



**Intendencia de Montevideo**

Desarrollo Ambiental

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

# **Estudio de la calidad de agua, sedimento y biota del Río de la Plata**

**Informe preliminar de  
Evaluación de la calidad del agua y sedimentos durante la construcción  
del emisario**

**Julio 2015 - junio 2016**



**Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental**

**Departamento de Desarrollo Ambiental**

**Intendencia de Montevideo**



**Intendencia de Montevideo**

Desarrollo Ambiental

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

## **AUTORIDADES GOBIERNO DEPARTAMENTAL**

Sr. Intendente  
Daniel Martínez

Sr. Secretario General  
Fernando Nopitsch

Sr. Director General del Departamento de Desarrollo Ambiental  
Óscar Curutchet

Sr. Director de la División Saneamiento  
Danilo Ríos

Sr. Coordinador Técnico del Departamento de Desarrollo Ambiental  
Jorge Alsina

Sra. Directora del Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental  
Gabriella Feola

### **Autores del Informe / Colaboradores:**

Gabriella Feola  
Beatriz Brena  
Gustavo Saona  
Daniel Sienra  
Jimena Risso  
Bruno D'Alessandro  
Cristina Cacho  
Adriana Rodríguez

Cabe destacar la valiosa colaboración de todos los integrantes de la Unidad de Calidad de Agua y de la Unidad Área Analítica, así como de los pasantes, estudiantes de las Facultades de Ciencias, Química, e Ingeniería en la realización de los muestreos de agua y los análisis correspondientes.

### **Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental**

Camino al Faro s/n, Punta Carretas

CP 11300 - Montevideo Uruguay

Telefax: 598 2 7112406 al 08

[www.montevideo.gub.uy](http://www.montevideo.gub.uy)



**Intendencia de Montevideo**

Desarrollo Ambiental

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

1. ÍNDICE.....	3
2. RESUMEN EJECUTIVO.....	4
2.1 Calidad de Agua.....	4
2.1.1 Playas, Líneas a 200m de la costa (línea Z) y a 2000 m de la costa (Línea L) .....	4
2.1.2 Bahía de Montevideo.....	6
2.2 Calidad de Sedimentos.....	6
2.3 Conclusiones preliminares.....	6
3. INTRODUCCIÓN.....	8
3.1 Factores de variabilidad.....	8
3.2 Objetivos.....	9
4. METODOLOGÍA.....	9
4.1 Frecuencia.....	9
4.2 Puntos de Muestreo.....	10
4.2.1 Agua.....	10
4.2.2 Sedimento.....	11
4.3 Metodología de muestreo.....	13
4.3.1 Agua.....	13
4.3.2 Sedimento.....	14
4.4 Metodología analítica.....	14
4.4.1 Agua.....	14
4.4.2 Sedimento .....	14
4.5 Determinaciones y análisis.....	15
4.6 Análisis estadístico .....	16
5. RESULTADOS.....	17
5.1 Agua.....	17
5.1.2 Comparación entre Punta Yeguas, Bahía de Montevideo y Punta Carretas.....	23
5.2 Sedimentos.....	28
5.2.1 Bioensayos.....	28
6. CONCLUSIONES.....	29
7. REFERENCIAS .....	31
ANEXO I.....	34



## 2. RESUMEN EJECUTIVO

El “Programa de monitoreo de calidad de agua y biota del Río de la Plata” forma parte del Plan de Gestión Ambiental y Social de las obras previstas en el Plan de Saneamiento, Etapa IV, de la Intendencia de Montevideo. Este Plan comprende, entre otras actividades, la construcción de un emisario subacuático hacia el Oeste de la Bahía de Montevideo, con el fin de dar disposición final a los efluentes líquidos de la zona Oeste del Departamento. El Programa de Monitoreo tiene como objetivo la caracterización del sistema antes, durante y después de la construcción de dicho emisario, dando seguimiento a la evolución de los parámetros clave durante la etapa de construcción y operación del mismo, a efectos de verificar que no se afecten los usos ecosistémicos del cuerpo receptor. El estudio, está a cargo del Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental (ECCA).

La primera etapa del estudio llamada de “línea de base”, previa a la construcción del emisario en Punta Yeguas, realizada en el período noviembre 2007- julio 2015, comprendió 39 muestreos de agua y 20 de sedimento. Esta segunda etapa, correspondiente a la fase de construcción del emisario, tiene como objetivo principal el seguimiento en el tiempo de las condiciones ambientales y biológicas que pueden llegar a ser alteradas durante la obra.

Los datos presentados en este primer informe del período de construcción, corresponden a 4 muestreos de agua y 1 de sedimentos realizados por el Servicio ECCA en el período julio 2015 – julio de 2016, en las siguientes fechas: 4 muestreos mas de AGUA (5/11/15, 16/12/15, 16/2/16 y 21/6/16) y 1 muestreo de SEDIMENTOS (16/3/16). La zona de estudio comprende desde la desembocadura del Río Santa Lucía frente al balneario Playa Pascual en el Departamento de San José hasta el Arroyo Carrasco. Los muestreos, se realizaron en embarcaciones privadas, partiendo en forma simultánea desde el Puerto de Montevideo y el Puerto del Buceo.

### 2.1 Calidad de Agua

De igual manera que en los estudios anteriores se verifica que la salinidad presenta características de sistemas mixohalinos con variaciones que responden a los mayores o menores aportes de los ríos Paraná y Uruguay. Se puede observar a su vez que los datos de temperatura obtenidos se corresponden con la zona templada. Como se reporta en los informes anuales de calidad de agua de playas disponibles en el sitio de la Intendencia de Montevideo<sup>1</sup>, las variaciones de salinidad tienen consecuencias en los valores de los indicadores de contaminación fecal así como en la ocurrencia de las floraciones de cianobacterias. Estas floraciones presentan gran relevancia en la zona de estudio siendo mayor su incidencia en las temporadas estivales de menor salinidad, presentándose espumas cianobacterianas de alta toxicidad y concentración de clorofila *a*.

#### 2.1.1 Playas, Líneas a 200m de la costa (línea Z) y a 2000 m de la costa (Línea L)

En el período de estudio (2015-2016) y en concordancia con los antecedentes de la zona, la salinidad presentó un gradiente creciente de Oeste a Este con mayores valores en profundidad que en superficie. En este período, predominó el aporte de agua dulce, lo que se corresponde

1 <http://www.montevideo.gub.uy/servicios-y-sociedad/ambiente/agua>



con valores de mediana de salinidad menores a 10 UPS para la mayoría de los puntos de muestro (1,6 en playas; 1,4 en la línea a 200 m; 1,6 para la línea a 2000 m) . Estos valores son notoriamente menores a los observados en el período del línea de base en toda la zona de estudio y muestran el desplazamiento del frente de salinidad hacia el Este del Departamento. En tanto, la mediana de la turbiedad en este período presentó un valor de 45 NTU para todos los puntos (50 en playas; 45 en la línea a 200 m; 40 NTU para la línea a 2000 m). El valor más bajo de la mediana en playas fue 33 NTU en Ramirez y el mayor 88 NTU en Ingleses, en todos los casos se trata de valores muy superiores a los observados en el estudio de línea de base.

En relación a los nutrientes, los valores de Nitrógeno Total (NT) presentaron valores de mediana elevados en todas las líneas de estudio (0,99 mg/N/L en playas; 1,10 mg/N/L en la línea a 200 m; 0,89 mg/N/L en la línea a 2000 m), notoriamente superiores a los valores observados en el estudio de línea de base y por encima de la referencia internacional para la categoría de calidad pobre de la normativa internacional de referencia utilizada (medias= 0,54 - 0.77 mg/L<sup>2</sup>). Los valores de Fósforo Total (PT) encontrados continúan siendo muy elevados en comparación a la normativa nacional (Clase 3, Decreto 253/79). Las medianas Fósforo Total (PT) en todas las líneas fueron: 126 mg P/L en playas; 96 mg P/L en la línea a 200 m; 92 mg P/L en la línea a 2000 m).

En clorofila las medianas fueron similares al estudio de línea de base (3,6 mg /L en playas; 2,7 en la línea a 200 m; 3,8 µg/L m en la línea a 2000 m). En el estudio de línea de base la mediana de la concentración de Clorofila *a* se encontró por debajo de 5 µg/L, valor límite de la categoría de Buena Calidad de agua (USEPA 2008), con excepción de la playa Carrasco, que superó este límite estando entre 5 y 20 µg/L (categoría Aceptable). Sin embargo en el período 2015-2016, debe destacarse que las medianas de los puntos a 2000 m en el extremo Oeste de la zona de estudio en la zona de la desembocadura del Río Santa Lucía (L8; 6,1 µg/L y L7; 7,5 µg/L) fueron muy superiores a los antecedentes del estudio de línea de base.

Los indicadores de contaminación fecal Coliformes Fecales (CF) presentaron una mediana de 120 ufc/100mL para todos los datos del período 2015-2016. En playas, los menores valores de la mediana se observan en Punta Espinillo (10 ufc/100 ml Pajas Blancas 30 ufc/100 mL, e Ingleses 95 ufc/100 mL) y los mayores valores en Pocitos (1105 ufc/100mL), Malvín (463 ufc/100mL), Cerro (445 ufc/100mL) y Santa Catalina (345 ufc/100 mL). En la línea a 200 m la mediana es de 135 ufc/100mL presentándose los menores valores (5 ufc/100mL) en la zona Oeste, frente a Punta Espinillo y Pajas Blancas respectivamente (Z13 y Z12). Los mayores valores en la línea a 200 m se presentaron en el canal de acceso al puerto, a la salida de la Bahía (Z8, 545 ufc/100mL), frente a playa Verde (Z2, 370 ufc/100mL) y frente a playa Carrasco (Z1, 360 ufc/100mL). En la línea a 2000 m la mediana es de 72 ufc/100mL, encontrándose los mayores valores frente a playa Carrasco (L1, 590 ufc/100mL) y frente al Arroyo Carrasco (L9, 450 ufc/100mL). Todos estos valores son mucho mayores a las medianas del estudio de línea de base.

Los enterococos intestinales presentaron en todas las playas una mediana de 50 ufc/100mL, encontrándose los mayores valores en: Santa Catalina (245 ufc/100mL), Malvín (118 ufc/100mL) y Carrasco (64 ufc/100mL). En la línea a 200 metros, la mediana fue de 30 ufc/100mL destacándose con los mayores valores Z Malv (frente a playa Malvín, 90 ufc/100mL) y en Z8 (en el canal de

2 Rule 62-302.532, Departamento de Protección Ambiental de Florida, para estuarios: Media geométrica anual para NT.



acceso al puerto, 85 ufc/100mL). En la línea L a 2000 metros, la mediana fue de 25 ufc/100mL, presentándose el mayor valor en L4 frente a Santa Catalina (95 ufc/100mL) y L9 (frente al Arroyo Carrasco, 90 ufc/100mL).

