

ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL AGUA DE UNA ZONA DEL RIO SANTA LUCIA (URUGUAY) (*)

Silvia Méndez, Wilson Pintos y Cecilia Lucchi

Facultad de Humanidades y Ciencias
Sección Limnología
Tristán Narvaja 1674 - Montevideo
Uruguay

RESUMEN

Méndez, S., W. Pintos y C. Lucchi. 1988. Estudio de las características físico-químicas del agua de una zona del río Santa Lucía (Uruguay). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 19 (2):123 - 133

Se estudiaron las características físico-químicas del agua del río Santa Lucía. Se observó la variación de los diferentes parámetros en relación al caudal en la localidad de Paso Pache y se realizó un análisis comparativo de las características del agua en ese lugar con otros 4 de la cuenca observando la incidencia de la descarga de efluentes de origen doméstico e industrial en los diferentes cursos de agua.

ABSTRACT

Méndez, S., W. Pintos & C. Lucchi. 1988. Water physico-chemical characteristics of Santa Lucía River Basin Area (Uruguay). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 19 (2): 123 - 133

A physico-chemical study of waters from the Santa Lucía River was performed. Variations of different parameters were related with the volume of water in Paso Pache. Another research in water quality was made in this area and was compared with other four stations in the basin area. It was regarded the incidence of urban and industrial wastes in the river water.

INTRODUCCION

Si bien el río Santa Lucía, provee de agua potable a la ciudad de Montevideo y alrededores, donde se concentra más de la mitad de la población de la República Oriental del Uruguay, son escasos los trabajos relacionados con las características físico-químicas del agua, su calidad y evolución.

Como antecedentes pueden citarse, un estudio del agua para consumo humano (Peluffo, 1938), otro sobre la planificación y desarrollo de la cuenca (OEA, 1971) que incluye rangos de algunos parámetros físico-químicos del agua en el curso principal y en algunos afluentes, y un informe técnico del INPMA (1981), con registros de dos mues-

(*) Este estudio fue financiado, en parte, por el Instituto Nacional para la Preservación del Medio Ambiente (INPMA).

treos realizados en 1981 en diferentes sitios de la cuenca. Existen además, algunos estudios geográficos aplicados como el de IEPAL (1981) y un trabajo de Mandracho (1979). Cabe citar los informes de OSE y OPP (1986).

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento del río Santa Lucía a través de las variaciones temporales de algunos parámetros físicos y químicos del agua en Paso Pache, comparando los promedios anuales evaluados con los obtenidos en otros puntos de la cuenca considerados más afectados por la actividad humana.

MATERIAL Y METODOS

El Río Santa Lucía nace en una zona de manantiales en el Departamento de Lavalleja y luego de un recorrido de 230 km desemboca en el Río de La Plata, al oeste de Montevideo (Fig. 1). Este curso de agua drena los aportes de una cuenca de aproximadamente 14.200 km² (7 % del territorio del Uruguay), donde se registra la mayor densidad de población del país, según IEPAL (*op. cit.*). Recibe las aguas de aproximadamente 350 afluentes; entre los principales se encuentran los ríos San José y Santa Lucía Chico, de 111 y 122 km de longitud, respectivamente.

Paso Pache se encuentra ubicado 40 km aguas abajo de la ciudad de San Ramón y 22 km aguas arriba de la de Santa Lucía. Durante el período de estudio el caudal varió apreciablemente, fluctuando entre 11,6 y 541 m³/s, con un valor promedio de 114,03 m³/s (Fig. 2).

La calidad del agua del río se ve afectada por el vertido de desechos industriales y domésticos. Por otro lado los cambios en el uso de la tierra, unidos a la erosión debida al manejo inadecuado de los suelos, ha conducido a la degradación de estos ecosistemas.

Este estudio se centró en Paso Pache (estación 2) porque se contó con información acerca de la altura y caudal del río proporcionada por la Dirección Nacional de Saneamiento Ambiental (DINASA), pero fundamentalmente porque está alejado de centros urbanos e industriales, no ocurriendo lo mismo con los demás puntos de muestreo. Las estaciones 1 y 3 están situadas aguas abajo de las ciudades de San Ramón y Santa Lucía, respectivamente, y reciben desechos domésticos de estos centros urbanos, la 4 en el río Santa Lucía Chico recibe los efluentes de una curtiembre, una industria cárnica y una láctea y la 5, sobre el arroyo Mendoza, los de otra industria cárnica.

