

INICIATIVA PRIVADA PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORA DE LA CAPACIDAD DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE AL ÁREA METROPOLITANA DE MONTEVIDEO

PROYECTO ARAZATÍ



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (RD N°195/21)

VOLUMEN N°1:
ESTUDIOS BÁSICOS Y DE CONCEPCIÓN DEL PROYECTO



SAN JOSÉ/MONTEVIDEO – URUGUAY
MARZO 2022

CONSORCIO AGUAS DE MONTEVIDEO

saceem

Berkes

CIEMSA

Fast

seinco

CS Ingenieros

11.3 Informes de Sonda de Monitoreo Continuo del IMFIA (CTD)

Se presentan 3 informes de Agosto, Noviembre y Diciembre de 2021.

Provento
Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental,
Universidad de la República
y
Construcciones e Instalaciones Electromecánicas S.A.

**Mediciones de salinidad y otras variables en la costa del
Departamento de San José**

| | |
|-----------------|---|
| Documento: | Arazati_Mediciones_IMFIA_20210819_v2.docx |
| Fecha de envío: | 29 de Noviembre de 2021 |
| Estado: | Versión final |
| Preparado por: | Ing. Francisco Pedocchi (IMFIA, Facultad de Ingeniería) Ing. Lucia Ponce de León (IMFIA, Facultad de Ingeniería) Ing. Fernanda Maciel (IMFIA, Facultad de Ingeniería) |
| Colaboradores: | Ing. Rodrigo Mosquera (IMFIA, Facultad de Ingeniería) Tec. Mec. Matías Gonzalez (IMFIA, Facultad de Ingeniería) |
| Contraparte: | CSI CIEMSA |

Contenido

| | |
|--|----|
| Contenido | 3 |
| 1 Introducción | 4 |
| 1.1 Equipo técnico | 4 |
| 1.2 Ubicación del punto de medición | 4 |
| 1.3 Visitas realizadas | 5 |
| 1.3.1 3 de mayo de 2021 | 5 |
| 1.3.2 8 de junio de 2021 | 5 |
| 1.3.3 3 de agosto de 2021 | 5 |
| 2 Parámetros registrados | 6 |
| 2.1 Medición continua | 6 |
| 2.1.1 Profundidad | 6 |
| 2.1.2 Temperatura | 6 |
| 2.1.3 Salinidad | 6 |
| 2.1.4 Turbidez | 6 |
| 2.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM | 6 |
| 2.1.6 Fluorescencia de clorofila a | 7 |
| 2.1.7 Fluorescencia de ficocianina | 7 |
| 2.2 Toma de muestras | 7 |
| 2.2.1 Sólidos suspendidos totales | 7 |
| 2.2.2 Sólidos suspendidos fijos | 7 |
| 2.2.3 Clorofila a | 7 |
| 2.2.4 Color | 7 |
| 3 Datos disponibles | 8 |
| 3.1 Medición continua | 8 |
| 3.1.1 Profundidad | 8 |
| 3.1.2 Temperatura | 8 |
| 3.1.3 Salinidad | 8 |
| 3.1.4 Turbidez | 9 |
| 3.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM | 9 |
| 3.1.6 Fluorescencia de clorofila a | 10 |
| 3.1.7 Fluorescencia de ficocianina | 10 |
| 3.2 Muestras de agua | 11 |
| 3.2.1 Sólidos suspendidos totales | 11 |
| 3.2.2 Sólidos suspendidos fijos | 11 |
| 3.2.3 Clorofila a | 11 |
| 3.2.4 Color | 12 |
| 4 Referencias bibliográficas | 13 |

1 Introducción

Este informe incluye mediciones de salinidad y otros parámetros realizados en el Río de la Plata, frente a la costa del departamento de San José, frente al balneario Arazatí. Los datos de la medición continua que se presentan en este informe se adjuntan en una planilla electrónica.

Los trabajos incluyeron el fondeo de un instrumento tipo CTD (en inglés, Conductividad Temperatura y Profundidad) adosado de sensores de turbidez y fluorescencia. Además, se tomaron muestras de agua en el punto de fondeo en las visitas de mantenimiento y se realizaron perfiles de salinidad, temperatura y turbidez.

1.1 Equipo técnico

La coordinación de los trabajos estuvo a cargo del Ing. Francisco Pedocchi, que junto a la Ing. Lucía Ponce de León y a la Ing. Fernanda Maciel elaboraron el presente informe. Participaron además de las tareas de campo el Ing. Rodrigo Mosquera y el Tec. Mec. Matías González.

Los servicios de embarcación y buceo fueron contratados a la empresa Techno Dive SA.

1.2 Ubicación del punto de medición

Luego de relevar la batimetría y la composición del lecho en la zona indicada por la contraparte, se fondeó el equipo de medición en el punto que se indica en la Figura 1. El punto está ubicado a aproximadamente 1540 m de la costa, sus coordenadas geográficas son $34^{\circ}35'10,65''S$ $56^{\circ}59'19,53''W$, la cota de fondo corregida por marea y referida al cero Wharton es aproximadamente -4,51 m. Durante el fondeo inicial se observó que el lecho del río en el punto era una roca sedimentaria firme, durante la primera vista de mantenimiento la base de los instrumentos estaba cubierta de arena.

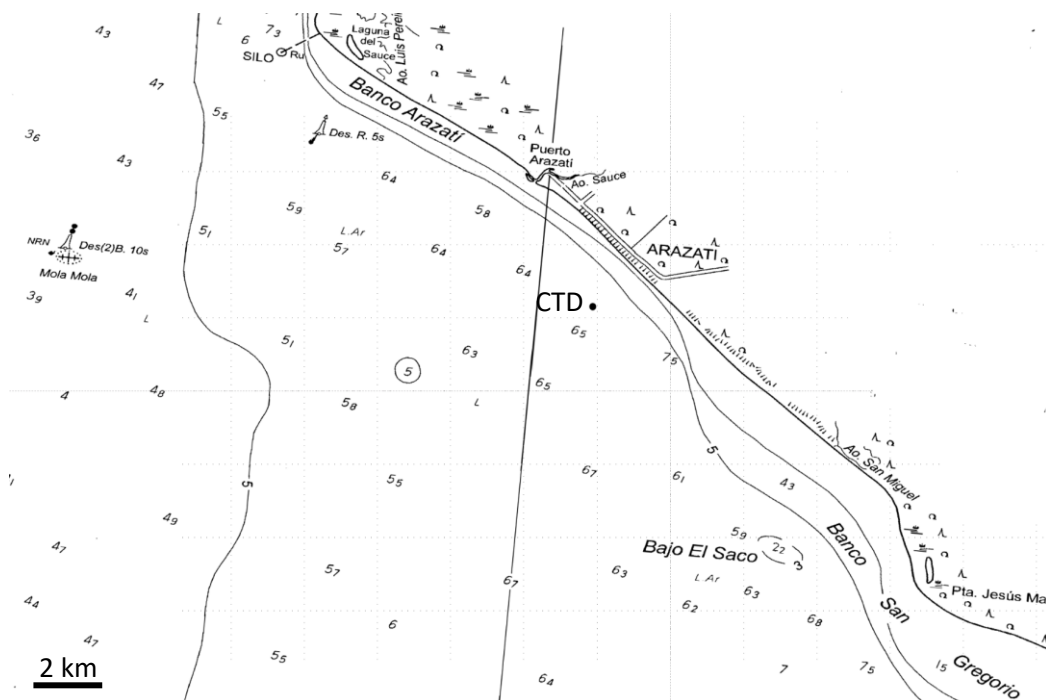


Figura 1: Extracto de la carta ROU 50 mostrando la ubicación del punto de medición (CTD). Los números en la carta indican profundidades referidas al cero Wharton.

1.3 Visitas realizadas

Hasta el momento se han realizado tres visitas.

