4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES PRELIMINARES

El Río de la Plata es un ambiente de mezcla fluvio-marino cuyo límite móvil de intrusión salina se ubica mayoritariamente entre la ciudad de Montevideo y la desembocadura del Río Santa Lucía (López Laborde J. et al, 2000). El frente de salinidad acompaña al frente de turbiedad (ver imagen satelital de página 23) por lo que las características fisicoquímicas del agua del Río de la Plata en la zona de estudio presentan alta variabilidad, dependiendo de múltiples factores tales como: las condiciones hidrológicas, hidrodinámicas y meteorológicas.

Calidad de aguas

Los resultados de este trabajo confirman los antecedentes en cuanto al frente de salinidad y turbiedad y muestran que es posible distinguir en la zona de estudio (desde el Río Santa Lucía al Arroyo Carrasco), sub-zonas con características significativamente diferentes en dirección Este-Oeste.

Para la mejor interpretación de los resultados se definieron tres zonas de Este a Oeste. La zona Oeste contempla los puntos de muestreo al Oeste de Punta Yeguas y la zona Este, los puntos de muestreo al Este de Punta Carretas. Las estaciones en la Bahía de Montevideo así como la zona del emisario subacuático en Punta Carretas y del futuro emisario en Punta Yeguas se evaluaron separadamente.

La Bahía de Montevideo es la zona ambientalmente más comprometida, como lo demuestran los valores de varios de los parámetros estudiados. Los coliformes fecales superan la normativa en todos los puntos y son hasta 3 órdenes de magnitud superiores en los puntos B1 y B2, frente al arroyo Miguelete y frente a la Central Batlle, respectivamente. A su vez, en la estación B1 se registran valores de oxígeno disuelto promedio por debajo del límite para la conservación de la flora y fauna (5mg/L). En la Bahía se registraron los mayores resultados de clorofila, con alta frecuencia de valores correspondientes a calidad de agua de Categoría “Pobre” según la USEPA (2008). Se destaca también la existencia de valores puntuales de plomo y cromo por encima de la normativa nacional vigente.

En cuanto a los coliformes fecales, en los puntos de playas, a 200 m y a 2000 m, se observa que las características de cada punto estarían influenciadas en gran medida por el comportamiento de la costa y los aportes respectivos dentro de los que se destacan la Bahía, el arroyo Carrasco y vertederos costeros. En las etapas siguientes de este estudio se realizarán adaptaciones en el diseño de muestreo para permitir comparaciones precisas entre la región de playas, la líneas Z (a 200 m) y L (a 2000 m).

Las medias geométricas (MG) de coliformes fecales registradas en las muestras en playas cumplen con la normativa vigente (que establece un límite de 1000 ufc/100mL) con algunas excedencias en los valores puntuales.

En todos los puntos de la zona del emisario en Punta Carretas se encontraron MG por debajo de 1000 ufc/100 mL, con excepción del punto de muestreo correspondiente a la pérdida a 1500 m, que presentó un valor de 1800 ufc/100 mL. Se destaca que los valores puntuales de todas las estaciones del emisario presentaron grandes variaciones y en algunos casos alcanzaron valores puntuales del orden de 10^4 ufc/100mL, con un valor

máximo de 590.000 ufc/100 mL en el punto de muestreo asociado a la pérdida de referencia.

En los puntos de muestreo a 200 m (línea Z) así como a 2000 m (línea L) no se supera el valor límite de la normativa para MG. En las estaciones próximas a la Bahía de Montevideo se observan excedencias importantes en los valores puntuales (estaciones Z8, Z9, Z10 y L3). Los menores valores de MG de coliformes fecales se encuentran en la zona de Punta Yeguas y al oeste de la misma, tanto a 200 como a 2000 m de la costa y en los puntos de la zona del emisario proyectado.

En todos los puntos se observa la tendencia de que las muestras extraídas a profundidad presentan valores mayores de coliformes fecales que las muestras de superficie, lo que puede interpretarse en función de procesos de sedimentación y al efecto bactericida de la radiación solar.