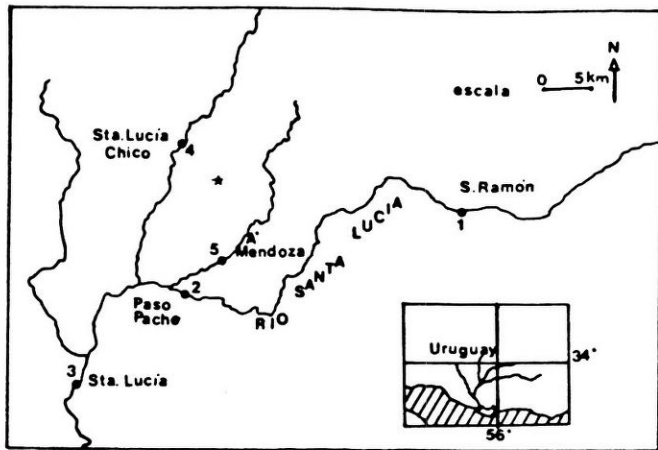


Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo (1-5) y de la estación meteorológica. (*)

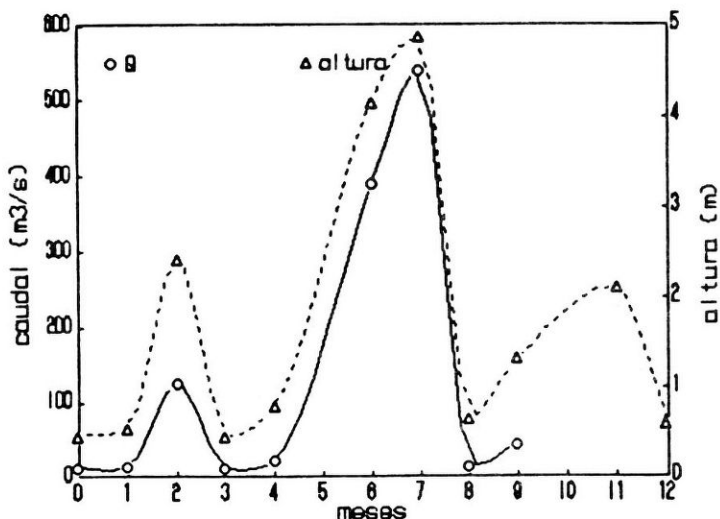


Fig. 2. Promedios mensuales de caudal y altura del río en Paso Pache.

Se tomaron muestras mensuales en los sitios elegidos, el mismo día, desde diciembre de 1983 a diciembre de 1984. Se recogió agua superficial con una botella Van Dorn, desde los puentes, única forma de acceder a los sitios seleccionados en los diferentes cursos de agua. *In situ*, se midieron temperatura con un termómetro graduado en décimas; pH con un potenciómetro Orion y la conductividad con un conductímetro Horizon. El agua de la botella muestreadora se repartió mediante un tubo de goma en botellas de plástico, excepto la destinada al análisis de fosfatos que se recogió en recipientes de vidrio y la correspondiente al análisis de oxígeno disuelto que se colectó en recipientes *ad hoc*. Las muestras fueron fijadas con cloroformo (Margalet *et al.*, 1976) conservadas a -20°C hasta su análisis, no más allá de los siete días siguientes a su recolección. Las destinadas para oxígeno, luego de fijadas *in situ*, se analizaron al llegar al laboratorio por el método de Winkler.

Los compuestos nitrogenados y fosfato fueron determinados, luego de filtradas las muestras con filtros Whatman GF/C, por la metodología descrita por Strickland y Parsons (1972).

Para la determinación de sólidos totales suspendidos se siguió a APHA (1981). La alcalinidad total se determinó por titulación con H_2SO_4 , utilizando indicador mixto; los cloruros por el método argentométrico (Golterman, 1969); el calcio y el magnesio por titulación con EDTA disódico (Roider, 1981).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los sólidos en suspensión, medidos a partir de marzo, oscilaron entre valores indetectables y 400 mg/l; los máximos ocurrieron en junio y julio coincidentes con los más altos de caudal. La concentración estaría aumentada debido al lavado de las tierras circundantes por efecto de las lluvias (Fig. 3).