1.3.1 3 de mayo de 2021

Se concurrió a la zona para reconocer el lugar y buscar lugares de bajada a la costa. Se identificó un único punto de acceso a la costa junto a una población de pescadores artesanales.

1.3.2 8 de junio de 2021

Se concurrió a la zona con dos embarcaciones y personal de buceo. Luego de explorar la zona se encontró que la profundidad superaba los 6 m a menos 1500 m de la costa, encontrándose lechos firmes de roca sedimentaria expuesta y arena. Por lo tanto, se decidió fondear a esa distancia de la costa hacia el W del punto de acceso para evitar la interferencia con las actividades de pesca artesanal.

La exploración inicial a distancias mayores de la costa mostró profundidades mayores y un lecho cubierto de barro blando. Por otro lado, a distancias menores de la costa se encontraron bancos de arena que dejaban profundidades prácticamente nulas.

Se procedió a fondear los equipos y tomar muestras de agua para su posterior análisis de laboratorio.

El tiempo era calmo con alta nubosidad.

1.3.3 3 de agosto de 2021

Se concurrió a la zona con una embarcación y personal de buceo. Se tomaron muestras de agua para su posterior análisis de laboratorio. Se recuperaron los equipos fondeados, se bajaron datos, se remplazaron baterías, se limpiaron los equipos y se refondearon nuevamente.

El tiempo era calmo y despejado.

2 Parámetros registrados

2.1 Medición continua

El equipamiento utilizado consiste en un CTD (Conductivity Temperature Depth) modelo SBE 19plus V2, fabricado por la empresa Sea-Bird Electronics, EE. UU. Al mismo se adosaron: un sensor combinado para registrar turbidez, fluorescencia de clorofila a y fluorescencia de ficocianina, modelo ECO Triplet-w, fabricado por WET Labs, EE. UU; y un fluorómetro para registrar CDOM, modelo ECO-FLCDS, fabricado también por WET Labs, EE. UU.

Con estos equipos se registraron datos a 0,5 m sobre el lecho del río y cada 15 minutos. Aunque esta ubicación en la columna de agua no es la ideal para capturar el comportamiento del fitoplancton, que tiende a ubicarse en la parte alta de la columna de agua, sí será representativa de la ubicación vertical de la futura toma de agua.

La conversión de las mediciones continuas de turbidez y fluorescencias a valores de concentración de sustancias se puede realizar aproximadamente utilizando calibraciones de fábrica, pero su extrapolación a un cuerpo de agua como el Río de la Plata es limitada. Una conversión más ajustada se podrá ir realizando a partir de las muestras tomadas durante las visitas de mantenimiento, analizadas en laboratorio. De esta forma se puede ir construyendo curvas de conversión de parámetros ópticos medidos en campo a otros parámetros estandarizados; por ejemplo, turbidez a sólidos suspendidos totales, fluorescencia de CDOM a color, fluorescencia de clorofila-a a concentración de clorofila-a por extracción.

2.1.1 Profundidad

Es calculada a partir de la presión registrada por el CTD, asumiendo agua dulce o salada, y no se encuentra corregida por variaciones de la presión atmosférica.

2.1.2 Temperatura

Es registrada directamente por el CTD.

2.1.3 Salinidad

A partir de los registros de conductividad, temperatura y presión se calcula la salinidad del agua expresada en practical salinity units (PSU).

2.1.4 Turbidez

A partir de los registros de dispersión de luz de 870 nm de longitud de onda recibida a un ángulo de 90 ° respecto de la dirección de emisión se estima la Turbidez, que se reporta en NTU.

2.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM

A partir de los registros de fluorescencia en la longitud de onda de 460 nm, excitando el agua en una longitud de onda de 370 nm, se estima la materia orgánica coloreada disuelta -CDOM-, que se reporta en partes por mil millones (ppb) de equivalente de Quinina deshidratada. Los valores de fluorescencia asociada a CDOM reportados a continuación fueron corregidos para remover la afectación por temperatura y turbidez.

2.1.6 Fluorescencia de clorofila a

A partir de los registros de fluorescencia en la longitud de onda de 695 nm, excitando el agua en una longitud de onda de 470 nm, se estima la fluorescencia de clorofila-a, que se reporta en microgramos por litro ($\mu\text{g/L}$) del pigmento clorofila *a*. Los valores de fluorescencia asociada a clorofila-a reportados a continuación fueron corregidos por temperatura, fluorescencia de CDOM y turbidez.

2.1.7 Fluorescencia de ficocianina

A partir de los registros de fluorescencia en la longitud de onda de 680 nm, excitando el agua en una longitud de onda de 630 nm, se estima la fluorescencia de ficocianina, que se reporta en partes por mil millones (ppb) de equivalente del pigmento basic blue 3. Los valores de fluorescencia asociada a ficocianina reportados a continuación fueron corregidos por temperatura y turbidez.

2.2 Toma de muestras

Se tomaron muestras de agua a 1 m sobre el lecho del río, las muestras se tomaron por triplicado, colocándolas en botellas adecuadas y conservándolas en heladera con hielo hasta que fueron entregadas en el laboratorio Ecotech para su análisis utilizando los procedimientos indicados en Standard Methods (2017). La fecha de la toma de muestras se indica en las tablas de resultados, en el presente informe corresponden al inicio y fin del registro continuo reportado. Se analizaron los parámetros listados a continuación.

2.2.1 Sólidos suspendidos totales

Realizado de acuerdo con la técnica SM 2540 D. Límite de cuantificación 15 mg/L.

2.2.2 Sólidos suspendidos fijos

Realizado de acuerdo con la técnica SM 2540 D/E. Límite de cuantificación 15 mg/L.

2.2.3 Clorofila a

Realizado de acuerdo con la técnica SM 10200 H. Límite de detección 2,5 $\mu\text{g/L}$. Límite de cuantificación 10 $\mu\text{g/L}$.

2.2.4 Color

Realizado de acuerdo con la técnica SM 2120 B. Se reporta en unidades de la escala platino-cobalto. Una unidad de color corresponde a 1 mg/L del platino en la forma de ion cloroplatinato.

3 Datos disponibles

3.1 Medición continua

Los resultados de la medición continua se presentan en gráficos a continuación y se adjuntan en forma digital a este informe.

3.1.1 Profundidad

El tirante de agua varió entre 4,57 y 7,46 m y se presenta en la Figura 2. Siendo la cota del lecho del río en el punto de fondeo -4,51 m referida al 0 Wharton.

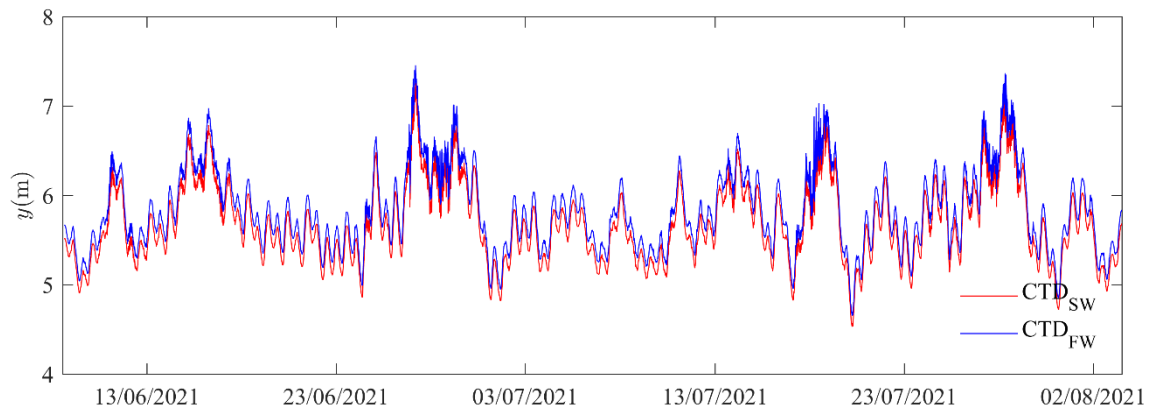


Figura 2: Serie de profundidad del agua registrada por el CTD, calculada considerando agua dulce CTD_{FW} o salada CTD_{SW} , sin corregir por variaciones de la presión atmosférica.