Los valores registrados de clorofila *a* en las campañas de muestreo se encuentran dentro de los valores típicos para la zona costera templada. La evaluación de los resultados de clorofila se realizó tomando como referencia los valores guía de la USEPA (2008) para aguas costeras que clasifican la calidad de aguas en tres categorías: “Buena” (por debajo de 5 ug/L) “Aceptable” (entre 5 y 20 ug/L) y “Pobre” (mayor a 20ug/L). En todas las estaciones estudiadas, los valores promedio de clorofila están comprendidas entre las Categorías “Buena” y “Aceptable” con algunos valores puntuales por encima de 20 ug/L especialmente en la zona Este.

En la zona Oeste se encontraron aguas con mayor turbiedad (en la línea a 2000 m), menor salinidad y menores niveles de clorofila que en la zona Este. El menor nivel de clorofila es indicador de una mejor calidad de aguas. Por otra parte, las concentraciones medias de fósforo total presentan valores por encima de la normativa vigente, siendo significativamente mayores en el Oeste. La causa de este resultado no se ha podido establecer con certeza con los datos disponibles pero existe una fuerte correlación ente los nutrientes y la turbiedad.

En relación al patrón de clorofila creciente en dirección Oeste-Este, no se encontró correlación significativa con ningún parámetro fisicoquímico ni microbiológico. A pesar de esto, se observa que la mayor concentración de clorofila en las estaciones a 2000 m en la zona Este se corresponde con la tendencia de la menor turbiedad. La menor turbiedad en el Este determina una mayor disponibilidad de luz para el desarrollo de fitoplancton y por lo tanto podría ser el factor determinante del incremento en el indicador clorofila-*a*, en un sistema donde los nutrientes no son limitantes. Debe mencionarse que, para una mejor interpretación de las variables determinantes de la distribución de clorofila, sería conveniente incorporar a este estudio el análisis de fitoplancton (identificación y recuento), y las especies presentes para inferir sobre la posible presencia de toxinas algales.

De la comparación de condiciones fisicoquímicas existentes en las zonas correspondientes a ambos emisarios se confirman las tendencias de gradientes antes mencionadas entre el Este y el Oeste. En la zona del futuro emisario de Punta Yeguas se encontró menor salinidad, mayor turbiedad, mayor concentración de fósforo total y menor nivel de clorofila en comparación con la zona del emisario de Punta Carretas. Estas comparaciones presentaron un alto nivel de significación estadística. Debe destacarse que la menor salinidad y mayor turbiedad constituyen condiciones para una menor tasa de decaimiento bacteriano, lo que debe tomarse en cuenta para el diseño del nuevo emisario (Informe Laboratorio de Calidad

Ambiental "Playas - Evaluación calidad de aguas 2009-2010", disponible en la siguiente dirección web: http://www.montevideo.gub.uy/sites/default/files/articulo/Playas__Evaluacion_calidad__aguas_2009-_2010_2.pdf).

En cuanto a las floraciones de cianobacterias, se ha reportado anteriormente que su frecuencia está vinculada con las condiciones hidrológicas e hidrodinámicas en la cuenca, en particular con el flujo a través del río Uruguay. Este fenómeno tiene gran relevancia en la zona de estudio habiendo sido de importante incidencia durante la última temporada estival con espumas cianobacterianas de alta toxicidad (Informe Laboratorio de Calidad Ambiental "Playas - Evaluación calidad de aguas 2009-2010").

Finalmente, se destaca que en los estudios realizados con el bioensayo *Microtox* no se evidencia toxicidad en las muestras procesadas hasta la fecha

Sedimentos

Los estudios de calidad de aguas se complementaron con la caracterización de sedimentos ya que los mismos constituyen una matriz de acumulación de contaminantes. En este informe se reportan los estudios de metales (Plomo y Cromo) y de toxicidad realizados en el Servicio Laboratorio de Calidad Ambiental. En Convenio con la Facultad de Ciencias (Sección Oceanología) se están realizando además estudios de biota en sedimentos, cuyos resultados serán incluidos en el próximo informe.