En cuanto al oxígeno disuelto, en este período la mediana de todos los datos de las estaciones de monitoreo fue de 7 mg/L. En la Línea L el valor de mediana de oxígeno disuelto fue 8,14 mg/L. Debe destacarse que en profundidad se observaron valores bajos de oxígeno disuelto (2,4 a 2,7 mg/L) en los puntos a 2000 m frente a Malvín (L2), playa Carrasco (L1), y A° Carrasco (L9).

### 2.1.2 Bahía de Montevideo

Debe destacarse que la Bahía de Montevideo presenta niveles de deterioro importantes, tanto en calidad de agua como en sedimentos. Sus valores de coliformes fecales son los más elevados de toda la zona de estudio. Históricamente ha presentado con frecuencia valores puntuales de oxígeno disuelto bajos, si bien se observan valores medios acordes a la normativa nacional de referencia. Se observaron, a su vez, algunos valores puntuales bajos de oxígeno disuelto en estaciones a 200 metros, así como a 2000 metros de la costa.

## 2.2 Calidad de Sedimentos

En este período de estudio no se realizaron análisis de metales. Para las muestras analizadas de bioensayos, sólo se observó toxicidad cuantificable con *V. fischeri* (>17%) en el sitio Bahía 1 y también resultó tóxica para *H. Curvispina*. Los sitios con mortalidad mayor al 25% en el ensayo de *H. curvispina* fueron L5, Bahía 1 (frente al arroyo Miguelete) y Bahía 6 (en el centro de la Bahía). El sitio Bahía 6 además supera el 50% de mortalidad.

## 2.3 Conclusiones preliminares

En consonancia con los antecedentes del Río de la Plata, se verifica que la salinidad presenta características de sistemas mixohalinos con variaciones que responden a los mayores o menores aportes de los ríos Paraná y Uruguay. Se observa a su vez, que los datos de temperatura obtenidos corresponden con la zona templada. Como se reporta en los informes anuales de calidad de agua de playas disponibles en el sitio de la Intendencia de Montevideo<sup>3</sup>, las variaciones de salinidad tienen consecuencias en los valores de los indicadores de contaminación fecal así como en la ocurrencia de las floraciones de cianobacterias. Estas floraciones presentan gran relevancia en la zona de estudio siendo mayor su incidencia en las temporadas estivales de menor salinidad, con espumas cianobacterianas de alta toxicidad y concentración de clorofila *a*.

Uno de los factores que influye fuertemente sobre la cuenca y la costa del Río de la Plata es el fenómeno conocido con el nombre de "El Niño". El mismo se origina con un recalentamiento de las aguas superficiales de la parte central y oriental del Océano Pacífico Ecuatorial, produciéndose cambios atmosféricos que afectan al régimen meteorológico en una gran parte del Océano Pacífico así como también en nuestra región. Como consecuencia se registran variaciones importantes en las temperaturas y en los regímenes pluviales, afectando a la zona de estudio con intensas lluvias, mayores a las normales. Estas fluctuaciones de precipitaciones en toda la cuenca del Río Uruguay - Río Paraná vinculadas con los eventos El Niño – La Niña, producen fuertes

3 <http://www.montevideo.gub.uy/servicios-y-sociedad/ambiente/agua>



**Intendencia de Montevideo**

Desarrollo Ambiental

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

variaciones en la descarga del Río de la Plata y consecuentemente modifican la salinidad, turbidez, carga de nutrientes y materia orgánica en la costa de Montevideo. Según el índice *Oceanic Niño Index (ONI)* (<http://ggweather.com/enso/oni.htm>) el fenómeno del Niño en el período de estudio (2015-2016), fue clasificado como MUY FUERTE. El caudal del Río Uruguay en la represa de Salto Grande en el período estival (noviembre 2015 -marzo 2016), fue el mayor de los últimos 15 años, superando al del verano 2009-2010.

Por lo tanto los datos de salinidad, turbiedad y nutrientes son consistentes con un año en el que el fenómeno del Niño se presentó con alta intensidad. En cuanto a los elevados valores registrados para los indicadores de contaminación fecal en la costa, en el período 2015-2016, los mismos son también característicos de años en los que el caudal en la cuenca es importante, predominando bajas salinidades, frecuentes vertimientos de saneamiento a la costa e ingreso de agua de mar a los vertederos debidas a lluvias y tormentas. También se observaron elevados valores de clorofila y microcistinas que reflejan la importante incidencia de las floraciones de cianobacterias en la temporada estival 2015-2016.



### 3. INTRODUCCIÓN

El Río de la Plata, posee un área de 35.500 km<sup>2</sup>. Está formado por la confluencia de dos de los ríos más importantes de Sudamérica, el Paraná y el Uruguay, que aportan en conjunto a una descarga media del orden de los 22.000 m<sup>3</sup>/s, ubicándose en cuarto y quinto lugar en el mundo en descarga fluvial y área de drenaje, respectivamente ([www.ecoplata.org](http://www.ecoplata.org)).

El viento en el Río de la Plata es el principal forzante de la circulación y presumiblemente uno de los principales forzantes de la turbiedad, afectando la dinámica en todas las escalas. Los vientos dominantes durante todo el año son del norte y noreste (velocidad media de 5 m/s). En invierno prevalecen los vientos del suroeste (velocidad media de 5 m/s) durante el pasaje de los frentes fríos, mientras que en verano la dirección predominante es del sureste, "sudestadas" produciendo inundaciones en el Río de la Plata Superior con una frecuencia de ocurrencia de 2 a 3 eventos por año ([www.ecoplata.org/documentos](http://www.ecoplata.org/documentos)). El Pampero es el pasaje de un viento frío (viento frío con ráfagas), proveniente de la Antártida o más exactamente desde el anticiclón antártico, por lo tanto es una masa de aire polar, que sopla desde el sur o el sudoeste de Argentina hasta las pampas de Argentina, Uruguay y Brasil. ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

Se reconocen en el Río de la Plata dos grandes regiones, siendo la Barra del Indio la barrera geomorfológica natural que lo divide en la zona interior y otra exterior. La región interior presenta características fluviales (Salinidad entre 0 y 2, en la escala práctica de salinidad) y profundidades de hasta 10 metros. En tanto, en la zona exterior predominan condiciones salobres a marinas (Salinidad 3 - 30), con profundidades que van desde los 10 a los 20 metros (CARP 1989).

#### 3.1 Factores de variabilidad

En la zona costera, los principales factores que influyen sobre la circulación del Río de la Plata son la descarga fluvial de sus tributarios, la marea oceánica y los vientos que soplan sobre la superficie del agua. La marea presenta amplitudes bajas, generalmente menores que 1 m, por lo cual se lo clasifica como un sistema micromareal. A medida que avanza a lo largo de la plataforma, la energía ingresa al sistema principalmente por el sudeste. El régimen es mixto, predominantemente semidiurno.

Otro de los factores que influye fuertemente sobre la costa del Río de la Plata son las fluctuaciones del caudal de toda la cuenca del Río Uruguay - Río Paraná, que a su vez están vinculadas con los eventos El Niño – La Niña. Las mismas determinan variaciones en la descarga del Río de la Plata y producen cambios de salinidad, turbidez, carga de nutrientes y materia orgánica en la costa de Montevideo. El Niño es un fenómeno natural caracterizado por el calentamiento anormal de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial central y oriental. En promedio, se produce de cada dos a siete años y puede durar hasta 18 meses. Durante los episodios de El Niño, los patrones normales de precipitaciones y de circulación atmosférica tropical se ven perturbados, desencadenando eventos climáticos extremos en todo el planeta (<http://www.fao.org/el-nino/es/>).

Del mismo modo, pero de forma inversa se observó la presencia de eventos LA NIÑA, produciendo importantes sequías en la región. (ONI: *Oceanic Niño Index*),





**Intendencia de Montevideo**

Desarrollo Ambiental

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

(<http://ggweather.com/enso/oni.htm>).

Durante el período de estudio de este informe (junio 2015-junio 2016) según indica ONI se desarrolla una etapa de "El Niño", alcanzando su máximo de 2,3 en el trimestre noviembre-diciembre-enero "muy fuerte" disminuyendo a 0,1 para el trimestre mayo-junio- julio 2016. Durante el apogeo de este episodio de El Niño su intensidad fue comparable a la de los fuertes episodios de 1982/1983 y 1997/1998; (<http://www.meteorologia.com.uy/reportes/dcd/divulg1.pdf?1470060071>) "El niño Muy Fuerte" (<http://ggweather.com/enso/oni.htm>).

### 3.2 Objetivos

El programa de monitoreo del Río de la Plata se ha diseñado para dar seguimiento al comportamiento de variables físicas, químicas y bióticas, en las distintas etapas del Plan de Saneamiento IV, siendo sus objetivos:

- Realizar una caracterización de la zona de estudio y aportar información sobre calidad del agua, sedimentos y biota que permita definir una "línea de base" antes de la construcción del emisario de Punta Yeguas.
- Detectar variaciones en dichos parámetros, generadas por la construcción y operación del emisario Punta Yeguas.

El Programa comprende el estudio de la calidad de las aguas del Río de la Plata en la zona costera, desde la desembocadura del Río Santa Lucía hasta la desembocadura del A° Carrasco, así como de la Bahía de Montevideo, desde la zona de playas hasta una distancia de 2000 metros de la costa y su evolución en función de las obras desarrolladas.

En este informe se procesa la información y reportan los datos durante la fase de construcción del emisario, realizado por el Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental desde julio 2015 hasta junio 2016 .

## 4. METODOLOGÍA

La coordinación y ejecución de este estudio está a cargo del Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental e incluye muestreos y determinaciones analíticas (en campo y en laboratorio) de diversos parámetros en la columna de agua y en sedimentos.

Los muestreos son realizados con embarcaciones privadas y se utilizan dos en forma simultánea: una que realiza la toma de muestras desde la Bahía de Montevideo hasta la desembocadura del Río Santa Lucía y la otra desde la Bahía hasta el Arroyo Carrasco.

En los ítems 4.1 a 4.4 (frecuencia, estaciones de muestreo y análisis) se describen los detalles de la metodología utilizada.

### 4.1 Frecuencia

Se realizaron cuatro muestreos de agua y uno de sedimento en el período de evaluación durante la construcción del emisario.



## 4.2 Puntos de Muestreo

Para seleccionar los puntos de monitoreo se tuvieron en cuenta las características del Río de la Plata en la zona de futura descarga del emisario proyectado en Punta Yeguas, la descarga existente a través del emisario de Punta Carretas, el comportamiento de dicha descarga, así como los aportes de la Bahía de Montevideo y los principales cursos de agua que desembocan en la zona de estudio.

En la Tabla 4.1 se presentan las estaciones de muestreo en agua y en la Tabla 4.2 las estaciones de muestreo en sedimento.