3.1.2 Temperatura

La temperatura del agua varió entre 9,16 y 13,32 °C y se presenta en la Figura 3, es de esperar que en verano la temperatura se aproxime a los 30 °C.

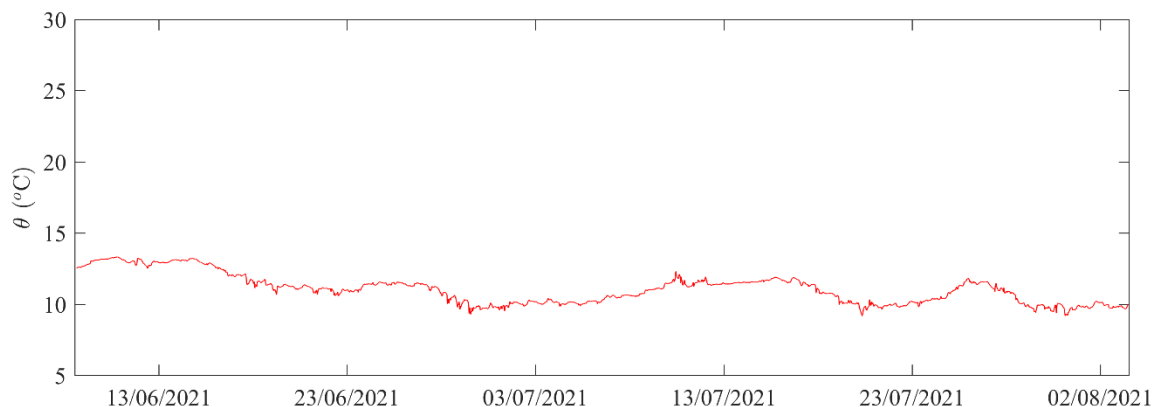


Figura 3: Serie de temperatura del agua a 0,5 m del lecho.

3.1.3 Salinidad

La salinidad del agua a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 0,05 PSU y 15,86 PSU y se presenta en la Figura 4. Para la aplicación que se considera aquí, 1 PSU (practical salinity unit) puede considerarse equivalente a 1 ppt (partes por mil en masa).

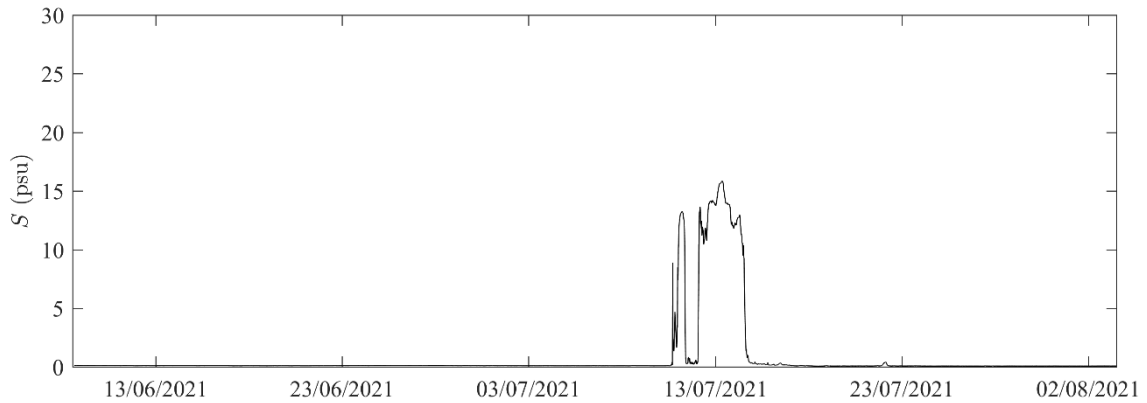


Figura 4: Serie de salinidad del agua a 0,5 m del lecho (1 PSU = 1 ppt).

3.1.4 Turbidez

La turbidez a 0.5 m sobre el lecho del río varió entre 2,67 y 299,26 NTU y se presenta en la Figura 5. De acuerdo con calibraciones realizadas en otras zonas del Río de la Plata, 1 NTU puede considerarse aproximadamente equivalente a 0,5 mg/L de sólidos suspendidos totales (SST) aproximadamente. A medida que se vayan colectando muestras será posible obtener ajustes para esta zona particular del Río de la Plata.

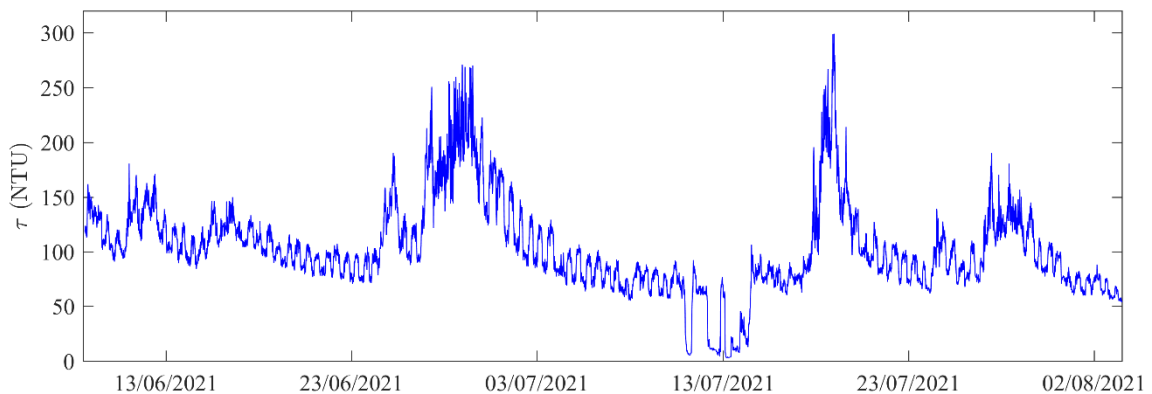


Figura 5: Serie de turbidez del agua a 0,5 m del lecho (1 NTU ~ 0,5 mg/L de SST).

3.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM

La fluorescencia asociada a CDOM a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 9,38 y 21,47 ppb (partes por billón de equivalente de Quinina deshidratada) y se presenta en la Figura 6. A medida que se vayan colectando muestras en la zona será posible obtener ajustes para convertir la serie de fluorescencia de color a valores en la escala platino-cobalto.

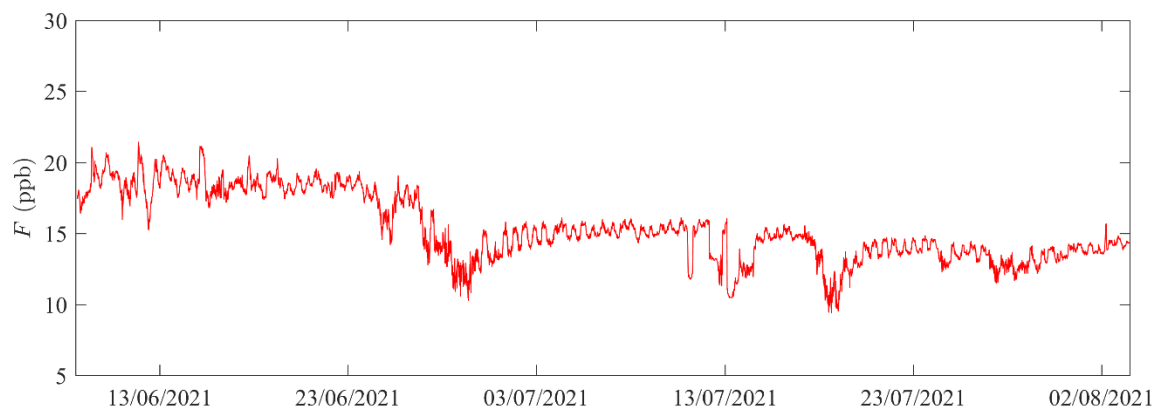


Figura 6: Serie de fluorescencia de CDOM a 0,5 m del lecho.