Dado que no existe normativa nacional aplicable, en este informe se han tomado como niveles guía las concentraciones que se establecen en las "*Canadian Sediment Quality Guideines for the protection of Aquatic Life".* En las mismas se establecen dos niveles de concentración, ISQG (guías interinas para calidad de sedimentos) y PEL (niveles de efecto probable).

En coincidencia con los resultados de calidad de agua, los sedimentos de la Bahía de Montevideo presentan los mayores niveles de contaminación de metales comparados con las demás zonas estudiadas. Los sedimentos de las estaciones de la bahía B1 y B2 son las más afectadas presentando valores de concentración de cromo y plomo superiores a los niveles de probable efecto sobre la biota. En la estación B3 (recinto portuario), los valores son menores pero se encuentran entre el valor guía provisional y el nivel de efecto probable sobre la biota; mientras que las estaciones B4 (frente a la playa del Cerro) y B5 (frente al Arroyo Pantanoso) presentan valores promedio de plomo comprendidos entre ambos límites y valores promedio de cromo superiores a los de nivel de efecto probable.

En todas las estaciones a 200 m con excepción de Z5 (frente a Ramírez), se encontraron valores de cromo y plomo por debajo de los valores guía. En el caso de Z5, los valores de plomo están comprendidos entre ambos límites antes mencionados. En las estaciones de influencia de descarga de los emisarios: sólo se encontraron valores superiores al valor guía en el punto de muestreo correspondiente a los difusores (Emis PC), que presenta valores de plomo entre ambos límites. En todas las estaciones lejanas se presentaron valores de cromo y plomo menores a los valores guía.

En este trabajo se realizaron dos ensayos biológicos: ensayo de agua y elutriado de sedimentos con *Vibrio fisheri* y el ensayo de sedimento entero con *Hyalella curvispina*. Los

resultados dentro de la zona de la Bahía con excepción de B5, pautan muy alta toxicidad sólo para el ensayo con *Hyalella*. Esto puede explicarse debido a que los tóxicos presentes en el sedimento están principalmente asociados a materia orgánica y/o la fracción limo-arcilla, no integrando la fracción soluble que se analiza con el ensayo *Microtox*. En la zona de influencia directa del emisario de Punta Carretas, puntos C3N; PC; C3E y C3S, muestran un marcado efecto confirmado para ambos ensayos realizados, y por tanto se puede concluir que es una zona fuertemente impactada.

Fuera de estas zonas bien definidas se pueden identificar algunos puntos aislados donde se advierte una respuesta importante del bioensayo de *Hyalella. E*stos puntos son ZZopa (frente a playa de la Zoppa) y Z11 (frente a Santa Catalina), en donde podría existir un arrastre de materiales transportados por la cañada Della Zoppa y un desague de saneamiento.

Los puntos Z1 (Carrasco), Z4 (Pocitos), Z12 (Pajas Blancas) y L7 (Punta Espinillo) presentan en el ensayo de *Hyalella*, valores que podrían estar indicando una alteración del ecosistema de menor magnitud que en los puntos anteriores, aunque debe de confirmarse esta tendencia con nuevos ensayos.

