

**MONITOREO AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES AFLUENTES  
DE LOS RÍOS PARANÁ Y PARAGUAY**

**Ronco A \*¥, Almada P \*\*, Apartin C\*, Marino D\*¥, Abelando M\*\*, Bernasconi C\*, Primost J\*,  
Santillán JM\*, Amoedo P\*, Bulus Rossini G\*§**

**\*Centro de Investigaciones del Medio Ambiente,  
Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. 47 y 115, La Plata, 0221-4229329.**

**¥ CONICET, § CIC-PBA. [cima@quimica.unlp.edu.ar](mailto:cima@quimica.unlp.edu.ar)**

**\*\*Dirección de Protección Ambiental, Prefectura Naval Argentina, Av. E. Madero 235, CABA.**

Teniendo en cuenta los antecedentes sobre presencia de compuestos tóxicos en las cuencas asociados a múltiples fuentes de contaminación (vertidos cloacales, vuelcos industriales, uso de plaguicidas, extracción de recursos, entre otras), el objetivo de esta comunicación es analizar resultados de la campaña 2009 de monitoreo de principales afluentes de los ríos Paraná-Paraguay, en continuidad con relevamientos previos conjuntos con OPS y SAYDS (campañas 2004-2006). Se estudiaron los tramos superior, medio e inferior de la cuenca del Paraná e inferior del Paraguay, en 20 sitios de muestreo, cubriendo análisis con métodos estandarizados de compuestos mayoritarios y minoritarios en aguas y sedimentos, junto a residuos de contaminantes orgánicos y metales en biota. Se compararon los resultados obtenidos con información antecedente. Se detectaron afluentes que aportan elevada contaminación, incorporando sólidos (disueltos, en suspensión), materia orgánica, nutrientes, metales pesados, plaguicidas (organofosforados, organoclorados y piretroides). Afluentes del sector medio de la cuenca aportan mayor concentración de metales en aguas y sedimentos. Se observan factores de bioconcentración en biota hasta dos órdenes de magnitud. Se contribuye con información de base en la toma de decisiones para un manejo sustentable de la cuenca, con zonificación de áreas críticas para implementación de medidas de protección del ambiente y la biodiversidad.

**Antecedentes**

La cuenca del Plata es la segunda en Sud América considerando su área de drenaje de 3.200.000 km<sup>2</sup>. Se extiende en Argentina, Uruguay, Brasil, Bolivia y la totalidad del Paraguay. Los tres ríos principales que la conforman (Paraná 4.352 km, 1.414.132 km<sup>2</sup>), Paraguay (2.459 km, 1.168.540 km<sup>2</sup>) y Uruguay (1.600 km, 365.000 km<sup>2</sup>) están entre los más extensos del planeta. Desemboca en el Océano Atlántico con un caudal promedio anual de 23.000 m<sup>3</sup>/s, a través del estuario del Río de la Plata (256 km en el límite exterior). El Río Paraná es el sexto en el mundo por su caudal (promedio 17.000 m<sup>3</sup>/seg) y por su carga sedimentaria en suspensión (112 millones de t/año). Drena una gran variedad de ambientes geológicos, siendo el Alto Paraná el que aporta los mayores flujos de agua y el Paraguay el mayor aporte sedimentario (56% del sedimento en suspensión, con más de 50 millones de ton/año) a través del río Bermejo. El clima es variado, desde húmedo tropical en Brasil, tropical con estación seca en el área chaqueña y templado húmedo en la Pampa y húmedo montañoso a semiárido en los Andes.

Gran parte de la población de la República Argentina se encuentra asentada sobre las márgenes de la cuenca del Paraná. Las aguas son utilizadas como fuente de provisión para consumo, recreación, pesca y navegación, además de ser receptoras de descargas de efluentes y residuos. La intensa actividad agropecuaria e industrial, extracción de recursos, además de la actividad que se desarrolla en las grandes ciudades ribereñas y en las cuencas de sus tributarios, ha alterado la calidad química y biológica de sus aguas. Para evaluar tal impacto, se hace necesaria la medición de parámetros fisicoquímicos y biológicos asociados a la columna de agua, así como también los sedimentos de fondo y en la biota. Tanto los sedimentos como la biota tienen la capacidad de acumular contaminantes ambientales, pudiendo transferirlos, en el caso de los sedimentos, al agua o la biota asociada.