### 4.2.1 Agua

Zona	Nº Puntos	Estaciones
Playas	9	Punta Espinillo (PE), Pajas Blancas (PB), Santa Catalina (SC), Cerro (PA), Ramírez (RAM), Pocitos (POC), Malvín (MAL), Ingleses (ING), Carrasco (CAR).
200 metros	12	Carrasco (Z1), Verde (Z2), Malvín (Zmal), Pocitos (Z4), Ramírez (Z5), Calle Paraguay (Z6), canal de acceso al puerto (Z8), Cerro (Z9), Dellazoppa (Z Zoppa), Santa Catalina (Z11), Pajas Blancas (Z12) y Punta Espinillo (Z13).
2000 metros	10 puntos	Carrasco (L1), Malvín (L2), Paraguay (L2B), Cerro (L3), Dellazoppa (L4), Pajas Blancas (L5), Punta Espinillo (L6), Santa Lucía (L7), Playa Pascual (L8), Aº Carrasco (L9).
Emisarios	7 puntos	C3N, C3S, C3E, C3W, P. EMIS y PY.
Bahía	4 puntos	B1, B4, B5, B6.

**Tabla 4.1.** Estaciones de muestreo en monitoreo de agua.



#### 4.2.2 Sedimento

Zona	Nº Puntos	Estaciones
200 metros	6	Zmal, Z4, Z5, Z9, Z11, Z12.
2000 metros	10	L1, L2, L2B, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, BB (Boya Barro, descarga de dragado)
Emisarios	2	PC y PY.
Bahía	4	B1, B4, B5, B6.

**Tabla 4.2.** Estaciones de muestreo en monitoreo de sedimento.

Los puntos B2 y B3 se tuvieron que eliminar por cambios en la dinámica de la bahía interior debido a la construcción de la nueva plataforma que impide la navegación. A su vez se creó un nuevo punto intermedio en el centro de la Bahía (B6).

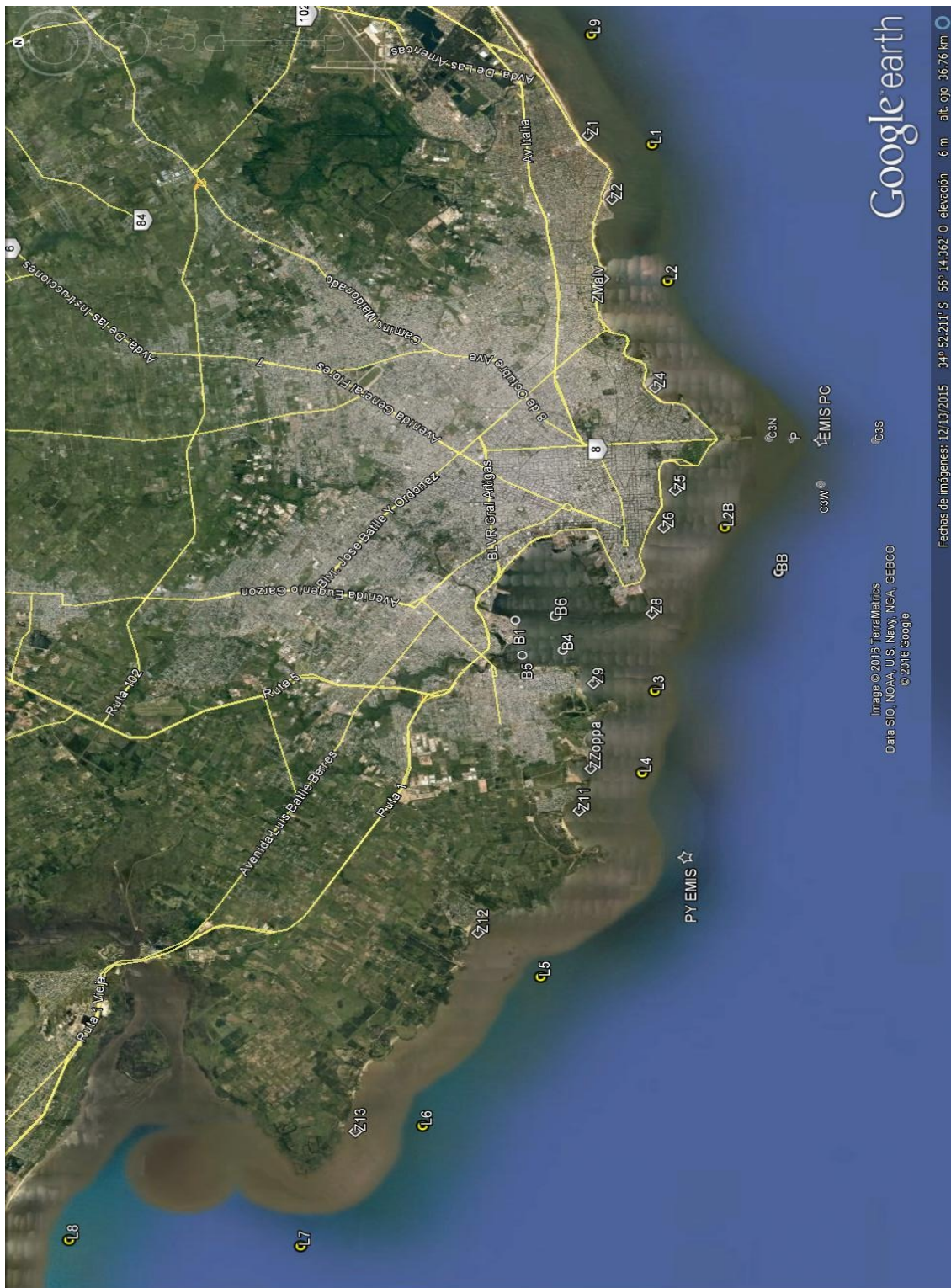
La lista de las estaciones de muestreo por cada zona y sus coordenadas geográficas se presenta en el Anexo I. En la figura 4.1 se representan todas las estaciones de muestreo de agua y sedimento.



**Intendencia de Montevideo**

Desarrollo Ambiental

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL



**Figura 4.1.** Ubicación de los puntos de muestreo de agua y sedimento en la zona de estudio



## 4.3 Metodología de muestreo

### 4.3.1 Agua

Se extraen muestras de agua en superficie y de profundidad en todas las estaciones detalladas en el punto 4.2.1, excepto en las estaciones en “playa” en donde se extrae solo en superficie. Para la extracción de las muestras destinadas al análisis microbiológico se utilizan frascos previamente esterilizados. La toma de las muestras superficiales se realiza directamente, mientras que las muestras de profundidad son extraídas con botellas adecuadas para el muestreo.

En el caso de las muestras para análisis fisicoquímicos, se realiza la extracción con frascos de un litro y las muestras de profundidad son extraídas con botella *Kemmerer*. Para realizar las determinaciones de nutrientes y metales, la toma de muestra se realiza en frascos previamente tratados de acuerdo a las exigencias de las técnicas respectivas. Con el objetivo de prevenir cambios debidos a la incidencia de la luz solar, las muestras destinadas al análisis de clorofila *a* son extraídas en frascos de color negro. Los datos fisicoquímicos de campo (temperatura, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto) son tomados con los multiparámetros marca *YS*/ modelo Pro 2030. La dirección e intensidad de viento son medidas con anemómetro y brújula manual.



**Figura 4.2.** Trabajo de campo



### 4.3.2 Sedimento

Se extraen muestras de sedimentos en todas las estaciones mencionadas en 4.2.2. Las muestras destinadas a la determinación de metales y bioensayos son extraídas con muestreador *Corer* en tubo de PVC de 5 cm de diámetro o con draga tipo *van Veen* y colocadas en bolsas de plástico.

## 4.4 Metodología analítica

### 4.4.1 Agua

- Clorofila *a*: Procedimiento espectrofotométrico SMEWW, 22nd Ed, Met. 10200H
- Coliformes fecales: Procedimiento de filtración por membrana. SMEWW, 22 nd Ed. Met. 9222 D
- Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW, 22nd Ed. Mét.5210-B
- Enterococos: método EPA 1600, Procedimiento de filtración por membrana utilizando medio MEI.
- Grasas y Aceites: Método de extracción Soxhlet. SMEWW, 22<sup>nd</sup> Ed. Mét. 5520 D
- Microcistinas: Inmunoensayo ELISA de inhibición utilizando un anticuerpo policlonal, a través de un convenio de la IMM con la Facultad de Química, Universidad de la República. (Brena B.M. *et al.*, 2006, Pirez et al, 2013).Revisar
- Nitrógeno amoniacal: ASTM D6919-03, 2003
- Nutrientes:Nitrógeno total Kalff & Bentzen 1984, Fósforo total SMEWW, 22<sup>nd</sup> Ed. Mét. 4500-P D
- pH: SMEWW, 22<sup>nd</sup> Ed. Mét.4500-H+
- Conductividad: SMEWW, 22<sup>nd</sup> Ed. Mét. 2510 B. utilizando la escala práctica de salinidad (EPS).
- Sólidos Suspendidos Totales: Método gravimétrico. SMEWW, 22<sup>nd</sup> Ed. Mét. 2540 D
- *Vibrio fisheri*: Ensayo de agua según la norma Environmental Canada, 1RM24.Revisar

### 4.4.2 Sedimento

#### **Metales Pesados**

Preparación y extracción: las muestras de sedimentos frescos y refrigerados que llegan al laboratorio se secan a 105 °C, se procesan en mortero y se tamizan (63 micras), previamente a su extracción y análisis. La extracción se realiza con ácido nítrico asistida con microondas según



Método EPA, Procedimiento 3051 (Extracción de metales mediante microondas). Los análisis de metales se realizan según el método espectrofotométrico de absorción atómica electrotrémico "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA-AWWA-WPCF, 21st ed., 3113 B).

### **Bioensayos**

Ensayo de elutriado de sedimentos con *Vibrio fischeri* según protocolo "Solid-Phase Test" (Microtox® 4.1). La preparación consiste en mezclar 7g de la muestra en 35ml (1g/5ml) de diluyente (solución salina 2%NaCl) con agitador magnético durante 10 minutos. Luego se mantiene 24 horas a 4°C, en heladera, para que precipiten las partículas previo a su análisis. Se considera una muestra tóxica cuando la inhibición de la emisión de luz es mayor de 17% (Environment Canada, 1992).

Ensayo de sedimento entero con *Hyalella curvispina* se realizó siguiendo las pautas de cultivo de Somma *etal.* (2011) y para el bioensayo se adaptó protocolo de *Hyalella azteca* (Environment Canada, 2013) y si siguieron recomendaciones para la especie (García *etal.*, 2010; Di marzio *etal.*, 1999).

ITR.PQAR: Instrucción de trabajo para el cultivo y alimentación de anfípodos.