5. METODOLOGÍA ANALÍTICA

Para realizar las determinaciones se utilizaron los siguientes métodos e instrumentos:

- pH: pH-metro Orion, modelo 420 A. "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*" (APHA-AWWA-WPCF, 21st Ed., 4500 H^+ B)
- Potencial Redox: Medida utilizando pH-metro Orion, modelo 420 A. *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* (APHA-AWWA-WPCF, 21st Ed., 2580 B).
- Grasas y Aceites: Método de extracción Soxhlet. *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* (APHA-AWWA-WPCF, 21st Ed., 5520 D).
- Demanda Bioquímica de Oxígeno: *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* (APHA-AWWA-WPCF, 21st Ed., 5210 B).
- Demanda Química de Oxígeno: Método colorimétrico, de reflujo cerrado. *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* (APHAAWWA- WPCF, 21st Ed., 5220 D).
- Metales Pesados: Método espectrofotométrico de absorción atómica, electrotérmico *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* (APHA-AWWA-WPCF, 21st Ed., 3113 B)
- Nitrógeno amoniacal: *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* (APHA-AWWA-WPCF, 21stEd., 4500-NH3-F)
- Fósforo total: *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* (APHA-AWWA-WPCF, 21st Ed., 4500-P-H).
- Sólidos sedimentables: Método volumétrico. *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* (APHA-AWWA-WPCF, 21st Ed., 2540 F)
- Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Suspendidos Volátiles: Método gravimétrico. *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* (APHA-AWWA-WPCF, 21st Ed., 2540).
- Coliformes fecales: Procedimiento de filtración por membrana. *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"* (APHA-AWWA-WPCF, 21st Ed., 9222 D).

6. BIBLIOGRAFÍA

APHA 2005. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water 21st. Ed.

Box J.D., 1981. Enumeration of cell concentrations in suspension of colonial freshwater microalgae, with particular reference to Microcystis aeruginosa. British Phycol. Journal, 16: 153-164p.

Box J.D., 1981. Enumeration of cell concentrations in suspension of colonial freshwater microalgae, with particular reference to Microcystis aeruginosa. British Phycol. Journal, 16: 153-164p.

CARP- SHIN- SOHMA, 1990. Estudio para la evaluación de la contaminación en el Río de la Plata. Informe de avance 1989. 422 p. 2 vols, texto: 422 p.

Carpenter S. R. (2005). Eutrophication of aquatic ecosystems: Bistability and soil phosphorus. Environmental Sciences, vol.102, **29**:10002-10005.

Chorus, I & Bartram, J. 1999. Toxic cyanobacteria in water. A guide to public health consequences, monitoring and management. E & FN Spon (Eds.) and WHO. 416p

Feola G., Brena B., Cacho C., Sapelli M. Programa de Monitoreo de cuerpos de agua. Informe 2008. www.montevideo.gub.uy/ambiente/documentos/monitoreoagua08.pdf

Feola G., Brena B., Risso J., Sienra D. Programa de Monitoreo de Agua de Playas y Costa de Montevideo. Informe 2008-2009.

Hoeger S, Hitzfeld B & Dietrich D. 2005. Ocurrence and elimination of cyanobacterial toxins in drinking water treatment plants. Toxicology and Applied Pharmacology 203 231-242.

IMM. Informe Ambiental de Montevideo. 2008.

Kauppi, L. (1990). Hydrology: Water quality changes. **En** Solomon, A.M. and Kauppi, L. (Eds.). Toward ecological sustainability in Europe. International Institute for Applied System Analysis, 43-66 pp, Laxemburg, Austria.

Komarek J, Azevedo S, Domingos P, Komarkova J & Tichý M. 2001. Background of the Caruaru tragedy; a case taxonomic study of toxic cyanobactreria. Algological Studies 103 (Cyanobacterial Research 2) 9-29

Lee RE (1995) Phycology. Cambridge Univ. Press. Cambridge: 645p.

Lorenzen CJ (1967) Determination of chlorophyll and pheopigments. Spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr. 12:343-346.

Marsden M. W. (1989). Lake restoration by reducing external phosphorus loading: the influence of sediment phosphorus release. Freshwater Biol. **21**: 139-162.

Melack J. M. (1995). Transport and transformation of P, fluvial and lacustrine ecosystems. **En** Tiessen H. (Ed.). Phosphorus in the Global Environment, Cycles and Management. SCOPE. J.Wiley & Sons Ltd.