3.1.6 Fluorescencia de clorofila *a*

La fluorescencia asociada a clorofila *a* registrada a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 0,38 y 3,11 $\mu\text{g/L}$ (microgramos por litro de clorofila *a*), y se presenta en la Figura 7. A medida que se vayan colectando muestras será posible obtener ajustes entre la fluorescencia de clorofila *a* y la clorofila por extracción obtenida de las muestras. Es de esperar que los valores de fluorescencia de clorofila *a* superen los 10 $\mu\text{g/L}$ durante floraciones en los meses estivales.

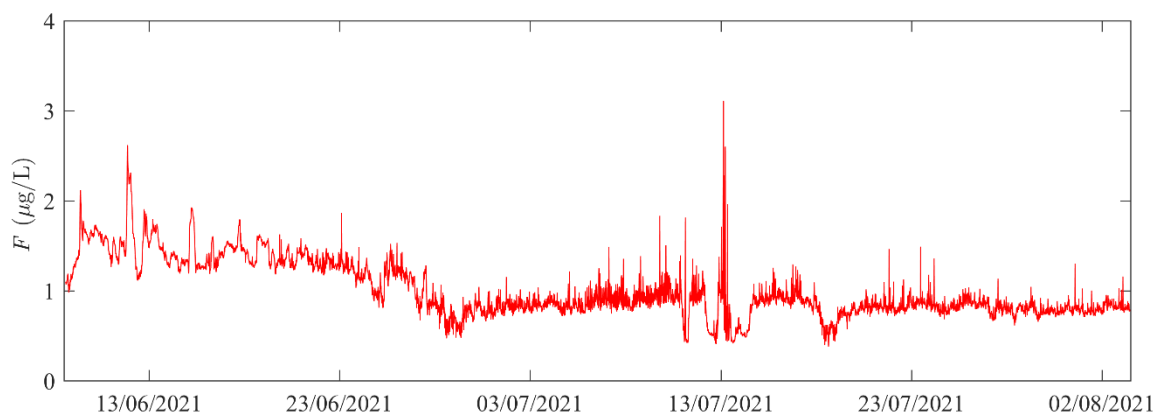


Figura 7: Serie de fluorescencia de clorofila *a* a 0,5 m del lecho.

3.1.7 Fluorescencia de ficocianina

La fluorescencia asociada a ficocianina registrada a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 0,00 y 0,95 ppb (partes por mil millones de equivalente de basic blue 3), y se presenta en la Figura 8. No se dispone de conversiones a concentración del pigmento o biovolumen para las medidas de ficocianina, pero se ha observado que es un buen indicador de la presencia de cianobacterias en el fitoplancton. Es de esperar que los valores de fluorescencia de ficocianina lleguen a los 10 ppb durante floraciones en los meses estivales.

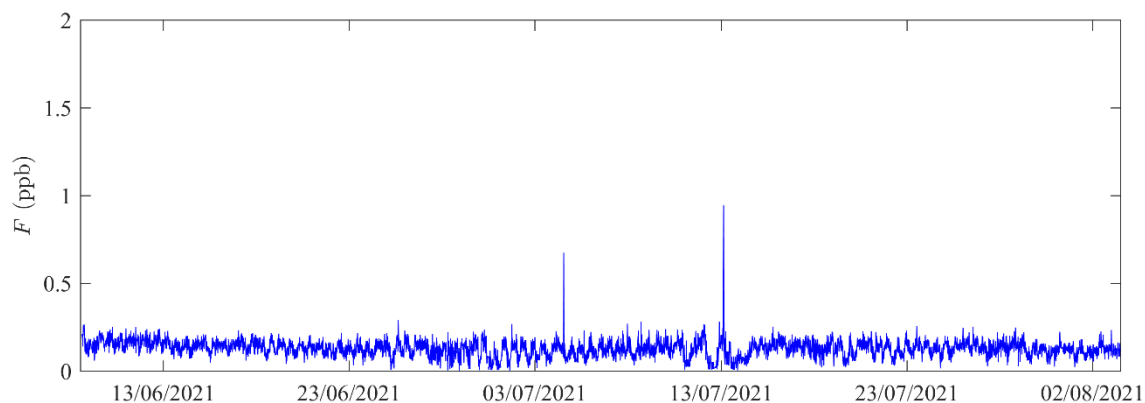


Figura 8: Serie de fluorescencia de ficocianina a 0,5 m del lecho.

3.2 Muestras de agua

Se tomaron muestras de agua los días 8 de junio y 3 de agosto de 2021. Los resultados fueron los siguientes. ND indica que la muestra no estaba disponible.

3.2.1 Sólidos suspendidos totales

Tabla 1: Sólidos suspendidos totales en mg/L. Límite de cuantificación 15 mg/L.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 20210608 | 44 | 71 | ND |
| 20210803 | <15 | <15 | <15 |

3.2.2 Sólidos suspendidos fijos

Tabla 2: Sólidos suspendidos fijos en mg/L.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 20210608 | 37 | 60 | ND |
| 20210803 | <15 | <15 | <15 |

3.2.3 Clorofila *a*

Tabla 3: Clorofila *a* por extracción en $\mu\text{g/L}$. Límite de detección 2,5 $\mu\text{g/L}$. Límite de cuantificación 10 $\mu\text{g/L}$.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 20210608 | <2,5 | 3,4 | 2,6 |
| 20210803 | 5,7 | 6,4 | 5,8 |

3.2.4 Color

Tabla 4: Color en mg/L del platino en la escala platino-cobalto. El 8 de junio de 2021 no se tomaron muestras para determinar color.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 20210803 | 37 | 25 | 14 |

4 Referencias bibliográficas

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition (2017). Baird, R., Rice, E.W., Eaton, A.D., and Bridgewater, L., Editors. American Public Health Association.

Provento
Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental,
Universidad de la República
y
Construcciones e Instalaciones Electromecánicas S.A.

**Mediciones de salinidad y otras variables en la costa del
Departamento de San José**

| | |
|-----------------|---|
| Documento: | Arazati_Mediciones_IMFIA_20211118_v2.docx |
| Fecha de envío: | 29 de Noviembre de 2021 |
| Estado: | Versión final |
| Preparado por: | Ing. Francisco Pedocchi (IMFIA, Facultad de Ingeniería) Ing. Lucia Ponce de León (IMFIA, Facultad de Ingeniería) Ing. Fernanda Maciel (IMFIA, Facultad de Ingeniería) |
| Colaboradores: | Ing. Rodrigo Mosquera (IMFIA, Facultad de Ingeniería) Tec. Mec. Matías Gonzalez (IMFIA, Facultad de Ingeniería) |
| Contraparte: | CSI CIEMSA |

Contenido

| | |
|--|----|
| Contenido | 3 |
| 1 Introducción | 4 |
| 1.1 Equipo técnico | 4 |
| 1.2 Ubicación del punto de medición | 4 |
| 1.3 Visitas realizadas | 5 |
| 1.3.1 3 de mayo de 2021 | 5 |
| 1.3.2 8 de junio de 2021 | 5 |
| 1.3.3 3 de agosto de 2021 | 5 |
| 1.3.4 27 de noviembre de 2021 | 5 |
| 2 Parámetros registrados | 6 |
| 2.1 Medición continua | 6 |
| 2.1.1 Profundidad | 6 |
| 2.1.2 Temperatura | 6 |
| 2.1.3 Salinidad | 6 |
| 2.1.4 Turbidez | 6 |
| 2.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM | 6 |
| 2.1.6 Fluorescencia de clorofila a | 7 |
| 2.1.7 Fluorescencia de ficocianina | 7 |
| 2.2 Toma de muestras | 7 |
| 2.2.1 Sólidos suspendidos totales | 7 |
| 2.2.2 Sólidos suspendidos fijos | 7 |
| 2.2.3 Clorofila a | 7 |
| 2.2.4 Color | 7 |
| 3 Datos disponibles | 8 |
| 3.1 Medición continua | 8 |
| 3.1.1 Profundidad | 8 |
| 3.1.2 Temperatura | 8 |
| 3.1.3 Salinidad | 8 |
| 3.1.4 Turbidez | 9 |
| 3.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM | 9 |
| 3.1.6 Fluorescencia de clorofila a | 10 |
| 3.1.7 Fluorescencia de ficocianina | 10 |
| 3.2 Muestras de agua | 11 |
| 3.2.1 Sólidos suspendidos totales | 11 |
| 3.2.2 Sólidos suspendidos fijos | 12 |
| 3.2.3 Clorofila a | 12 |
| 3.2.4 Color | 12 |
| 4 Referencias bibliográficas | 13 |