ITR.PQAR: Instrucción de trabajo para el procesamiento estadístico de los resultados de ensayos de toxicidad de sedimentos con anfípodos del género *Hyalella*.

PEC.PQAR:14/05/2008. Procedimiento de ensayo con tóxico de referencia con anfípodos del género *Hyalella spp.*

### **4.5 Determinaciones y análisis**

En la Tabla 4.3 se resumen los parámetros que se relevan en campo así como las determinaciones realizadas en el Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental.

Estudios realizados en campo y en laboratorio		
	Determinaciones en Agua	Determinaciones en Sedimento
Parámetros Físicoquímicos	pH Oxígeno Disuelto Salinidad Conductividad Turbiedad Temperatura Disco Secchi Sólidos Suspendidos Totales	
Parámetros Microbiológicos	Coliformes Fecales Enterococos	



Parámetros Orgánicos	DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) Grasas y Aceites (1)	
Nutrientes (2)	Nitrógeno Total Fósforo Total Amonio	
Metales		Plomo, Cromo
Otros	Clorofila <i>a</i> Feofitina Microcistinas	
Bioensayos	<i>Vibrio fischeri</i> (Microtox®)	<i>Hyalella curvispina</i> <i>Vibrio fischeri</i> (Microtox®)
Datos Meteorológicos	Dirección e intensidad de viento	

(1) Grasas y aceites se analiza solo si visualmente se detecta su posible presencia.

(2) A partir del año 2011 se incorporaron las determinaciones de ortofosfato y nitrato en columna de agua.

**Tabla 4.3.** Estudios realizados en campo y laboratorio, se incluyen los parámetros medidos tanto en agua como en sedimento.

#### 4.6 Análisis estadístico

La distribución de los datos por sitio de muestreo se representó mediante gráficos con barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor. La elección de éste tipo de gráficos se debió a que en este período se cuenta con un bajo número de muestras ( $N \leq 5$ ), por lo cual es imprecisa la estimación de otros percentiles.

En los gráficos para el Fósforo Total ( $25 \mu\text{g P/L}$ ) y Coliformes Fecales ( $2000 \text{ ufc}/100\text{mL}$  valores puntuales) se trazó una línea de referencia marcando el valor normativo (Decreto 253/79 y modificativos); en el caso de Enterococos ( $200 \text{ ufc}/100\text{mL}$ ), por falta de normativa aprobada, se tomó el límite de la propuesta de modificación del Decreto del grupo GESTA AGUA (versión consolidada de 2008), y en Clorofila *a* ( $5$  y  $20 \mu\text{g/L}$ ) de acuerdo a pautas internacionales (USEPA, 2008)





## 5. RESULTADOS

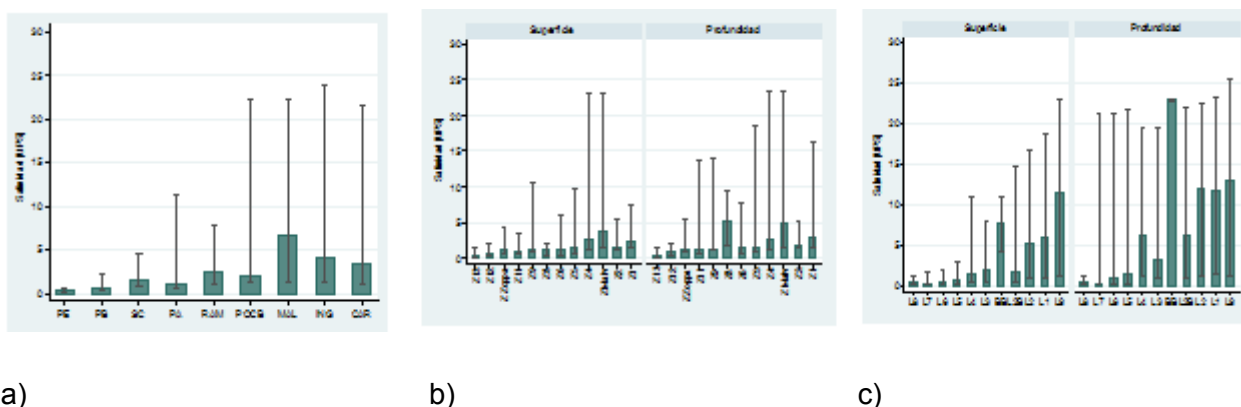
### 5.1 Agua

En el período julio 2015-junio 2016 se realizaron cuatro muestreos en las fechas 5/11/15, 16/12/15, 16/2/16 y 21/6/16.

#### 5.1.1 Playas, Línea Z y Línea L.

##### **Salinidad**

Los valores de salinidad registrados en el sistema estudiado reflejan condiciones de zonas caracterizadas como mixohalinas, con variaciones que responden a los mayores o menores aportes de los ríos Paraná y Uruguay. Como se reporta en los informes anuales de calidad de agua de playas estas variaciones pueden tener influencia en los valores de los indicadores de contaminación fecal así como en la ocurrencia de las floraciones de cianobacterias tóxicas. Los años con baja salinidad presentan mayores valores de coliformes fecales y mayor frecuencia de floraciones de cianobacterias



**Figuras 5.1 a, b y c.** Salinidad en los puntos de muestreo de: playas (a), Línea Z (b) y Línea L (c), en el período julio de 2015 a junio de 2016. Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.

Durante el período de este informe predominó el aporte de agua dulce en la zona de estudio lo que se corresponde con valores de la mediana de salinidad predominantemente menores a 10 UPS para la mayoría de los puntos de muestro (Figura 5.1). Los valores superiores a 20 UPS observados en BB para profundidad destacan porque sólo se cuenta con dos muestras en el período y coinciden con una situación de mayor salinidad también destacada en otros sitios por los valores máximos registrados.

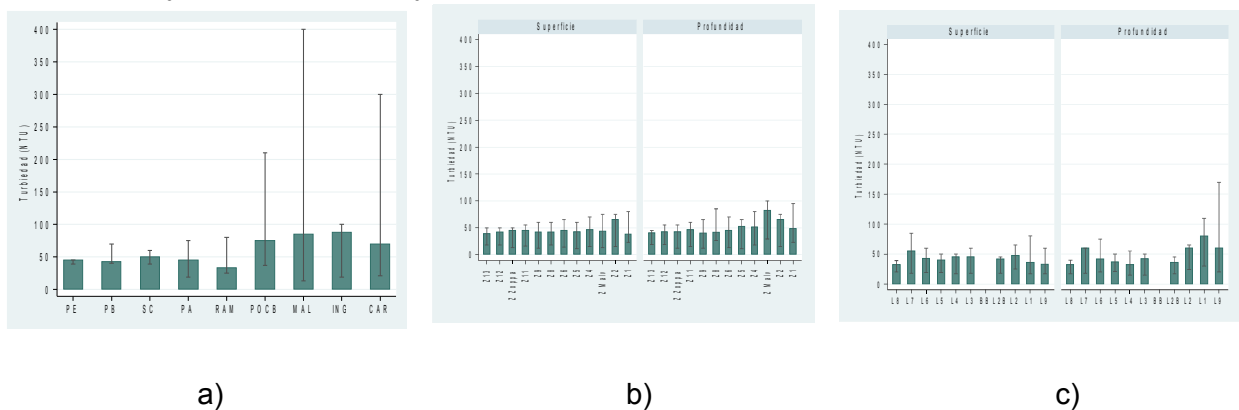
##### **Turbiedad**

Los valores de mediana de turbiedad se encontraron comprendidos entre 20 y 90 NTU, con



valores máximos mayores a 200 NTU en playas de la zona Este (Figura 5.2). La distribución de valores es similar al período de línea de base previo a la construcción del Emisario en donde para la mayoría de los puntos de muestreo los valores de la mediana eran menores a 50 NTU.

En las figuras 5.2 a, b y c se presentan gráficos de barras con las turbiedades en las zonas de muestreo playas (a), línea Z (b) y Línea L (c).



**Figuras 5.2 a, b y c.** Turbiedad en las zonas de muestreo playas (a), Línea Z (b) y Línea L(c) en el período julio de 2015 a junio de 2016. Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.

### Nutrientes

El proceso de eutrofización de cuerpos de agua, originado por el enriquecimiento en nutrientes, ocurre naturalmente en una escala de tiempo de miles de años (OECD, 1986). Las consecuencias de la eutrofización incluyen producción excesiva de fitoplancton y plantas acuáticas, floración de algas tóxicas, aumento de la frecuencia de eventos anóxicos, mortandad de peces y disminución del control descendente del zooplancton sobre el fitoplancton (Søndergaard *et al.*, 2001).

Las variaciones del estado trófico de un cuerpo de agua se pueden estudiar a través de la determinación de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo), oxígeno disuelto y clorofila *a*. La clorofila *a* es el pigmento común a todos los organismos que realizan fotosíntesis con liberación de oxígeno. Su concentración se utiliza como indicador de la biomasa del fitoplancton (Lorenzen, 1967; Rai, 1980) y depende del estado fisiológico de la comunidad, así como de su composición específica (Lee, 1995).

En el reporte de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA, 2008) sobre el estado trófico de todas sus zonas costeras, se utilizan los parámetros clorofila *a*, nutrientes (nitrógeno y fósforo), oxígeno disuelto y turbiedad (expresada como indicador de claridad) para clasificar la calidad de dichos sistemas (Tabla 5.1). Estas categorías de calidad de agua para regiones costeras se utilizan para la evaluación en este informe.



	Buena	Aceptable	Pobre
Fósforo Inorgánico Disuelto (mg/L)	< 0.01	0.01 – 0.05	> 0.05
Nitrógeno Inorgánico Disuelto (mg/L)	< 0,1	0.1 – 0.5	> 0.5
Clorofila a (µg/L)	< 5	5 - 20	> 20
Oxígeno Disuelto (mg/L)	> 5	2 - 5	< 2

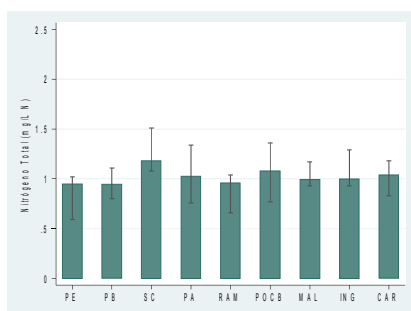
**Tabla 5.1** Categorías de calidad de aguas costeras en relación al estado trófico (USEPA, 2008)

Categorías de evaluación del estado trófico en zonas costeras de Estados Unidos de América de acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental (USEPA, 2008). Valores utilizados en la zona costera este, oeste y Golfo de México.