A fines del año 2004 la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAYDS), la Prefectura Naval Argentina (PNA) y el Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA) de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata acordaron la realización de una campaña de monitoreo de agua, sedimentos y biota para la caracterización sanitaria y ambiental en tramos específicos de los ríos Paraná, Paraguay y sus afluentes. El trabajo fue además apoyado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), que permitió el financiamiento de los costos asociados a los análisis en laboratorio. Asimismo la actividad contó con apoyo logístico de los organismos ambientales de las Provincias en cuyos territorios se realizaron los muestreos. Esta primer campaña fue sucedida por dos otras posteriores, realizadas entre los años 2005 y 2006 (SAYDS, 2007).

Se analizan en este trabajo los resultados obtenidos en la cuarta campaña de monitoreo realizada en el año 2009 realizada por la PNA y UNLP, en el marco del programa de relevamiento de calidad de aguas, sedimentos y biota de los Ríos Paraguay y Paraná y principales afluentes y se comparan con estudios previos

**Sitios de estudio**

Se monitorearon en la cuarta campaña 20 sitios de estudio: 1-Río Pilcomayo, 2-Río Paraguay (límite), 3- Arroyo Monte Lindo, 4-Río Bermejo, 5-Río Paraguay (desembocadura), 6-Río Negro, 7-Río Santa Lucía, 8- Río Corrientes, 9-Río Guayquiraró, 10-Río Feliciano, 11-Río Salado, 12-Río Coronda, 13-Río Carcarañá, 14- Río San Lorenzo, 15-Río Saladillo, 16-Arroyo Pavón, 17-Arroyo Ramallo, 18-Arroyo Arrecifes, 19-Río Areco, 20-Río Luján (Figura 1), en los que se extrajeron muestras de agua y sedimentos. Por otra parte se muestrearon peces (hígado, músculo) para el análisis de residuos en tejidos (Armado - Río Paraná Km 1060 - B. Vista; Surubí Río Paraná Puente Rosario-Victoria; Sábalo – Río Salado, Bagre Amarillo – Río Corrientes; Armado - Río Paraná Km 1060 - B. Vista; Surubí Río Paraná Puente Rosario-Victoria; Sábalo – Río Salado).

La campaña de muestreo fue realizada por la Prefectura Naval Argentina, en el Buque Científico “Dr. Leloir” (Figura 2), acondicionado con equipamiento de muestreo (botella de Niskin, draga tipo Eckman, corers, redes de plancton) e instrumental para medición de parámetros *in situ* (pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad y turbiedad) (Figura 3). Los peces fueron obtenidos con artes convencionales de pesca (redes, trasmallos y caña).



**Figura 1:**  
Localización de sitios de muestreo

**Figura 2:**  
Embarcación y vistas del equipamiento de muestreo y análisis *in situ*.



#### **Análisis en laboratorio**

Los procedimientos de ensayo utilizados para la determinación de parámetros fisicoquímicos de las aguas (pH, Conductividad, Alcalinidad, Cloruros, Dureza, Sulfatos, Sólidos Totales (ST), Sólidos Totales Disueltos (STD), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Nutrientes (Carbono Orgánico Total, Amonio, Nitratos, Nitritos, Fósforo Reactivo Soluble, Fósforo Total), Metales (Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Manganeso, Níquel, Plomo, Zinc, Mercurio), Plaguicidas (Compuestos organoclorados, organofosforados y piretroides) se realizaron siguiendo técnicas estandarizadas (APHA, 1998). El análisis de sedimentos incluyó la determinación de los metales antes mencionados previa digestión ácida (USEPA, SW846, 1986), plaguicidas (sobre extracto orgánico, USEPA, SW846, 1986), Carbono orgánico, sulfuros, fósforo total, nitratos y granulometría. El análisis de tejidos en peces incluyó la determinación de metales (previa digestión de acuerdo al método 25005 del A.O.A.C.) y plaguicidas.