1 Introducción

Este informe incluye mediciones de salinidad y otros parámetros realizados en el Río de la Plata, frente a la costa del departamento de San José, frente al balneario Arazatí. Los datos de la medición continua que se presentan en este informe se adjuntan en una planilla electrónica.

Los trabajos incluyeron el fondeo de un instrumento tipo CTD (en inglés, Conductividad Temperatura y Profundidad) adosado de sensores de turbidez y fluorescencia. Además, se tomaron muestras de agua en el punto de fondeo en las visitas de mantenimiento y se realizaron perfiles de salinidad, temperatura y turbidez.

1.1 Equipo técnico

La coordinación de los trabajos estuvo a cargo del Ing. Francisco Pedocchi, que junto a la Ing. Lucía Ponce de León y a la Ing. Fernanda Maciel elaboraron el presente informe. Participaron además de las tareas de campo el Ing. Rodrigo Mosquera y el Tec. Mec. Matías González.

Los servicios de embarcación y buceo fueron contratados a la empresa Techno Dive SA.

1.2 Ubicación del punto de medición

Luego de relevar la batimetría y la composición del lecho en la zona indicada por la contraparte, se fondeó el equipo de medición en el punto que se indica en la Figura 1. El punto está ubicado a aproximadamente 1540 m de la costa, sus coordenadas geográficas son $34^{\circ}35'10,65''S$ $56^{\circ}59'19,53''W$, la cota de fondo corregida por marea y referida al cero Wharton es aproximadamente -4,51 m. Durante el fondeo inicial se observó que el lecho del río en el punto era una roca sedimentaria firme, durante la primera vista de mantenimiento la base de los instrumentos estaba cubierta de arena.

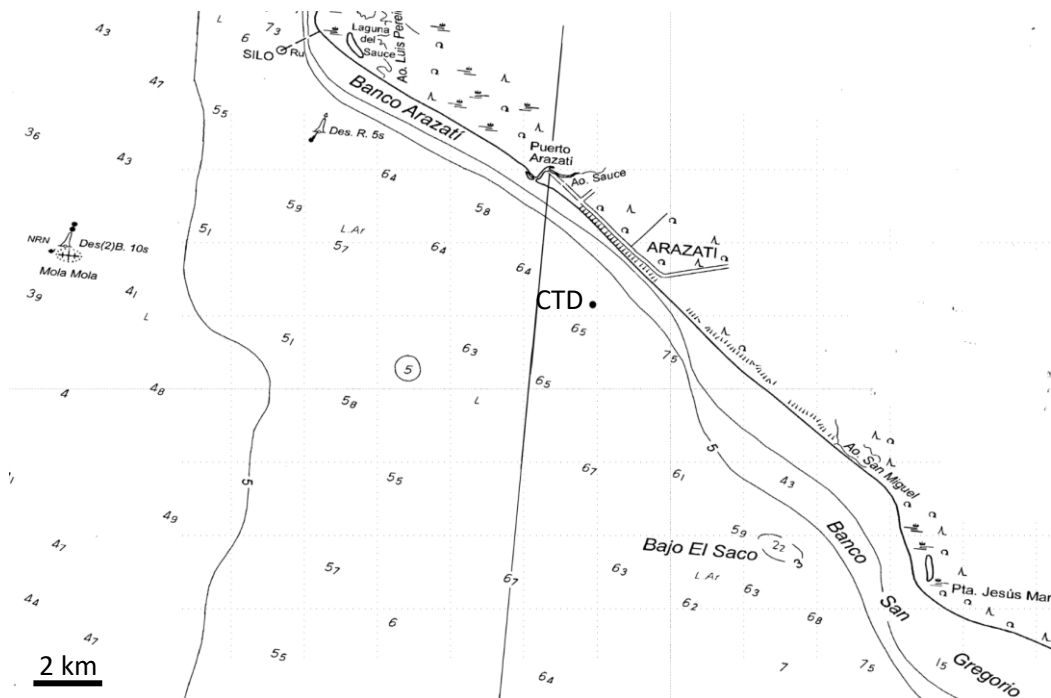


Figura 1: Extracto de la carta ROU 50 mostrando la ubicación del punto de medición (CTD). Los números en la carta indican profundidades referidas al cero Wharton.

1.3 Visitas realizadas

Hasta el momento se han realizado tres visitas.

1.3.1 3 de mayo de 2021

Se concurrió a la zona para reconocer el lugar y buscar lugares de bajada a la costa. Se identificó un único punto de acceso a la costa junto a una población de pescadores artesanales.

1.3.2 8 de junio de 2021

Se concurrió a la zona con dos embarcaciones y personal de buceo. Luego de explorar la zona se encontró que la profundidad superaba los 6 m a menos 1500 m de la costa, encontrándose lechos firmes de roca sedimentaria expuesta y arena. Por lo tanto, se decidió fondear a esa distancia de la costa hacia el W del punto de acceso para evitar la interferencia con las actividades de pesca artesanal.

La exploración inicial a distancias mayores de la costa mostró profundidades mayores y un lecho cubierto de barro blando. Por otro lado, a distancias menores de la costa se encontraron bancos de arena que dejaban profundidades prácticamente nulas.

Se procedió a fondear los equipos y tomar muestras de agua para su posterior análisis de laboratorio.

El tiempo era calmo con alta nubosidad.

1.3.3 3 de agosto de 2021

Se concurrió a la zona con una embarcación y personal de buceo. Se tomaron muestras de agua para su posterior análisis de laboratorio. Se recuperaron los equipos fondeados, se bajaron datos, se remplazaron baterías, se limpiaron los equipos y se refondearon nuevamente.

El tiempo era calmo y despejado.

1.3.4 27 de noviembre de 2021

La visita fue similar a la anterior en cuanto al equipo de trabajo y actividades realizadas. Se concurrió a la zona con una embarcación y personal de buceo. Se tomaron muestras de agua para su posterior análisis de laboratorio. Se recuperaron los equipos fondeados, se bajaron datos, se remplazaron baterías, se limpiaron los equipos y se refondearon nuevamente.

Nuevamente, el tiempo era calmo y despejado.

2 Parámetros registrados

2.1 Medición continua

El equipamiento utilizado consiste en un CTD (Conductivity Temperature Depth) modelo SBE 19plus V2, fabricado por la empresa Sea-Bird Electronics, EE. UU. Al mismo se adosaron: un sensor combinado para registrar turbidez, fluorescencia de clorofila a y fluorescencia de ficocianina, modelo ECO Triplet-w, fabricado por WET Labs, EE. UU; y un fluorómetro para registrar CDOM, modelo ECO-FLCDS, fabricado también por WET Labs, EE. UU.

Con estos equipos se registraron datos a 0,5 m sobre el lecho del río y cada 15 minutos. Aunque esta ubicación en la columna de agua no es la ideal para capturar el comportamiento del fitoplancton, que tiende a ubicarse en la parte alta de la columna de agua, sí será representativa de la ubicación vertical de la futura toma de agua.