El rango de temperatura del agua fue de 11,0 a 32,5°C en el transcurso del año, con un máximo en enero y mínimos en junio y agosto (Fig. 4). Estas variaciones son explicadas por los cambios estacionales de la temperatura ambiente. Las observadas para una misma época del año, pueden deberse, además, a que las mediciones fueron hechas a diferentes horas y a cambios del caudal del río.

El oxígeno disuelto presentó un mínimo en febrero y un máximo en agosto, con un promedio de 6,0 mg/l. La relación inversa entre el oxígeno y la temperatura (Fig. 4) es esperable ya que su solubilidad disminuye al aumentar la temperatura y los procesos de degradación de materia orgánica que lo consumen, se favorecen con la misma. Expresando el contenido de oxígeno como porcentaje de saturación, se constata un déficit a lo largo del año. El valor más bajo se encontró en febrero (50,99 %) y el más alto en diciembre (79,27 %). En los ríos, generalmente se observa un déficit de saturación de oxígeno, debido a la agitación del agua que acelera la difusión e impide la sobresaturación (Margalef, 1983).

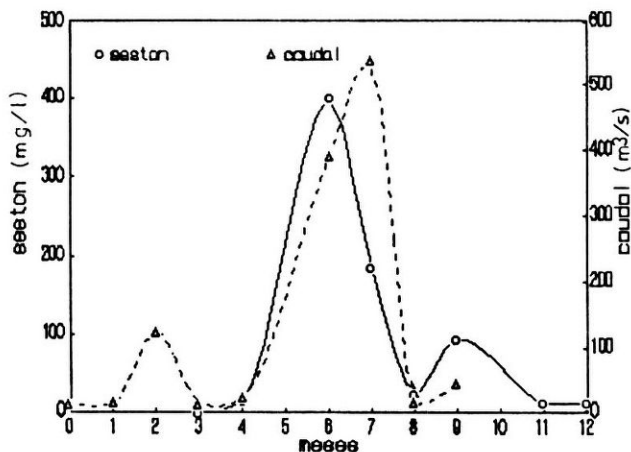


Fig. 3. Variación anual de la cantidad de sólidos en suspensión (seston) y el caudal del río en Paso Pache.

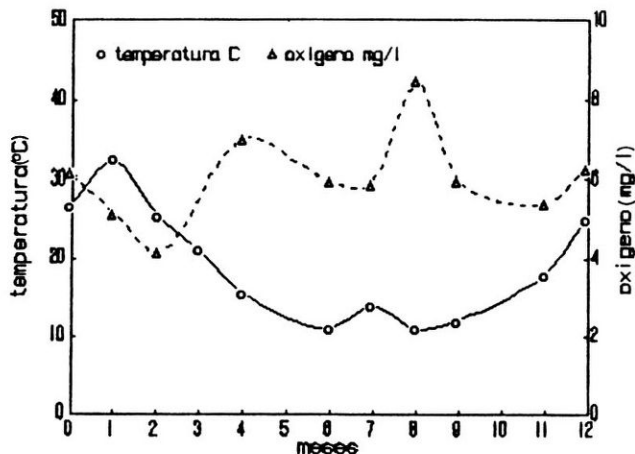


Fig. 4. Variación anual de temperatura y oxígeno disuelto en el agua en Paso Pache.

La conductividad que expresa de una manera global la presencia de sales en solución y tiene por lo tanto un carácter orientador para conocer el contenido total de compuestos en disolución, osciló entre $120 \mu\text{S}/\text{cm}$ en junio y julio, y $670 \mu\text{S}/\text{cm}$ en agosto. Estos valores se encuentran dentro del rango habitual para las aguas continentales. Las fluctuaciones de conductividad y concentración de cloruros son coincidentes a lo largo del año, salvo en marzo, cuando la segunda experimentó un descenso (Fig. 5).

