1 µg/l) la presencia de cromo. **c)** El flujo de grasas y aceites e hidrocarburos totales corresponde al promedio de las campañas realizadas en 1995, 2000 y 2001, ya que para la campaña realizada en 1998 no se detectó (< 0.2 µg/l) la presencia de dichas sustancias. **4.** Si bien las concentraciones utilizadas para estimar las cargas de grasas y aceites e hidrocarburos totales corresponden a los promedios de muestras de agua de superficie y fondo, dado que estos compuestos no tienen una distribución uniforme en la columna de agua, los flujos estimados muy probablemente están sobrestimados de manera significativa, por lo que, en una instancia posterior, resta un ajuste de los mismos. **e.** El flujo correspondiente al Río Paraná Guazú se calculó como la diferencia entre el flujo promedio observado Abajo San Nicolás-Paso Alvear y el correspondiente al Paraná de las Palmas.