La conversión de las mediciones continuas de turbidez y fluorescencias a valores de concentración de sustancias se puede realizar aproximadamente utilizando calibraciones de fábrica, pero su extrapolación a un cuerpo de agua como el Río de la Plata es limitada. Una conversión más ajustada se podrá ir realizando a partir de las muestras tomadas durante las visitas de mantenimiento, analizadas en laboratorio. De esta forma se puede ir construyendo curvas de conversión de parámetros ópticos medidos en campo a otros parámetros estandarizados; por ejemplo, turbidez a sólidos suspendidos totales, fluorescencia de CDOM a color, fluorescencia de clorofila-a a concentración de clorofila-a por extracción.

2.1.1 Profundidad

Es calculada a partir de la presión registrada por el CTD, asumiendo agua dulce o salada, y no se encuentra corregida por variaciones de la presión atmosférica.

2.1.2 Temperatura

Es registrada directamente por el CTD.

2.1.3 Salinidad

A partir de los registros de conductividad, temperatura y presión se calcula la salinidad del agua expresada en practical salinity units (PSU).

2.1.4 Turbidez

A partir de los registros de dispersión de luz de 870 nm de longitud de onda recibida a un ángulo de 90 ° respecto de la dirección de emisión se estima la Turbidez, que se reporta en NTU.

2.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM

A partir de los registros de fluorescencia en la longitud de onda de 460 nm, excitando el agua en una longitud de onda de 370 nm, se estima la materia orgánica coloreada disuelta -CDOM-, que se reporta en partes por mil millones (ppb) de equivalente de Quinina deshidratada. Los valores de fluorescencia asociada a CDOM reportados a continuación fueron corregidos para remover la afectación por temperatura y turbidez.

2.1.6 Fluorescencia de clorofila a

A partir de los registros de fluorescencia en la longitud de onda de 695 nm, excitando el agua en una longitud de onda de 470 nm, se estima la fluorescencia de clorofila-a, que se reporta en microgramos por litro ($\mu\text{g/L}$) del pigmento clorofila *a*. Los valores de fluorescencia asociada a clorofila-a reportados a continuación fueron corregidos por temperatura, fluorescencia de CDOM y turbidez.

2.1.7 Fluorescencia de ficocianina

A partir de los registros de fluorescencia en la longitud de onda de 680 nm, excitando el agua en una longitud de onda de 630 nm, se estima la fluorescencia de ficocianina, que se reporta en partes por mil millones (ppb) de equivalente del pigmento basic blue 3. Los valores de fluorescencia asociada a ficocianina reportados a continuación fueron corregidos por temperatura y turbidez.

2.2 Toma de muestras

Se tomaron muestras de agua a 1 m sobre el lecho del río, las muestras se tomaron por triplicado, colocándolas en botellas adecuadas y conservándolas en heladera con hielo hasta que fueron entregadas en el laboratorio Ecotech para su análisis utilizando los procedimientos indicados en Standard Methods (2017). La fecha de la toma de muestras se indica en las tablas de resultados, en el presente informe corresponden al inicio y fin del registro continuo reportado. Se analizaron los parámetros listados a continuación.

2.2.1 Sólidos suspendidos totales

Realizado de acuerdo con la técnica SM 2540 D. Límite de cuantificación 15 mg/L.

2.2.2 Sólidos suspendidos fijos

Realizado de acuerdo con la técnica SM 2540 D/E. Límite de cuantificación 15 mg/L.

2.2.3 Clorofila a

Realizado de acuerdo con la técnica SM 10200 H. Límite de detección 2,5 $\mu\text{g/L}$. Límite de cuantificación 10 $\mu\text{g/L}$.

2.2.4 Color

Realizado de acuerdo con la técnica SM 2120 B. Se reporta en unidades de la escala platino-cobalto. Una unidad de color corresponde a 1 mg/L del platino en la forma de ion cloroplatinato.

3 Datos disponibles

3.1 Medición continua

Los resultados de la medición continua se presentan en gráficos a continuación y se adjuntan en forma digital a este informe.

3.1.1 Profundidad

El tirante de agua varió entre 4,53 y 7,52 m y se presenta en la Figura 2. Siendo la cota del lecho del río en el punto de fondeo -4,51 m referida al 0 Wharton.

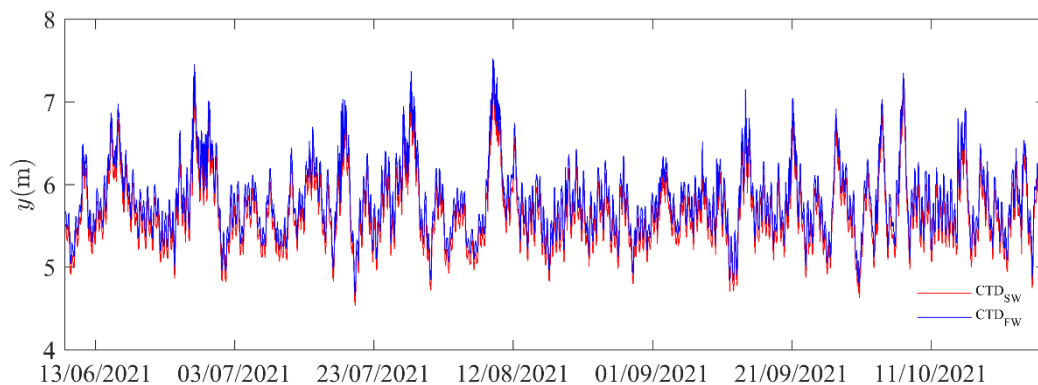


Figura 2: Serie de profundidad del agua registrada por el CTD, calculada considerando agua dulce CTD_{FW} o salada CTD_{SW} , sin corregir por variaciones de la presión atmosférica.

3.1.2 Temperatura

La temperatura del agua varió entre 9,16 y 19,85 °C y se presenta en la Figura 3, es de esperar que en verano la temperatura se aproxime a los 30 °C.

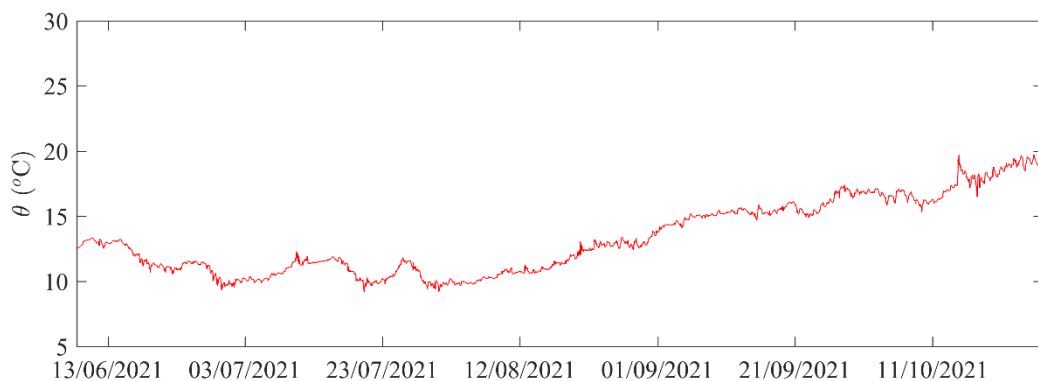


Figura 3: Serie de temperatura del agua a 0,5 m del lecho.

3.1.3 Salinidad

La salinidad del agua a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 0,05 PSU y 15,86 PSU y se presenta en la Figura 4. Para la aplicación que se considera aquí, 1 PSU (practical salinity unit) puede considerarse equivalente a 1 ppt (partes por mil en masa).