Según Wetzel (1975) la media de cloruros para los ríos de Sudamérica es de $4,9 \text{ mg}/\text{l}$, siendo para el Santa Lucía en el área de estudio de $16,20 \text{ mg}/\text{l}$ valor que se asemeja al citado por Maglianesi (1973) para el Paraguay inferior. Este es similar al promedio de cloruros ($20 \text{ mg}/\text{l}$) obtenido por Alciaturi (com. pers.) en una planta de potabilización ubicada aguas abajo de Paso Pache.

El contenido de calcio varió entre $7,21$ y $44,09$ con una media de $23,17 \text{ mg}/\text{l}$ y el magnesio osciló entre $5,1$ y $40,34$, con un promedio de $16,20 \text{ mg}/\text{l}$. Para ambos, se observó claramente dos períodos bien marcados de concentraciones elevadas, el primero en marzo-abril y el segundo en agosto. En febrero y junio-julio, donde el caudal se incrementó notablemente por las precipitaciones, se produjo un claro proceso de dilución de esos iones. El promedio anual de los alcalinos térreos fue considerablemente mayor al de los ríos de Sudamérica y más cercano al mundial. Sus concentraciones fueron apreciablemente superiores a las citadas por Stangenberg y Maglianesi (1968 a y b y 1969) para el Paraná medio y Maglianesi (*op. cit.*) para el Alto Paraná y Paraguay y podría deberse al aporte de los suelos circundantes. Paso Pache se encuentra ubicado en la Formación

San Ramón con un contenido de calcio de 15,3 meq/100g y de magnesio de 2,8 meq/100 g (MAP, 1978). Según Margalef (*op. cit.*) las concentraciones de calcio superan a las de magnesio, lo que ocurre en otros ríos de estas latitudes (Maglianesi *op. cit.*) y en los de la zona del Santa Lucía.

La relación magnesio/calcio para el agua dulce fluctúa alrededor de 0,26 y en Paso Pache osciló entre 0,19 y 0,91 con un valor medio de 0,67.

La alcalinidad varió en un rango de 0,42 (noviembre) y 3,44 (marzo), con una media de 1,67 meq/l, reflejando directamente las fluctuaciones del calcio y magnesio, situación lógica ya que la alcalinidad es, en su mayor parte, atribuible al calcio.

El pH varió entre 6,4 (junio) y 8,9 (abril), siendo los valores más frecuentes alcalinos y mostrando el estrecho margen de variación una buena capacidad reguladora del sistema.

La concentración de nitritos osciló entre 0,7 y 16,0 ug/l y fue siempre inferior al límite máximo citado por Reynolds (1984) para aguas naturales no contaminadas. Sin embargo, tomando en cuenta el promedio calculado por Meybec (1982) para ríos con iguales características, los valores obtenidos en este estudio lo sobrepasan en la mayoría de los casos.

Los nitratos se encuentran en similar situación que los nitritos, con referencia a los

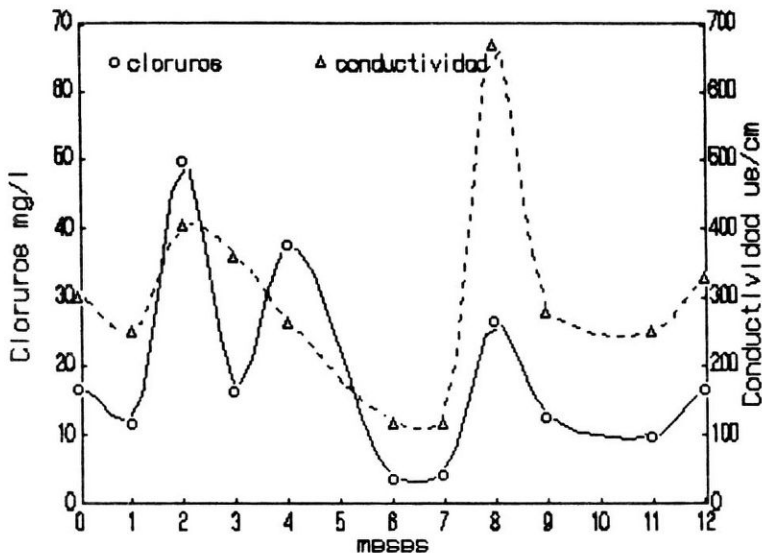


Fig. 5. Variación anual de la concentración de cloruros y la conductividad en Paso Pache.

límites de Reynolds y Meybec; tampoco superaron, salvo en setiembre, los 210 ug/l considerados por Van Benneken & Salomons (1981) como normales para cursos de agua de áreas poco alteradas.