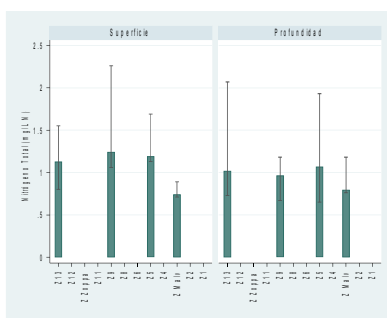
El Nitrógeno total (mg/L) presentó valores del percentil 50 superiores a 0,5 mg/L y próximos o mayores a 1,0 mg/L lo que corresponde con una calidad de agua pobre con síntomas de eutrofización (N total 0,54-0,77 mg/L). Estos niveles de nitrógeno observados se corresponden con los ya observados durante el período de línea de base (Figura 5.3).

Los valores de la mediana para el Fósforo total superan ampliamente el valor de referencia (25 µ P/L) en todos los sitios de muestreo. Se observan valores de mediana del orden de 3 a 6 veces superiores al limite de referencia (Figura 5.4).

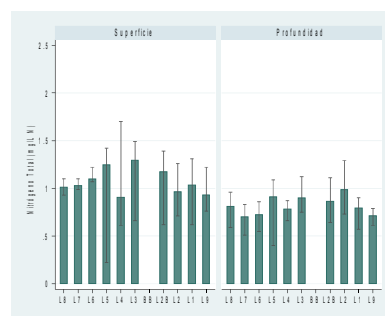
En las figuras 5.3 a, b y c y 5.4 a, b y c se presentan gráficos con los valores de Nitrógeno Total y Fósforo Total respectivamente, en playas (a), línea Z (b) y Línea L (c).



a)

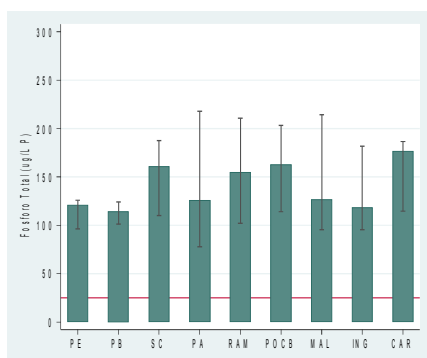


b)

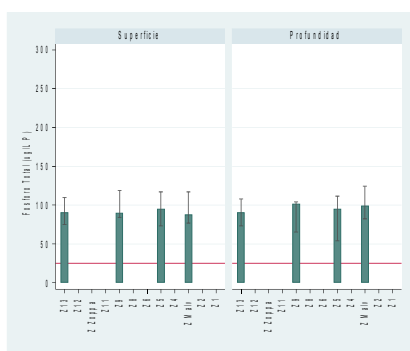


c)

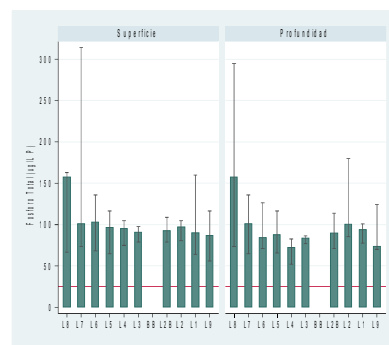
**Figuras 5.3 a, b y c.** Nitrógeno Total en las zonas de muestreo playas (a), Línea Z (b) y Línea L (c) en el período julio de 2015 a junio de 2016. Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.



a)



b)



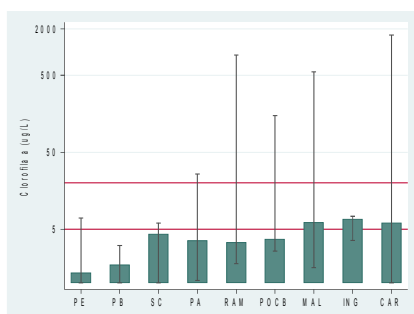
c)

**Figuras 5.4 a, b y c.** Fósforo Total en las zonas de muestreo playas (a), Línea Z (b) y Línea L (c) en el período julio de 2015 a junio de 2016. La línea roja de referencia en los gráficos indica el límite normativo (Clase 3, Decreto 253/79 y modificativos): Fósforo Total (25 µg P/L). Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.

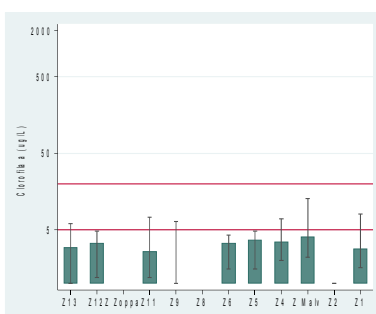
### Clorofila a

Si bien la Clorofila a presentó valores inferiores a 5 µg/L en la mediana de la mayoría de los puntos de muestreo, también se observaron valores extremos (máximos) del orden de 1700 µg/L (Figura 5.5) en el muestreo del mes de febrero de 2016, con presencia de floraciones de cianobacterias. Dicho comportamiento no se había observado hasta los muestreos de este período siendo el valor máximo en el período de línea de base de 393 µg/L.

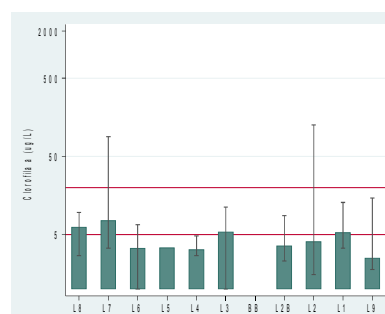
En las figuras 5.5 a, b y c se presentan gráficos de barras y líneas con la clorofila a en las zonas de muestreo playas (a), línea Z (b) y Línea L (c).



a)



b)



c)

**Figuras 5.5 a, b y c.** Clorofila a en las zonas de muestreo playas (a), Línea Z (b) y Línea L (c) en el período julio de 2015 a junio de 2016. Debido a que no existe normativa nacional se toman referencias internacionales, 5 y 20 µg/L; categorías buena y aceptable de calidad de aguas costeras con relación al estado trófico, USEPA 2008. La línea roja de referencia en los gráficos indica el límite normativo. Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.



## Microcistinas

Las microcistinas son cianotoxinas producidas por numerosos géneros de cianobacterias incluyendo, *Microcystis*, de amplia dominancia en el Río de la Plata. Sus efectos tóxicos en seres humanos varían dependiendo de la dosis y la vía de exposición, e incluyen desde efectos dérmicos localizados hasta la carcinogénesis o necrosis hepática.

Desde el inicio de este estudio en el año 2007 y hasta el 11 de noviembre de 2009 inclusive, no se había detectado presencia de floraciones de cianobacterias en los muestreos de línea de base del Río de la Plata. En la temporada estival 2009-2010, en coincidencia con la ocurrencia del fenómeno del Niño, se detectó la presencia de floraciones con alta frecuencia, asociado a las abundantes precipitaciones en la cuenca del Río de la Plata. A partir de diciembre de 2009 se comenzó el monitoreo de microcistinas en este Programa.

Los valores de microcistinas en este período (Tabla 2) se encontraron en general valores no detectables o bajos, correspondientes a la categoría de baja probabilidad de posibles efectos para la salud de los bañistas (máximo 2 µg/L según OMS). Sin embargo, en los muestreos de diciembre y febrero, fueron frecuentes los valores detectables y en algún caso valores correspondientes a muestras con elevado potencial de efectos en la salud de los bañistas.

Área	N	Promedio	Mediana	Mínimo	Máximo
Playas	33	0,51	0,15	0,15	2,7
Línea Z	52	1,1	0,15	0,04	22
Línea L	46	8,2	0,15	0,15	268
Punta Carretas	27	0,97	0,15	0,15	19
Bahía	14	0,19	0,15	0,15	0,44
Punta Yeguas	5	0,15	0,15	0,15	0,15
Total	177	2,7	0,15	0,04	268

**Tabla 5.2** Concentración de microcistinas (µg/L) en las diferentes zonas de muestreo en el período comprendido entre julio de 2015 a junio de 2016. N (número de muestras).

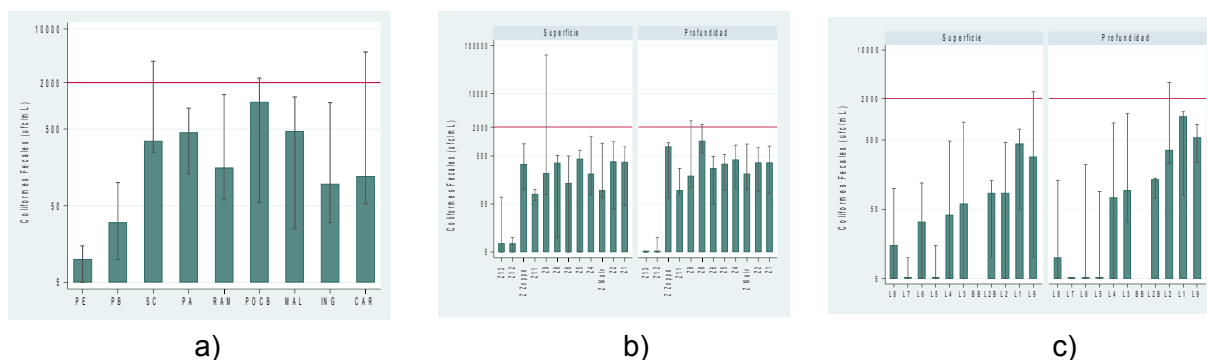
## Coliformes Fecales

Los resultados de coliformes fecales se comparan con el Decreto N°253/79 y modificativos posteriores, con relación a la Clase 3 en base a la Resolución del MVOTMA del 25 de febrero de 2005, correspondiente a Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica. Por lo tanto y de acuerdo a lo definido por la DINAMA, el estándar que debe cumplirse es el siguiente: "No se deberá exceder el límite de 2000 CF/100mL en ninguna de al menos 5 muestras, debiendo la media geométrica de las mismas estar por



debajo de 1000 ufc/100mL".

Los niveles de contaminación fecal son bajos en las playas de la zona Oeste (Punta Espinillo, Pajas Blancas) y se incrementan y mantienen altos desde la playa Santa Catalina hacia el Este superando ocasionalmente el valor límite puntual de 2000 ufc/100ml. Se observan menores niveles en los valores de la mediana para la zona de muestreo a 2000m.