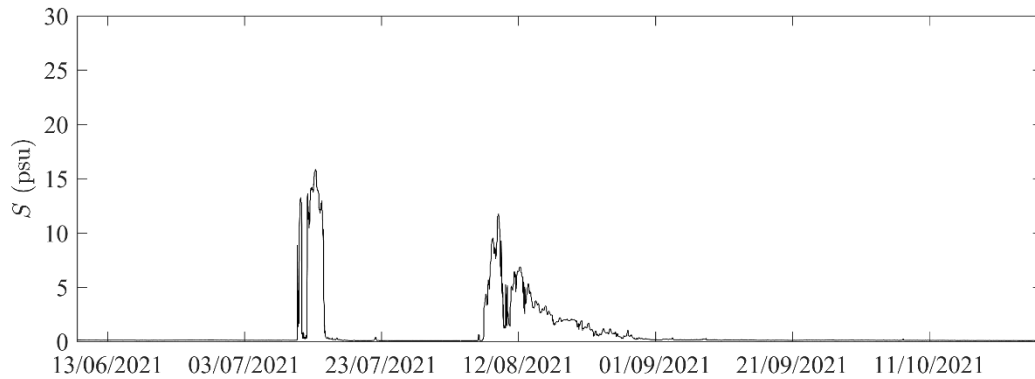


Figura 4: Serie de salinidad del agua a 0,5 m del lecho (1 PSU = 1 ppt).

3.1.4 Turbidez

La turbidez a 0.5 m sobre el lecho del río varió entre 1,46 y 299,26 NTU y se presenta en la Figura 5. De acuerdo con calibraciones realizadas en otras zonas del Río de la Plata, 1 NTU puede considerarse aproximadamente equivalente a 0,5 mg/L de sólidos suspendidos totales (SST) aproximadamente. A medida que se vayan colectando muestras será posible obtener ajustes para esta zona particular del Río de la Plata (ver Sección 3.2).

Notar que los dos periodos registrados de alta salinidad (Figura 4) tienen asociado disminuciones de los valores de la turbidez base, que se registra durante periodos de calma.

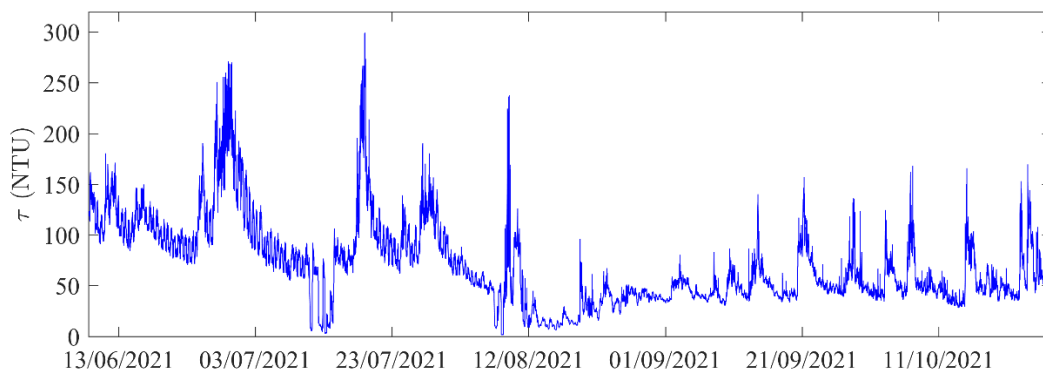


Figura 5: Serie de turbidez del agua a 0,5 m del lecho (1 NTU ~ 0,5 mg/L de SST).

3.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM

La fluorescencia asociada a CDOM a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 6,35 y 25,08 ppb (partes por billón de equivalente de Quinina deshidratada) y se presenta en la Figura 6. A medida que se vayan colectando muestras en la zona será posible obtener ajustes para convertir la serie de fluorescencia de color a valores en la escala platino-cobalto (ver Sección 3.2).

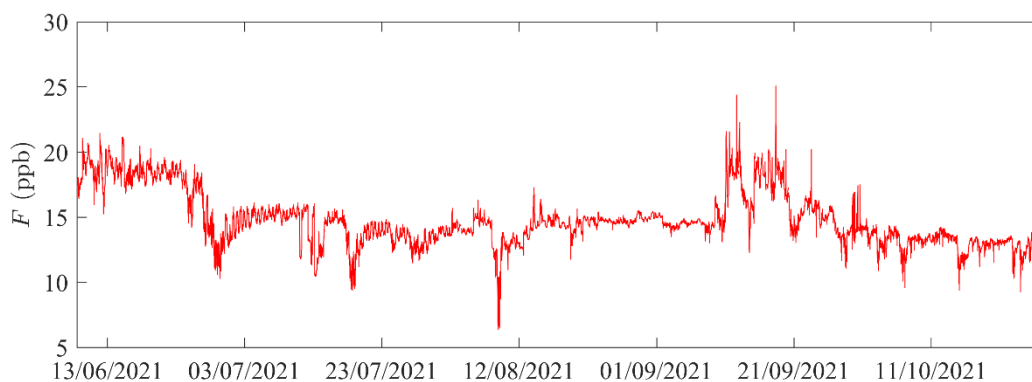


Figura 6: Serie de fluorescencia de CDOM a 0,5 m del lecho.

3.1.6 Fluorescencia de clorofila *a*

La fluorescencia asociada a clorofila *a* registrada a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 0,13 y 22,94 $\mu\text{g/L}$ (microgramos por litro de clorofila *a*), y se presenta en la Figura 7. A medida que se vayan colectando muestras será posible obtener ajustes entre la fluorescencia de clorofila *a* y la clorofila por extracción obtenida de las muestras (ver Sección 3.2). Es de esperar que los valores de fluorescencia de clorofila *a* superen los 10 $\mu\text{g/L}$ durante floraciones en los meses estivales.

Notar que el aumento de la fluorescencia de clorofila *a* se da luego que el pico de salinidad registrado en agosto de 2021 se ha disipado (Figura 4), y que la posterior disminución brusca en octubre 2021 coincide con un pico relativo en la temperatura del agua (Figura 3), indicando el ingreso de una nueva masa de agua a la zona.

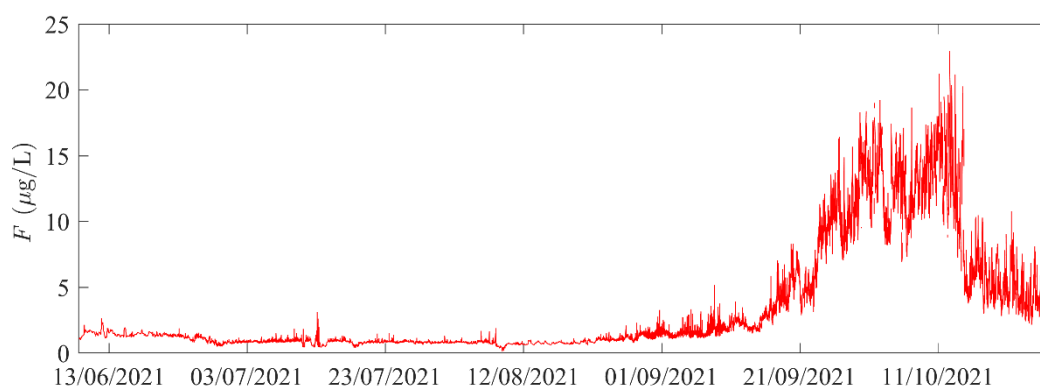


Figura 7: Serie de fluorescencia de clorofila *a* a 0,5 m del lecho.

3.1.7 Fluorescencia de ficocianina

La fluorescencia asociada a ficocianina registrada a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 0,00 y 6,6 ppb (partes por mil millones de equivalente de basic blue 3), y se presenta en la Figura 8. No se dispone de conversiones a concentración del pigmento o biovolumen para las medidas de ficocianina, pero se ha observado que es un buen indicador de la presencia de cianobacterias en el fitoplancton. Es de esperar que los valores de fluorescencia de ficocianina lleguen a los 10 ppb durante floraciones en los meses estivales.