El caso del amonio fue diferente ya que presentó las mayores concentraciones dentro de los compuestos nitrogenados inorgánicos y sobrepasó en todos los casos los máximos de Meybec y en alguno el de Reynolds, quedando aún por debajo del considerado por Weiss & Kuenzler (1976) como límite indicador de contaminación de origen animal o humano (500 ug/l).

En lo referente al contenido de fosfatos, que debido a la metodología utilizada, probablemente incluyó alguna otra fracción de fósforo, estuvo siempre por encima de los 100 ug/l y alcanzó concentraciones de hasta 970,3 ug/l, valor que se aproxima al límite máximo del rango de variación para este anión mencionado por Reynolds. Los observados fueron muy elevados respecto a los 20 ug/l de $P-PO_4^{3-}$ que considera Stumm (1973) como promedio para ríos no contaminados, atribuyendo igual cantidad al fósforo orgánico disuelto. Van Benneken & Salomons calculan valores que oscilan entre 0,2 y 0,3 uM para fósforo reactivo y 0,5 uM para fósforo disuelto total, mientras que Meyden cita un promedio de 12,5 ug/l para fósforo de ortofosfato soluble.

Estudio comparativo de cinco localidades de la Cuenca

La concentración de fosfato fue menor en un orden de 100 ug/l en la estación 1 con respecto a las 2 y 3, ubicadas aguas abajo (Fig. 7).

Frente a la ciudad de Santa Lucía (est. 3), la concentración de nitratos duplicó y la de amonio triplicó a las del tramo superior del río.

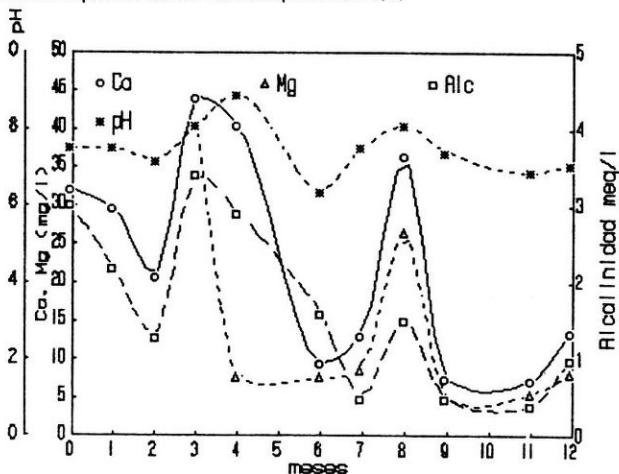


Fig. 6. Variación anual del pH, concentración de calcio, magnesio y alcalinidad en el agua en Paso Pache.

En el Santa Lucía Chico (est. 4) se encontraron valores elevados de los compuestos nitrogenados inorgánicos. La concentración de NO_2^- fue más alta que la media frente a la ciudad de Santa Lucía.

Los promedios de NO_3^- en las estaciones 3 y 5 fueron muy elevados y difirieron notablemente de los del tramo superior (est. 1 y 2), oscilando los primeros entre 93,66 y 97,78 y los segundos entre 54,04 y 56,17 $\mu\text{g/l}$, similar a lo que ocurrió con el NH_4^+ , que presentó diferencias aún mayores entre los tramos superior e inferior del río.

Se observó que el contenido de fosfatos y nitratos así como la concentración de cloruros y calcio fue considerablemente mayor en el arroyo Mendoza que en el resto de las estaciones estudiadas (Fig. 7 y 8). Además, el oxígeno y su porcentaje de saturación, fueron muy bajos, lo cual suponemos que es debido a su uso en la degradación de la materia orgánica residual de la industria de la carne, por ser este curso de agua receptor de dichos residuos.

Los valores máximos y mínimos de pH, alcalinidad y compuestos inorgánicos de nitrógeno (según informe de la OEA, op. cit.), correspondiente al río Santa Lucía Chico para el año 1969, se encuentran dentro del mismo rango de variación que los obtenidos en el presente estudio.