#### **Resultados**

*Aguas:* Los parámetros medidos *in situ* pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad y turbiedad (Secchi), permiten observar que la conductividad de las aguas es relativamente baja en las desembocaduras de los cursos correspondientes a los tramos medio y superior muestreados en el Paraguay y Paraná (Figura 3), pero se incrementa significativamente en la mayor parte de los ríos y arroyos que descargan en el tramo inferior del Río Paraná. Esta tendencia se corresponde con los muestreos previos realizados en tres campañas entre 2004-2006. Las temperaturas oscilaron entre los 13 y los 32 °C producto de la variabilidad estacional, siendo las mismas más estables en los cuerpos de agua del tramo superior. Respecto del pH los valores oscilaron entre 6,0 y 9,4; correspondiendo los valores más elevados a cursos de agua con elevada actividad fotosintética, encontrándose la mayor parte de los mismos por encima de 7,5. El oxígeno disuelto presenta concentraciones en el intervalo 2,8-9,7 presentando en algunos cursos importantes diferencias entre los muestreos. Respecto del disco de Secchi los valores oscilan entre 7 y 300 cm, correspondiendo los menores valores al río Bermejo (que introduce los mayores aportes de sólidos al curso principal). La carga total de sólidos disueltos y en suspensión de tributarios del Paraná es muy variable. Por ejemplo el A°. Montelindo, los Ríos Carcarañá y Coronda, el A°. Pavón aportan altas concentraciones de materiales disueltos y en suspensión. Particularmente se observa una alta concentración de sales (con niveles elevados de cloruros y sulfatos) en el A°. Montelindo. Los datos obtenidos indican que altos niveles de sólidos disueltos y en suspensión se corresponden con los cursos que atraviesan zonas contaminadas a las que se asocia importante actividad urbana e industrial (Carcarañá, Coronda, Pavón), con niveles al menos de un orden de magnitud por encima de los detectados en otros cursos con menor influencia antrópica. Con referencia al contenido de metales relevantes en coloides (hierro y manganeso), se detectan mayores concentraciones de hierro en ríos del tramo superior del Paraná (Bermejo). La comparación con datos de campañas previas, muestra variabilidad en la columna de agua asociada a estacionalidad y nivel de los cursos de agua en relación a crecidas.

*Análisis de nutrientes en aguas y sedimentos:* El aporte de nutrientes está relacionado con actividades antrópicas tales como la agricultura y la urbanización. Los niveles de amoníaco encontrados superaron los niveles guía para protección de la vida acuática en los ríos San Lorenzo, Saladillo y Luján (0,52; 0,54 y 0,91 mg/L, respectivamente). Respecto a concentraciones de nitratos y nitritos, el 50% de las muestras de aguas contenían niveles mayores a 1 mg nitrato/L; los nitritos presentan valores inferiores, en algunos casos cercanos o inferiores al límite de detección del método. La mayor concentración de nitratos se observó en el Río San Lorenzo con 8,5 mg/L. Es de destacar que las muestras con mayor contenido de nitratos en general poseen mayor contenido de nitritos, lo cual es consistente con fenómenos de contaminación con alta carga orgánica.

Con referencia al contenido de fósforo total, el 50% de las muestras presentan niveles superiores a 1 mg P/L, alcanzando en el Río Areco 2,75 mg/L. El restante 50% se encuentra en valores entre 0,1 y 1 mg/L de este nutriente. Los niveles de Carbono Orgánico Total superan los 50 mg/L en un 20% de las muestras.

Los ríos o arroyos que contienen elevados niveles de uno o más nutrientes son el Monte Lindo, Corrientes, Feliciano, San Lorenzo, Pavón, Ramallo, Arrecifes, Areco y Luján. A todos ellos se les asocia en sus cursos elevada actividad antrópica, tanto de origen urbano-industrial a través de los desechos cloacales, como rurales a través de la utilización de fertilizantes. Los sedimentos analizados contienen una concentración variable de carbono orgánico total (gC/kg), nitratos (mgN/kg) y fósforo total (mg P/kg), con valores máximos, mínimos y media, respectivamente de: 0,1/38,9/16,8; <15/207/34; 68/890/497, en correspondencia con los de la columna de agua del sitio estudiado.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