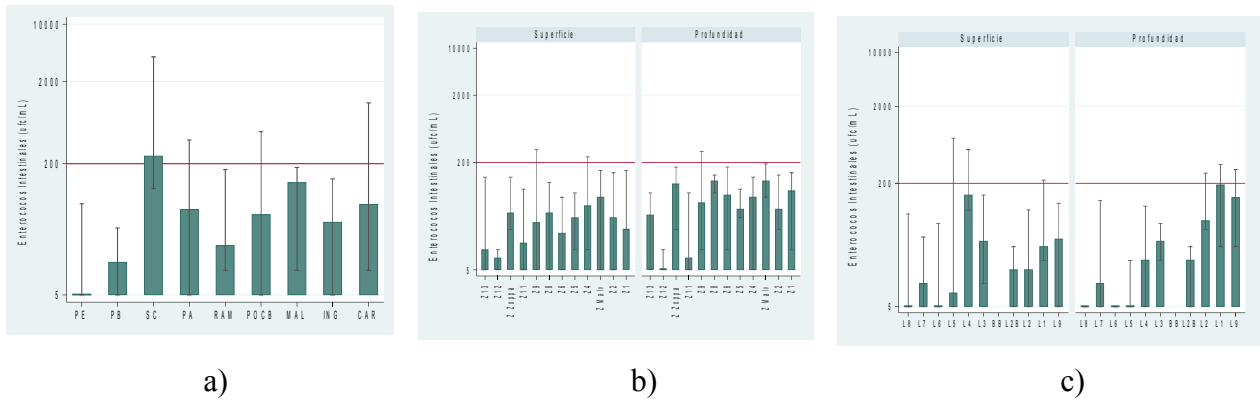
**Figuras 5.6 a, b y c.** Coliformes Fecales en las zonas de muestreo playas (a), Línea Z (b) y Línea L (c) en el julio de 2015 a junio de 2016. La línea roja de referencia en los gráficos indica el límite normativo (Clase 3, Decreto 253/79 y modificativos), Coliformes Fecales valores puntuales 2000 ufc/100mL. Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.

Mayor información sobre calidad de aguas de playas se puede obtener en los informes anuales y de temporada, donde se reportan los resultados de los muestreos sistemáticos realizados en días alternados, en el marco del Programa de Monitoreo de Playas y costa de Montevideo, que se encuentra disponible en la página web de la Intendencia de Montevideo (<http://www.montevideo.gub.uy/servicios-y-sociedad/ambiente/agua/playas>).

### **Enterococos Intestinales**

Los Enterococos presentan un comportamiento similar a los Coliformes fecales con valores más altos a partir de la playa Santa Catalina (Figura 5.7). Dado que el valor de referencia de 200 ufc/100ml corresponde al percentil 95 de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud es de destacar que en varios sitios de muestreo el valor de la mediana (percentil 50) es superior o muy próximo al límite OMS.

En las figuras 5.7 a, b y c se presentan gráficos de barras y líneas con los Enterococos Intestinales en las zonas de muestreo playas, línea Z y Línea L.

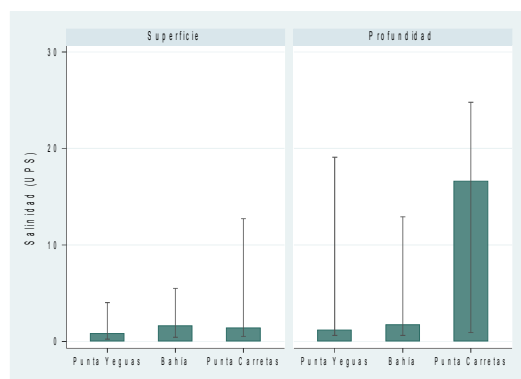


**Figuras 5.7 a, b y c.** Enterococos Intestinales en las zonas de muestreo playas (a), Línea Z (b) y Línea L (c) en el período julio de 2015 a junio de 2016. La línea roja de referencia en los gráficos indica el límite normativo de la propuesta GESTA-AGUA (200 ufc/100mL). Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.

### 5.1.2 Comparación entre Punta Yeguas, Bahía de Montevideo y Punta Carretas

#### Salinidad

En el período de estudio las zonas de Punta Yeguas, Bahía de Montevideo y Punta Carretas registraron bajos niveles de salinidad (<10 UPS). Sólo se observaron niveles mayores a nivel de profundidad en Punta Carretas (Figura 5.8). En la figura 5.8 se presenta un gráfico de barras y líneas con las salinidades en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas.



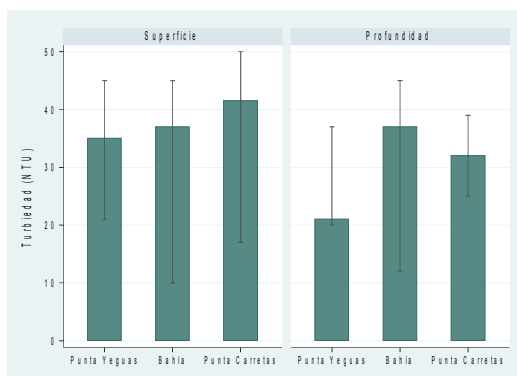
**Figuras 5.8 .** Salinidad en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas en superficie y profundidad en el período julio de 2015 a junio de 2016. Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.



### **Turbiedad**

Los valores de turbiedad registrados en el período de estudio se encuentran dentro del rango de valores observado para cada zona en el período previo a la construcción del emisario

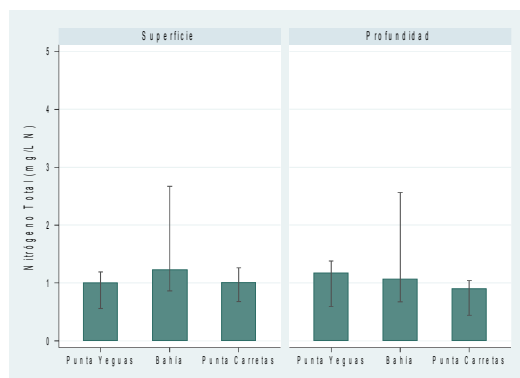
En la figura 5.9 se presenta un gráfico con la turbiedad en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas.



**Figura 5.9** Turbiedad en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas en superficie y profundidad en el período julio de 2015 a junio de 2016. Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.

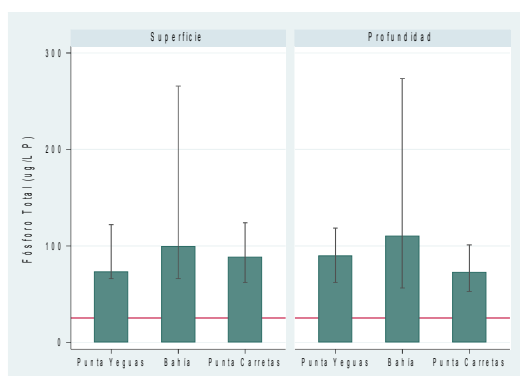
### **Nutrientes**

Los niveles de nutrientes nitrógeno y fósforo total presentan valores muy superiores a las referencias normativas y pautas internacionales (figuras 5.10 y 5.11). dicho comportamiento es el que en general se observa en toda el área de estudio indicando una importante eutrofización. En la figura 5.10 se presenta un gráfico con los valores de Nitrógeno Total en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas.



**Figura 5.10** . Nitrógeno Total en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas en superficie y profundidad en el período julio de 2015 a junio de 2016.

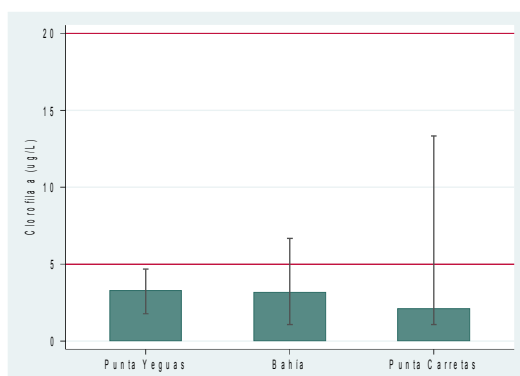




**Figura 5.11** Fósforo Total en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas en superficie y profundidad en el período julio de 2015 a junio de 2016. La línea roja de referencia en los gráficos indica el límite normativo (Clase 3, Decreto 253/79 y modificativos): Fósforo Total ( $25 \mu\text{g P/L}$ ). Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.

### Clorofila a

La clorofila a presentó generalmente bajos valores ( $<5 \mu\text{g/L}$ ) y en el rango esperado para cada zona de estudio. En la figura 5.12 se presenta un gráfico con la clorofila a en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas.



**Figura 5.12** Clorofila a en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas en superficie y profundidad en el período julio de 2015 a junio de 2016. La línea roja de referencia en los gráficos indica el límite de referencia. Debido a que no existe normativa nacional se toman referencias internacionales, 5 y  $20 \mu\text{g/L}$ ; categorías buena y aceptable de calidad de aguas costeras con relación al estado trófico, USEPA 2008. Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.

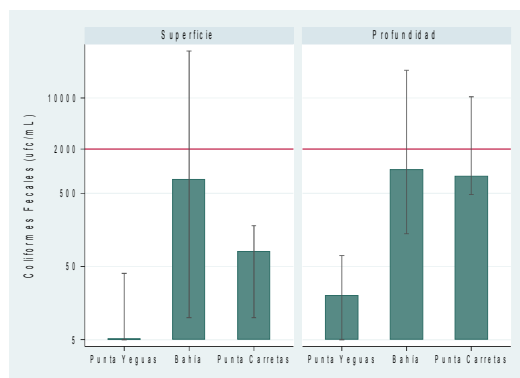
### Coliformes Fecales

En el período de estudio se observaron valores de mediana más bajos que el período anterior para las tres zonas relevadas (Figura 5,14). Se destaca la proximidad entre los valores de



coliformes fecales de la Bahía y Punta Carretas principalmente sobre fondo dado que generalmente existe una diferencia de un orden de 10.

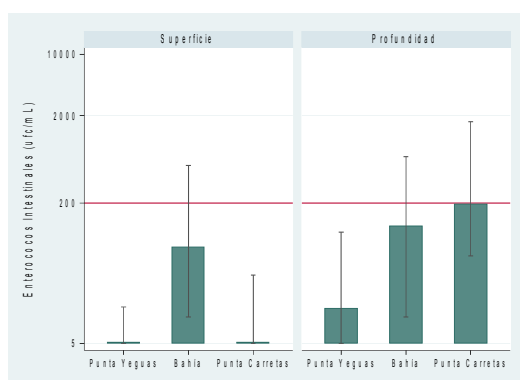
En la figura 5.13 se presenta un gráfico de barras y líneas con Coliformes Fecales en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas.



**Figura 5.13** . Coliformes fecales en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas en superficie y profundidad en el período julio de 2015 a junio de 2016. La línea roja de referencia en los gráficos indica el límite normativo (Clase 3, Decreto 253/79 y modificativos). Coliformes Fecales valores puntuales 2000 ufc/100mL.

### Enterococos Intestinales

Los enterococos superaron ocasionalmente en límite de 200 ufc/100mL y se observó un marcado descenso de los valores en la Bahía respecto del registro histórico. Los valores en Punta Yeguas y Punta Carretas se encuentran en el rango esperado. En las figura 5.14 se presenta un gráfico de barras y líneas con Enterococos Intestinales en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas.