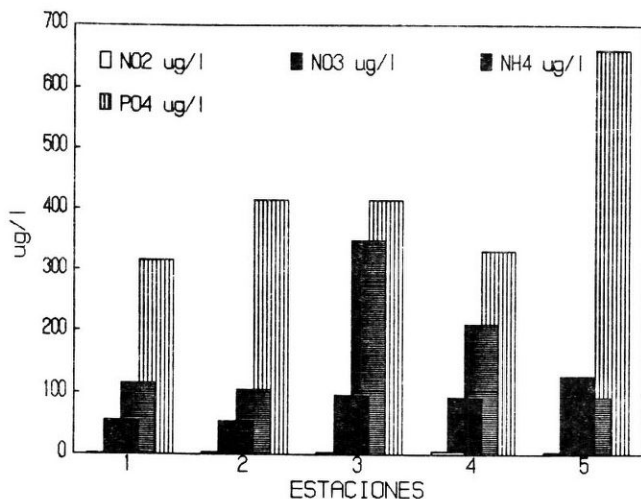


Fig. 7. Concentración promedio de nitratos, amonio y fosfatos del agua en las cinco estaciones de muestreo.

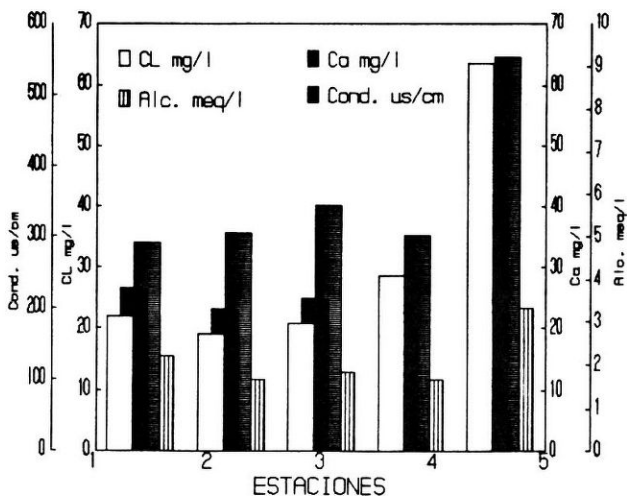


Fig. 8. Concentración de cloruros, calcio, conductividad y alcalinidad del agua en las cinco estaciones de muestreo.

CONCLUSIONES

La variación de los diferentes parámetros físico-químicos a lo largo del año en Paso Pache, nos permite determinar condiciones diferentes para los períodos de lluvia y estiaje. Se encontraron valores elevados de Ca^{++} , Mg^{++} y alcalinidad cuando el caudal es mínimo y menores en épocas lluviosas, por efecto de la dilución.

Ocurre lo contrario para el caso del seston, que aumenta con las lluvias por arrastre del material de la cuenca de drenaje.

En cuanto a los nutrientes, no se observó una clara relación con el caudal, pero sí entre la concentración de NO_3^- y NO_4^+ una correlación significativa.

El estudio comparativo de los cinco lugares de muestreo, resaltó la diferencia entre el arroyo Mendoza y los restantes cursos de agua. Su promedio anual de fosfatos fue el más elevado, así como también de Cl^- , Ca^{++} , conductividad y alcalinidad.

La estructura general en la composición del agua del río Santa Lucía y los afluentes considerados en este trabajo, siguió un mismo patrón, siendo entre los nutrientes el

más abundante el PO_4^{3-} y en orden decreciente, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- . Salvo en el A⁰ Mendoza donde la concentración de NO_3^- es superior a la de NH_4^+ .

En lo que se refiere a la (Cl^-), (Ca^{++}), conductividad y alcalinidad también se mantiene una estructura similar a lo largo del curso del río Santa Lucía, habiendo algunas diferencias con sus afluentes. El Sta. Lucía Chico y el Mendoza presentan (Cl^-) > (Ca^{++}), mientras que en el curso principal (Ca^{++}) > (Cl^-).

En estos dos ambientes, los residuos industriales podrían ser los responsables de las variaciones observadas en las características del agua, en tanto en el Santa Lucía (frente a la ciudad homónima) habría además de dichos efluentes aportes antrópicos urbanos. Los desechos domésticos de la ciudad de San Ramón, afectarían en menor grado la calidad del agua por tener menor número de habitantes.