Monteiro M.I.C., Ferreira F.N., de Oliveira N.M.M., Avila A.K. (2003). Simplified versión of the sodium salicylate method for analysis of nitrate in drinking waters. Analytica Chimica Acta 477: 125-129.

OMS, 1998. Guías para ambientes seguros en aguas recreativas. Vol. 1: Aguas costeras y aguas dulces. Capítulo 4. Aspectos microbiológicos de la calidad del agua.

OMS, 1998. Guías para ambientes seguros en aguas recreativas. Vol. 1: Aguas costeras y aguas dulces. Capítulos 6 y 7. Algas y Cianobacterias.

OMS, 1998. Guías para ambientes seguros en aguas recreativas. Vol. 1: Aguas costeras y aguas dulces. Capítulo 11. Monitoreo y Evaluación.

OMS, 1998. Guías para ambientes seguros en aguas recreativas. Vol. 1: Aguas costeras y aguas dulces. Capítulos 6 y 7. Algas y Cianobacterias.

OMS, 1998. Guías para ambientes seguros en aguas recreativas. Vol. 1: Aguas costeras y aguas dulces. Capítulo 11. Monitoreo y Evaluación.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (1986). Water pollution for fertilizers and pesticides. OECD, Paris, France, 144 pp.

Rai H (1980) Some problems in determination of photodynthetic planktonic pigments and their decomposition products. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 14:3313

Ryding S., Rast W. (1989). El Control de la Eutrofización en Lagos y Pantanos. UNESCO. Ed. Pirámide, Madrid. 374 pp.

Sienra D. & R. Piaggio 2004. Floraciones de cianobacterias durante el verano de 2004. Informe interno. Laboratorio de Higiene Ambiental- Intendencia Municipal de Montevideo.

Sivonen K, Niemela S, Niemi R, Lepisto L, Luoma T & Rasanen L. 1990. Toxic cyanobacteria (blue-green algae) in Finnish fresh and coastal waters. Hydrobiologia 190: 267-275.

Søndergaard M., Jensen J. P., Jeppesen E. (2001). Retention and internal loading of phosphorus in shallow, eutrophic lakes. The Scientific World **1**: 427-442.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005). APHA-AWWA-WEF, 21st Ed., 1060pp.

United States Environmental Protection Agency (2008). Office of Research and Development/Office of Water. National Coastal Condition Report III. EPA/842-R-08-002.

Valderrama J.C. (1981). The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in

natural waters. Mar. Chem. 10: 109-122.

Wilson M. A., Carpenter S. R. (1999). Economic valuation of freshwater ecosystem services in the United States, 1977-1997. Ecological Applications **9**: 772-783.

World Health Organization. Guidelines for cholera control. Geneva, Switzerland: World Health Organization, Programme for Control of Diarrhoeal Disease, 1991. (WHO/CDD/SER/80.4 rev. 2 (1991)).

http://agenda.montevideo.gub.uy/proyecto/1681

http://www.bvsde.paho.org/CDGDWQ/docs_microbiologicos/Indicadores%20PDF/Enterococos%20intestinales.pdf

www.dinama.gub.uy (Sitio web de la Dirección Nacional de Medio Ambiente)

http://www.montevideo.gub.uy/ciudadania/desarrollo-ambiental/documentos

http://www.montevideo.gub.uy/ciudadania/desarrollo-ambiental/playas

http://www.montevideo.gub.uy/ciudadania/desarrollo-ambiental/saneamiento

ANEXO I. RESULTADOS ANALÍTICOS DE LOS PARÁMETROS ESTUDIADOS

ANEXO I-a. GRÁFICOS DE PUNTOS PARA EL ESTUDIO DE NUTRIENTES

ANEXO II. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

ANEXO III. RESULTADOS DE BIOENSAYOS

ANEXO IV. DECRETO 253/79 Y MODIFICATIVOS POSTERIORES

ANEXO V. GEORREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN DE MUESTRA