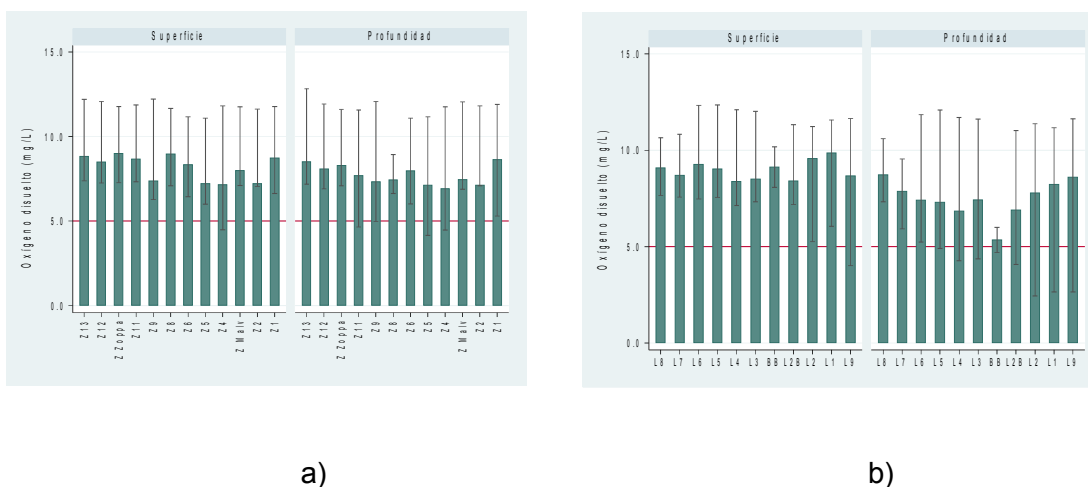


**Figura 5.14** . Enterococos Intestinales en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas en superficie y profundidad en el período julio de 2015 a junio de 2016. La línea roja de referencia en los gráficos indica el límite normativo propuesto por GESTA -Agua.

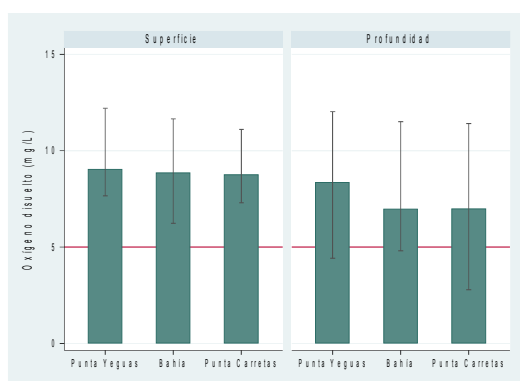


### Oxígeno Disuelto

Los niveles de oxígeno disuelto se han mantenido generalmente sobre el límite de 5 mg/L con algunas excepciones predominantemente de la zona Este y en profundidad (Figura 5.15) el comportamiento del oxígeno disuelto es similar al del período de línea de base, sin embargo existen antecedentes de valores muy inferiores que se han considerado asociados a la muerte masiva de peces. (<http://www.montevideo.gub.uy/sites/default/files/Informe%20Anual%20de%20Calidad%20de%20Agua%20de%20la%20Costa%20de%20Montevideo%202014-2015.pdf>).



**Figuras 5.15.** Oxígeno disuelto en las zonas de muestreo Línea Z (a) y Línea L (b) en el período julio de 2015 a junio de 2016. Gráficos de barras que indican el valor de la mediana y líneas que muestran el rango entre el mínimo y máximo valor.



**Figura 5.15.** Oxígeno disuelto en las zonas de muestreo Punta Yeguas, Bahía y Punta Carretas en superficie y profundidad en el período en el período julio de 2015 a junio de 2016.



### Evolución histórica de la Turbiedad

La mayoría de los valores de turbiedad tanto en superficie como en profundidad se encuentran por debajo de 50 NTU. Se puede observar que en superficie, el verano 2012 - 2013 es el que presenta mayores registros, superando el máximo los 100 NTU.

En profundidad los valores mas altos ocurrieron en el verano 2009 - 2010.

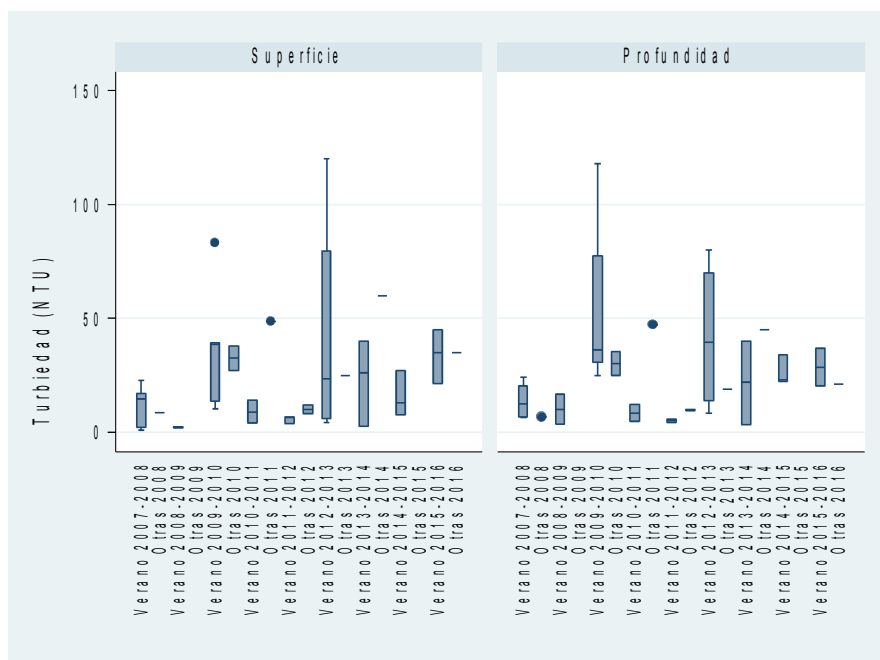


Figura 5.16. Valores de Turbiedad (NTU) en superficie y profundidad desde el año 2007 a la fecha comparando Veranos vs otras estaciones.

## 5.2 Sedimentos

### 5.2.1 Bioensayos

Dado que no se cuenta con normativa aplicable para la interpretación de los bioensayos, los resultados se describen sobre la base del límite de cuantificación referenciado de 17% (porcentaje de reducción de la emisión de luz para *Vibrio fischeri*) y para *Hyalella curvispina* se definieron dos niveles de efecto tóxico (a partir de porcentajes de mortalidad del 25% y 50%).

Para las muestras analizadas sólo se observó toxicidad cuantificable con *V. fischeri* (>17%) en el sitio Bahía 1 (frente al arroyo Miguelete) y también resultó tóxica para *H. curvispina* (Tabla 5.3). Los sitios con mortalidad mayor al 25% en el ensayo de *H. curvispina* fueron L5, Bahía 1 y Bahía 6. El sitio Bahía 6 además supera el 50% de mortalidad (Tabla 5,3).



Sitio	<i>V. fscheri</i>	<i>H. curvispina</i>
L7	-4,6	10
L6	0	***
Z12	-23,8	***
L5	-13,9	46,7
Z11	-33,1	***
PY EMIS	-41,8	10
L4	-15,5	20
Z9	-13,2	***
L3	-21,6	***
BAHIA4	0,8	3,3
BAHIA5	-8,2	30
BAHIA1	31,1	46,7
BAHIA6	-7,5	63,3
Boya del Barro	-44,9	10
L2b	-16,1	6,7
Z5	-0,3	***
EMIS PC	-33,5	23,3
Z4	-17,4	***
L2	-32,3	16,7
L1	-53,5	16,7
L9	-47,5	***

**Tabla 5.3.** Se presentan los resultados de los bioensayos de *V. fscheri* (% inhibición de la emisión de luz) y *H. curvispina* (% de mortalidad) en las muestras de sedimento tomadas el 16 de marzo de 2016. Los sitios de muestreo se ubican en la tabla según su secuencia de Oeste a Este. Los datos faltantes se señalan con \*\*\*.

## 6. CONCLUSIONES

En consonancia con los antecedentes del Río de la Plata, se verifica que la salinidad presenta características de sistemas mixohalinos con variaciones que responden a los mayores o menores aportes de los ríos Paraná y Uruguay. Se observa a su vez, que los datos de temperatura obtenidos corresponden con la zona templada. Los resultados de las variables salinidad y turbiedad muestran una alta variabilidad espacio-temporal condicionada por el movimiento de las masas fluvial y oceánica. De acuerdo con los antecedentes de la zona de estudio, las variaciones del frente de salinidad presentan un gradiente en aumento en dirección Oeste-Este y mayores valores en temporada estival. La turbiedad presenta sus máximos valores en general sobre la



costa Este, así como en profundidad.

Como se reporta en los informes anuales de calidad de agua de playas disponibles en el sitio de la Intendencia de Montevideo<sup>4</sup>, las variaciones de salinidad tienen consecuencias en los valores de los indicadores de contaminación fecal así como en la ocurrencia de las floraciones de cianobacterias. Estas floraciones presentan gran relevancia en la zona de estudio siendo mayor su incidencia en las temporadas estivales de menor salinidad, con espumas cianobacterianas de alta toxicidad y concentración de clorofila *a*.

Uno de los factores que influye fuertemente sobre la cuenca y la costa del Río de la Plata es el fenómeno conocido con el nombre de "El Niño". El mismo se origina con un recalentamiento de las aguas superficiales de la parte central y oriental del Océano Pacífico Ecuatorial, produciéndose cambios atmosféricos que afectan al régimen meteorológico en una gran parte del Océano Pacífico así como también en nuestra región. Como consecuencia se registran variaciones importantes en las temperaturas y en los regímenes pluviales, afectando a la zona de estudio con intensas lluvias, mayores a las normales. Estas fluctuaciones de precipitaciones en toda la cuenca del Río Uruguay - Río Paraná vinculadas con los eventos El Niño – La Niña, producen fuertes variaciones en la descarga del Río de la Plata y consecuentemente modifican la salinidad, turbidez, carga de nutrientes y materia orgánica en la costa de Montevideo. Según el índice *Oceanic Niño Index (ONI)* (<http://ggweather.com/enso/oni.htm>) el fenómeno del Niño en el período de estudio (2015-2016), fue clasificado como MUY FUERTE. El caudal del Río Uruguay en la represa de Salto Grande en el período estival (noviembre 2015 -marzo 2016), fue el mayor de los últimos 15 años, superando al del verano 2009-2010.