AGRADECIMIENTOS

A los compañeros de la Sección Limnología de la Facultad de Humanidades y Ciencias que colaboraron en la realización de los muestreos y análisis de laboratorio.

REFERENCIAS

- American Public Health Association. 1981. Standard Methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Assoc. Inc.*, New York, 1268 p.
- Golterman, H.L. 1969. Methods for Chemical Analysis of Fresh Waters. IBP Handbook N° 8. *Blackwell*. Oxford y Edimburgo, 260 p.
- IEPAL. 1981. Acondicionamiento de cuencas en el Uruguay. *IEPAL*, Montevideo, Uruguay, 260 p.
- INPMA. 1981. Programa piloto de monitoreo ambiental. *Inf. Final INPMA 1ra. Parte*, Montevideo, Uruguay, 32 p.
- Maglianesi, R.E. 1973. Principales características químicas y físicas de las aguas del alto Paraná y Paraguay inferior. *Physis Secc. B* 32 (85): 185-197.
- Mandracho, H. 1979. La cuenca del Río Santa Lucía. *Trabajo de pasaje de curso, Fac. Hum. Cienc.*, Montevideo, Uruguay, 79 p.
- MAP. 1978. Carta de Reconocimiento de suelos del Uruguay. *Dir. de Suelos. MAP. Tomo III apéndice parte I y II*. Montevideo. Uruguay.
- Margalef, R., D. Planas, J. Armengold, A. Vidal., N. Prat, A. Guiset, J. Toja y M. Estrada. 1976. Limnología de los embalses españoles. Apéndice II. *Dir. Gen. Obras Hidráulicas.*, Publ. 123. Madrid, 103 p.
- Margalef, R. 1983. Limnología. *Omega*, Barcelona 1010 p.
- OEA. 1971. Cuenca del Río de La Plata. Estudio para su planificación y desarrollo. Cuenca del Río Santa Lucía. *Sec. Gen. OEA*, Washington, D.C. 201 p.
- OPP. 1986. Informe de la Comisión Honoraria para el estudio del Aprovechamiento Integral de la Cuenca del Río Santa Lucía. *Inf. N° 808/8/86*. Montevideo. Uruguay. 4 p.
- OSE. 1986. Informe de la División Estudios sobre el Valle del Río Santa Lucía. *Inf. OSE*. Montevideo. Uruguay. 10 p.
- Peluffo, A. 1938. Tesis de Doctorado. Estudio de las aguas de consumo público del Uruguay. *Florenza*, Montevideo, 177 p.

- Reynolds, C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. *Cambridge Univ. Press*, 384 p.
- Rodier, J. 1981. Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales y agua de mar. *Omega*. Barcelona 187 p.
- Stangenberg, M. y R.E. Maglianesi. 1968a. Composición química de las aguas de la cuenca del Paraná medio. Primera Parte: Madrejón Don Felipe. *Physis* 27 (75): 391–405.
- Stangenberg, M. y R.E. Maglianesi. 1968b. Composición química de las aguas de la cuenca del Paraná Medio. Segunda Parte: Río Colastiné. *Physis* 28 (76): 111–121.
- Stangenberg, M. y R.E. Maglianesi. 1969. Composición química de las aguas de la cuenca del Paraná medio. Tercera Parte: Laguna Los Espejos. *Physis* 28 (77): 229–238.
- Strickland, J.D. y T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis, 2nd. ed. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167.
- Stumm, W. 1973. The acceleration of hydrogeochemical cycling of phosphorus. *Water Res.* 17: 131–144.
- Van Benneken, A.J. & W. Salomons. 1981. Pathways of organic nutrients and organic matter from land to ocean through rivers. In: River Input to the Ocean System. Burton, J.D. Eisma, D. y J. M. Matrin (eds.) 1979. *UNESCO UNEP, SCOR Workshop*, Roma: 33–51.
- Weiss, C.M. & E.J. Kuenzler. 1976. The trophic state of North Carolina lakes. *North Carolina Water Res. Res. Inst. Rep.* 119, 224 p.
- Wetzel, R.G. 1975. Limnology. *W.B. Sanders Co.* Philadelphia. 743 p.

Recibido / Received / : 20 mayo 1988.

Aceptado / Accepted / : 10 julio 1989.