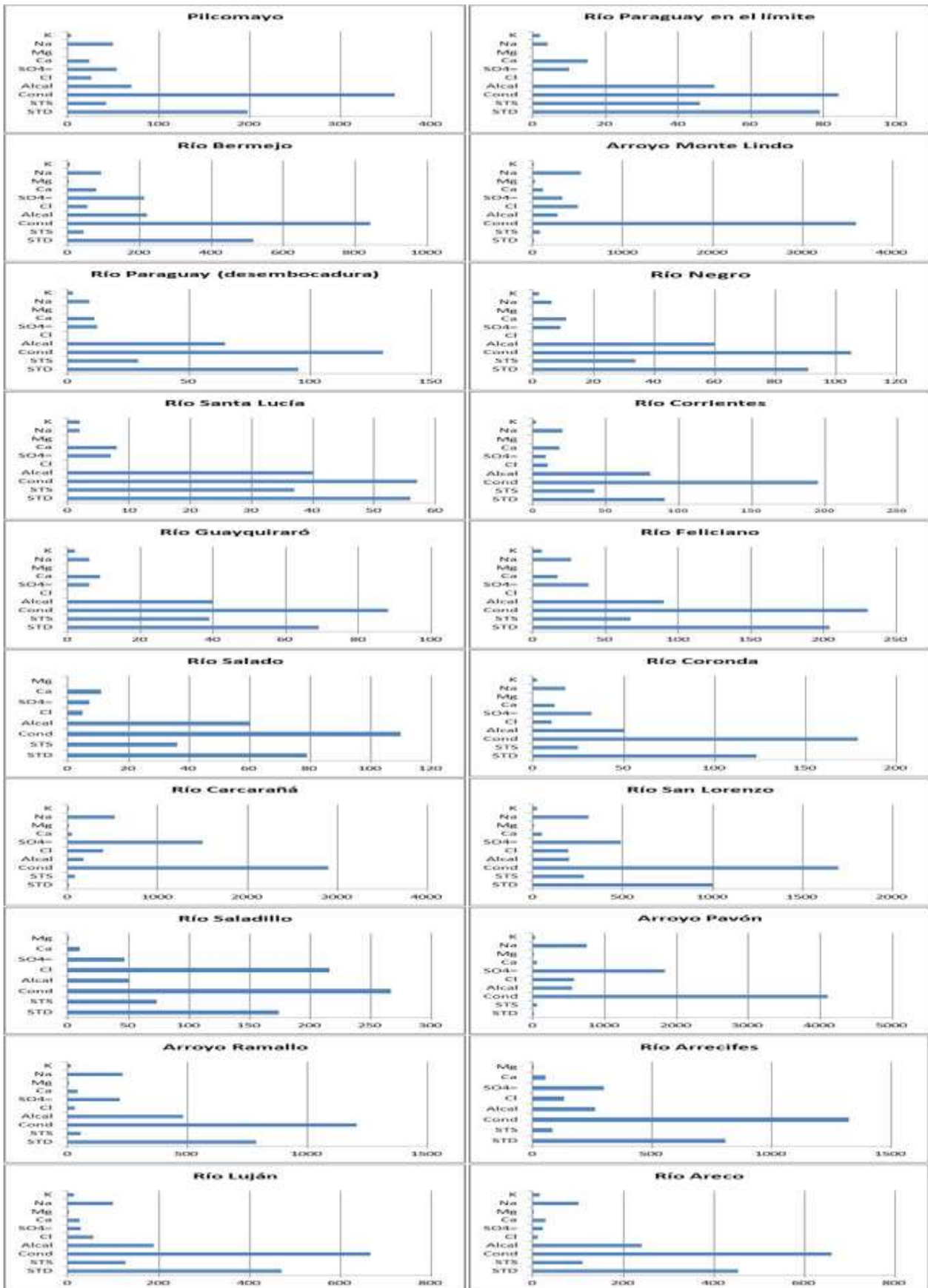


Figura 3: Concentraciones en agua (mg/L) de sólidos, aniones y cationes mayoritarios y conductividad (µS/cm)

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

*Análisis de cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y cinc en aguas, sedimentos de fondo y biota:* Los resultados indican que los sitios con mayor concentración de metales en aguas y sedimentos corresponden a los ríos y arroyos de la cuenca media e inferior, con importante desarrollo urbano, industrial ó agrario (Luján, Arrecifes, Areco, Ramallo, Pavón, Saladillo, Carcarañá, Salado, Arroyo San Lorenzo). Estos valores estuvieron entre 0,004 y 0,006 mg/L y entre 0,8 y 1,2 mg/Kg para Cd en agua y sedimento, respectivamente; entre 0,02 y 0,04 mg/L para Cu en agua; entre 0,03 y 0,08 mg/L para Pb en agua; entre 0,008 y 0,035 mg/L para Ni en agua. No se encontraron niveles detectables de Hg en agua filtrada (<0,001 mg/L). Los sedimentos de fondo mostraron concentraciones muy variables de este metal (< 0,025 hasta 5 mg/Kg peso seco), siendo las más elevadas se corresponden a afluentes del Paraná donde prevalecen actividades urbano-industriales (Carcarañá, Ludueña, San Lorenzo, Pavón, Luján).