Por lo tanto los datos de salinidad, turbiedad y nutrientes son consistentes con un año en el que el fenómeno del Niño se presentó con alta intensidad. En cuanto a los elevados valores registrados para los indicadores de contaminación fecal en la costa, en el período 2015-2016, así como los indicadores de floraciones de cianobacterias (*clorofila a* y microcistinas) los mismos son también característicos de años en los que el caudal en la cuenca es importante, predominando bajas salinidades, frecuentes vertimientos de saneamiento a la costa e ingreso de agua de mar a los vertederos debidas a lluvias y tormentas

Los indicadores de contaminación fecal (Coliformes Fecales y Enterococos Intestinales) tienen sus mayores valores en las cercanías de los aportes de efluentes de origen doméstico, dentro de los que se destacan la Bahía, el emisario de Punta Carretas así como cursos de agua urbanos. En playas, los mayores índices de contaminación fecal se pueden relacionar, en la zona Oeste, a los aportes de cañadas de barrios sin saneamiento (tales como Santa Catalina) y en el extremo Este con el arroyo Carrasco. En tanto, en la zona Media y Este, las playas con mayores valores son las cercanas a la Bahía y al emisario de Punta Carretas. En las demás líneas de estudio a 200 y 2000 metros de la costa, los valores reflejan, principalmente la influencia de la Bahía de Montevideo.

En concordancia con estos antecedentes, los resultados de los dos bioensayos de toxicidad aplicados en sedimentos (ensayo de elutriado de sedimentos con *Vibrio fischeri* y el ensayo de

4 <http://www.montevideo.gub.uy/servicios-y-sociedad/ambiente/agua>



sedimento entero con *Hyalella curvispina*) confirman efectos tóxicos en estaciones de la Bahía de Montevideo.

## 7. REFERENCIAS

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

Biological Test Method: Test for Survival and Growth in Sediment Using the Freshwater Amphipod *Hyalella azteca*. Report EPS 1/RM/33, 123pp.

Brena B.M., Díaz, L., Sienna, D., Ferrari, G., Ferraz, N., Hellman, U., Gonzalez-Sapienza, G., Last JA., (2006); ITREOH Building of Regional Capacity to Monitor Recreational Water: Development of a Non-commercial Microcystin ELISA and Its Impact on Public Health Policy” Int J Occup Environ Health 12, 377–385.

Campos, E. J.; Busalacchi, A.; Garzoli, S.; Lutjeharms, J.; Matano, R.; Nobre, P.; Olson, D.; Piola, A.; Tanajura, C.; Wainer, I. 1999. The South Atlantic and the climate. The Ocean Observing System for Climate, 1999, St. Raphael, France. OCEANOBS99.

Piola, A. R., R. P. Matano, E. D. Palma, O. O. Moller, & E. J. D. Campos (2005), The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic Shelf, Geophys. Res. Lett., 32, L01603, doi:10.1029/2004GL021638.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2002, Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, Environmental Quality Guidelines.

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, 422 p.

CARP 1989. Estudio para la evaluación de la contaminación en el Río de la Plata. Informe de avance.

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

Comisión Mixta de Salto Grande. [www.saltogrande.org/saltogrande/datosgeneracion.htm](http://www.saltogrande.org/saltogrande/datosgeneracion.htm)

Decreto N° 253/79 del Poder Ejecutivo y sus modificativos.

Di Marzio, WD, Sáenz, ME, Alberdi, JL & Tortorelli, MC. 1999. Assessment of the toxicity of stabilized sludges using *Hyalella curvispina* (Amphipod) bioassays. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 63: 654-659.

Environment Canada. 1992. Biological test method: Toxicity test using luminescent bacteria. Report EPS 1/RM/24, 55pp.



Environment Canada. 2013. Biological test method: Test for survival and growth in sediment using the freshwater amphipod *Hyalella azteca*. Report EPS 1/RM/33, 123pp.

Enviroment Canadá, November 1992. Biological Test Method, Toxicity Test Using Luminiscent Bacteria. Report EPS 1/RM/24

García, ME, Rodríguez Capítulo, A & Ferrari, L. 2010. Age-related differential sensitivity to cadmium in *Hyalella curvispina* (Amphipoda) and implications in ecotoxicity studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 73: 771-778.

Gesta Agua- Versión consolidada al 2008- Propuesta de modificación del Decreto 253/79.

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

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 R.E. (1995) *Phycology*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, 645p.

López Laborde, J. (1997). Marco geomorfológico y geológico del Río de la Plata. En Wells, P., y Daborn, G. (Eds.). *El Río de la Plata. Una Revisión sobre su ambiente. Un informe de antecedentes del proyecto EcoPlata*. Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canadá.

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.

(Méndez, S.M., Akselman, R. & Tomas, C.R), "*First report of Heterosigma akashiwo, Fibrocapsa japonica and Chattonella marina var. antiqua in Uruguay*."

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.

Nagy G. y Martínez C., 1996. Series Temporales Geofísicas en la Costa Uruguaya. Country Study Uruguay Project Report. Comisión Nacional de Cambio Global, Montevideo, Uruguay. 15 p.

Nagy G.J., Martínez C.M., Caffera M.R., Pedrosa G., Forbes E.A., Perdomo A.C., López Laborde J. (1997). The Hydrological and Climatic setting of the Río de la Plata. En: Wells P.G., Daborn G.R (eds). Chapter 2, 17-68. *The Río de la Plata. An Environmental Overview. An ECOPLATA Project background Report*. Dalhousie Univ, Halifax, Nova Scotia.





**Intendencia de Montevideo**

Desarrollo Ambiental

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

Nagy G.J., Pshennikov-Severova V., Robatto P. (2001). Variabilidad mensual de la salinidad en Montevideo, zona frontal del Río de la Plata, en respuesta a las fluctuaciones ENOS consecutivas y del caudal del Río Uruguay (1998-2000).

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 photodynamic planktonic pigments and their decomposition products. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 14:3313

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" (APHA-AWWA-WPCF, 21st Ed., 4500 H B.

United States Environmental Protection Agency (2000). Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates, 2<sup>nd</sup> edition EPA/600/R-99/064, 192 pp.

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.

WHO. (2003). Guidelines for safe recreational water environments – Volume 1: coastal and fresh waters. [[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/bathing/srwg1.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwg1.pdf)].

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

[http://www.ecoplata.org/wpcontent/files\\_mf/1426618754ProgramaBinacionalMonitoreonov2014CD05122014.pdf](http://www.ecoplata.org/wpcontent/files_mf/1426618754ProgramaBinacionalMonitoreonov2014CD05122014.pdf)

[http://www.ecoplata.org/documentos/Sostenibilidad de la Gestión Integrada en la Zona Costera del Uruguay Conde D; Gómez M.](http://www.ecoplata.org/documentos/Sostenibilidad%20de%20la%20Gesti%C3%B3n%20Integrada%20en%20la%20Zona%20Costera%20del%20Uruguay%20Conde%20D%20G%C3%B3mez%20M)

<http://www.fao.org/docrep/012/ak340s/ak340s05b.htm>

<http://www.meteorologia.com.uy/ServCli/tendenciasClimaticas>

<http://www.meteorologia.com.uy/reportes/dcd/sud1.pdf?1441800540>

Zar, J. H. (1996.) Biostatistical Análisis. 3<sup>rd</sup> edition, Prentice Hall, New Jersey. 918 pp.



**Intendencia de Montevideo**

Desarrollo Ambiental

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

# ANEXO I

## COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

**Estaciones en playas**

Nombre	Código	Coordenadas
Punta Espinillo	PE	34°50'22.83"S 56°24'45.70"O
Pajas Blancas	PB	34°52'13.20"S 56°20'25.92"O
Santa Catalina	SC	34°53'35.19"S 56°17'45.55"O
Cerro	CE	34°53'47.29"S 56°15'9.58"O
Ramírez	Ram	34°54'57.89"S 56°10'12.28"O
Pocitos	Poc	34°54'42.30"S 56° 8'38.98"O
Malvín	Mal	34°53'48.13"S 56° 6'16.17"O
Ingleses	Ing	34°53'45.12"S 56° 5'6.67"O
Carrasco	Carr	34°53'31.55"S 56° 3'15.84"O

**Estaciones costeras Z (a 200m)**

Nombre	Código	Coordenadas
Carrasco	Z1	34°53'38.28"S 56° 3'12.55"O
Verde	Z2	34°54'0.38"S 56° 4'32.05"O
Malvín	Z Malv	34°53'57.83"S 56° 6'20.30"O
Pocitos	Z4	34°54'47.85"S 56° 8'33.95"O
Ramírez	Z5	34°55'1.59"S 56°10'29.51"O
Calle Paraguay	Z6	34°54'56.11"S 56°11'33.51"O
Entrada Puerto	Z8	34°54'48.53"S 56°13'29.01"O
Cerro	Z9	34°53'54.48"S 56°15'8.44"O
Punta Lobos	Z10	34°54'29.62"S 56°15'32.03"O
Dellazoppa	Z Zoppa	34°54'0.87"S 56°16'54.24"O
Santa Catalina	Z11	34°53'42.06"S 56°17'47.99"O
Pajas Blancas	Z12	34°52'19.29"S 56°20'30.37"O
Punta Espinillo	Z13	34°50'38.78"S 56°24'7.29"O

**Estaciones lejanas L (a 2000 m)**

Nombre	Código	Coordenadas
Carrasco	L1	34°54'33,3"S 56°03'17,8"O
Malvín	L2	34°54'52,5"S 56°06'15,2"O
Cerro	L3	34°54'55,0"S 56°15'09,0"O
Dellazoppa	L4	34°54'46,0"S 56°16'56,0"O
Pajas Blancas	L5	34°53'19,12"S 56°21'25,0"O
Punta Espinillo	L6	34°51'35,0"S 56°24'43,0"O
Santa Lucía	L7	34°49'46,10"S 56°27'23,80"O
Playa Pascual	L8	34°46'11,80"S 56°27'23,80"O
A° Carrasco	L9	34°53'33,2"S 56°0'57"O
Shangrila	L10	34°52'5,3"S 55°58'27,0"O
Solimar	L11	34°50'13,0"S 55°55'8,1"O
A° Pando	L12	34°48'54,2"S 55°51'43,5"O
Paraguay	L2B	34° 55'53,8''S 56° 11'33,5''O
Boya Barro	BB	34°56'45''S 56° 12'30'' O



**Intendencia de Montevideo**

Desarrollo Ambiental

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

### Estaciones en Emisarios

Nombre	Código	Coordenadas
Punta Carretas	PC	34°57'20"S 56°09'37,5"O
Círculo 3 Norte	C3N	56°10'15,2"S 56°09'36"O
Círculo 3 Sur	C3S	34°58'11,2"S 56°09'36"O
Círculo 3 Este	C3E	34°57'22"S 56°08'37,2"O
Círculo 3 Oeste	C3W	34°57'22"S 56°10'34,8"O
Pérdida	P	34°56'53,2" S 56°09'37,6" O
Punta Yeguas	PY EMIS	34° 55'00,0''S 56° 19' 00,0''O

### Estaciones en Bahía

Nombre	Código	Coordenadas
A° Miguelete	B1	34°52'44,7''S 56°13'42,9''O
Oeste isla Libertad	B4	34°53'29,6''S 56°14'20,2''O
A° Pantanoso	B5	34°52'52,3''S 56°14'28,20"O
Bahía al medio	B6	34°53'21.7" S 56°13'35.7" O