La concentración de los metales analizados en tejidos de peces (hígado y músculo) indican factores de bioconcentración (FBC) de 120 para Pb en músculo de bagre amarillo; de 600 para Cd en hígado de sábalo. Para el caso del Zn los FBC son mayores a 54.000 en hígado e iguales a 2750 en músculo de armado. El FBC determinado para Cu fue de 1730 en hígado de surubí. Los FBC para Hg determinados oscilaron entre 2 y 11.

Se analizó la presencia de los siguientes plaguicidas y metabolitos o productos de degradación: DDT, DDE, DDD; Aldrin, Dieldrin, Endrin, isómeros HCB; Metoxicloro; Endosulfanes; Clorpirifos; Metilparation; Cipermetrina; Alletrina; Permetrina, siendo detectados principalmente en sedimentos de los sitios estudiados. El DDT o principales metabolitos se detectaron en los ríos Bermejo, Feliciano, Salado, Arrecifes (máxima concentración medida 1,7 µg/kg) de op-DDD en el Río Salado. La mayoría de los sedimentos exhibieron concentraciones detectables de Metoxicloro (14/20 muestras, máxima concentración medida 3 µg/kg); d-HCB (19/20 muestras, máxima concentración medida 9 µg/kg); Aldrin (4/20 muestras, máxima concentración medida 0,34 µg/kg); Endrin (5/20 muestras, máxima concentración medida 0,3 µg/kg); Endosulfán I y II (17/20 muestras, máxima concentración medida 7,8 µg/kg); Clorpirifos (13/20 muestras, máxima concentración medida 4,4 µg/kg); detectándose en menor proporción de muestras Cipermetrina (3/20 hasta 4 µg/kg). Todos los datos se refieren a masa seca de sedimento.



#### Conclusiones

Los análisis realizados muestran escenarios de contaminación que van desde casos leves hasta casos severos. Las principales fuentes de contaminación parecieran estar asociadas a elevada carga de materia orgánica y nutrientes, tanto en agua como en sedimentos de fondo. Los mayores niveles de metales pesados estarían circunscriptos a sectores con actividad urbano-industrial. Merecen especial atención los valores de los factores de bioconcentración determinados para algunos metales, alertando sobre la necesidad de futuros estudios en detalle sobre el tema. El monitoreo de residuos de plaguicidas en sedimentos de fondo permite observar que a pesar de la prohibición de uso de algunos compuestos organoclorados, aun son detectados en gran parte de la cuenca del Río Paraná, demostrando su persistencia y/o posible uso recién-

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

te. A su vez se detectaron con alta frecuencia los insecticidas asociados a nuevas prácticas agrícolas extensivas (cipermetrina, clorpirifos, endosulfán), indicando la llegada de estos compuestos al ecosistema.

En términos generales se puede decir que la cuenca no reviste casos de elevado riesgo adverso en el sector superior, aunque a medida que nos acercamos hacia el sector inferior los casos de contaminación parecen ser mucho más severos. Posiblemente el bajo a mediano impacto de la contaminación a nivel global de la cuenca se deba a su elevado caudal, diluyendo los contaminantes vertidos a lo largo del curso. Sin embargo ello debería ser cuidadosamente controlado, ya que el ingreso de grandes cargas contaminantes al sistema indefectiblemente terminará superando su capacidad dilutoria, con consecuentes daños ambientales. Es recomendable que todos los actores de la cuenca tomen las medidas necesarias de gestión para la reducción y el control de las múltiples fuentes de contaminación.

#### **Bibliografía**

APHA-AWWA-WEF, 1998. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters". 20<sup>TH</sup> EDITION. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington.

USEPA. SW 846, Environmental Protection Agency, 1986. "Test Methods for Evaluating Solid Waste". Volume IC: Laboratory Manual physical/ Chemical Methods. 3th Edition.

SAyDS-PNA-UNLP, 2007. Caracterización Sanitaria y Ambiental de las Aguas en Tramos Específicos de los Ríos Paraná, Paraguay, Uruguay y sus Afluentes (Tres campañas). Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable; Organización Panamericana de la Salud; Prefectura Naval Argentina; Universidad Nacional de La Plata.