Notar que el aumento de la fluorescencia de ficocianina se da luego que el pico de salinidad registrado en agosto de 2021 se ha disipado (Figura 4), y que la posterior disminución brusca coincide con un pico relativo en la temperatura del agua (Figura 3), indicando el ingreso de una nueva masa de agua a la zona.

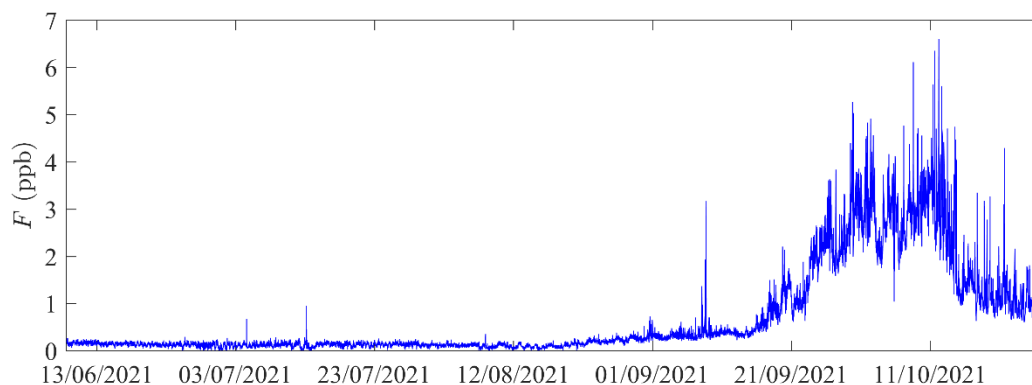


Figura 8: Serie de fluorescencia de ficocianina a 0,5 m del lecho.

3.2 Muestras de agua

Se tomaron muestras de agua los días 8 de junio, 3 de agosto y 27 de noviembre de 2021. Los resultados fueron los siguientes. ND indica que la muestra no estaba disponible. Para el caso de los sólidos suspendidos totales, clorofila *a* y color, se incluyen los valores registrados por el sensor fondeado en el momento de extracción de la muestra. A medida que se vayan colectando más muestras será posible hacer ajustes que permitan vincular los valores de los parámetros obtenidos del análisis de muestras con los valores de turbidez y fluorescencia registrados en la medición continua.

El día 3 de agosto de 2021 las fuertes corrientes dificultaron la extracción de muestras a un metro de fondo. Esto podría haber llevado a que la muestra fuera extraída a una profundidad menor, disminuyendo los valores de sólidos suspendidos y aumentando los de clorofila *a* y ficocianina registrados en las muestras.

3.2.1 Sólidos suspendidos totales

Tabla 1: Sólidos suspendidos totales en mg/L (límite de cuantificación 15 mg/L), y turbidez en NTU, registrada por el sensor fondeado en el momento de extracción de la muestra.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Turbidez |
|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 20210608 | 44 | 71 | ND | 120 |
| 20210803 | <15 | <15 | <15 | 52 |
| 20211027 | 15 | <15 | 18 | 37 |

3.2.2 Sólidos suspendidos fijos

Tabla 2: Sólidos suspendidos fijos en mg/L.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 20210608 | 37 | 60 | ND |
| 20210803 | <15 | <15 | <15 |
| 20211027 | <15 | <15 | <15 |

3.2.3 Clorofila *a*

Tabla 3: Clorofila *a* por extracción en $\mu\text{g/L}$ (límite de detección 2,5 $\mu\text{g/L}$, límite de cuantificación 10 $\mu\text{g/L}$), y fluorescencia asociada a clorofila *a* en $\mu\text{g/L}$, registrada por el sensor fondeado en el momento de extracción de la muestra.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Fluorescencia |
|----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| 20210608 | <2,5 | 3,4 | 2,6 | 1,1 |
| 20210803 | 5,7 | 6,4 | 5,8 | 0,8 |
| 20211027 | 9,9 | 8,7 | 9,6 | 2,8 |

3.2.4 Color

Tabla 4: Color en mg/L del platino en la escala platino-cobalto, y fluorescencia asociada a CDOM en ppb (partes por billón de equivalente de Quinina deshidratada), registrada por el sensor fondeado en el momento de extracción de la muestra. El 8 de junio de 2021 no se tomaron muestras para determinar color.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Fluorescencia |
|----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| 20210803 | 37 | 25 | 14 | 14,1 |
| 20211027 | 27 | 22 | 25 | 14,0 |

4 Referencias bibliográficas

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition (2017). Baird, R., Rice, E.W., Eaton, A.D., and Bridgewater, L., Editors. American Public Health Association.

Provento
Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental,
Universidad de la República
y
Construcciones e Instalaciones Electromecánicas S.A.

**Mediciones de salinidad y otras variables en la costa del
Departamento de San José**

| | |
|-----------------|---|
| Documento: | Arazati_Mediciones_IMFIA_20211216.docx |
| Fecha de envío: | 22 de Diciembre de 2021 |
| Estado: | Actualización |
| Preparado por: | Ing. Francisco Pedocchi (IMFIA, Facultad de Ingeniería) Ing. Lucia Ponce de León (IMFIA, Facultad de Ingeniería) Ing. Fernanda Maciel (IMFIA, Facultad de Ingeniería) |
| Colaboradores: | Ing. Rodrigo Mosquera (IMFIA, Facultad de Ingeniería) |
| Contraparte: | CSI CIEMSA |

Contenido

| | |
|--|----|
| Contenido | 2 |
| 1 Introducción | 3 |
| 1.1 Equipo técnico | 3 |
| 1.2 Ubicación del punto de medición | 3 |
| 1.3 Visitas realizadas | 4 |
| 1.3.1 3 de mayo de 2021 | 4 |
| 1.3.2 8 de junio de 2021 | 4 |
| 1.3.3 3 de agosto de 2021 | 4 |
| 1.3.4 27 de octubre de 2021 | 4 |
| 1.3.5 9 de diciembre de 2021 | 4 |
| 2 Parámetros registrados | 6 |
| 2.1 Medición continua | 6 |
| 2.1.1 Profundidad | 6 |
| 2.1.2 Temperatura | 6 |
| 2.1.3 Salinidad | 6 |
| 2.1.4 Turbidez | 6 |
| 2.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM | 6 |
| 2.1.6 Fluorescencia de clorofila a | 7 |
| 2.1.7 Fluorescencia de ficocianina | 7 |
| 2.2 Toma de muestras | 7 |
| 2.2.1 Sólidos suspendidos totales | 7 |
| 2.2.2 Sólidos suspendidos fijos | 7 |
| 2.2.3 Clorofila a | 7 |
| 2.2.4 Color | 7 |
| 3 Datos disponibles | 8 |
| 3.1 Medición continua | 8 |
| 3.1.1 Profundidad | 8 |
| 3.1.2 Temperatura | 8 |
| 3.1.3 Salinidad | 8 |
| 3.1.4 Turbidez | 9 |
| 3.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM | 9 |
| 3.1.6 Fluorescencia de clorofila a | 10 |
| 3.1.7 Fluorescencia de ficocianina | 10 |
| 3.2 Muestras de agua | 11 |
| 3.2.1 Sólidos suspendidos totales | 11 |
| 3.2.2 Sólidos suspendidos fijos | 12 |
| 3.2.3 Clorofila a | 12 |
| 3.2.4 Color | 12 |
| 4 Referencias bibliográficas | 13 |

1 Introducción

Este informe incluye mediciones de salinidad y otros parámetros realizados en el Río de la Plata, frente a la costa del departamento de San José, frente al balneario Arazatí. Los datos de la medición continua que se presentan en este informe se adjuntan en una planilla electrónica.

Los trabajos incluyeron el fondeo de un instrumento tipo CTD (en inglés, Conductividad Temperatura y Profundidad) adosado de sensores de turbidez y fluorescencia. Además, se tomaron muestras de agua en el punto de fondeo en las visitas de mantenimiento y se realizaron perfiles de salinidad, temperatura y turbidez.

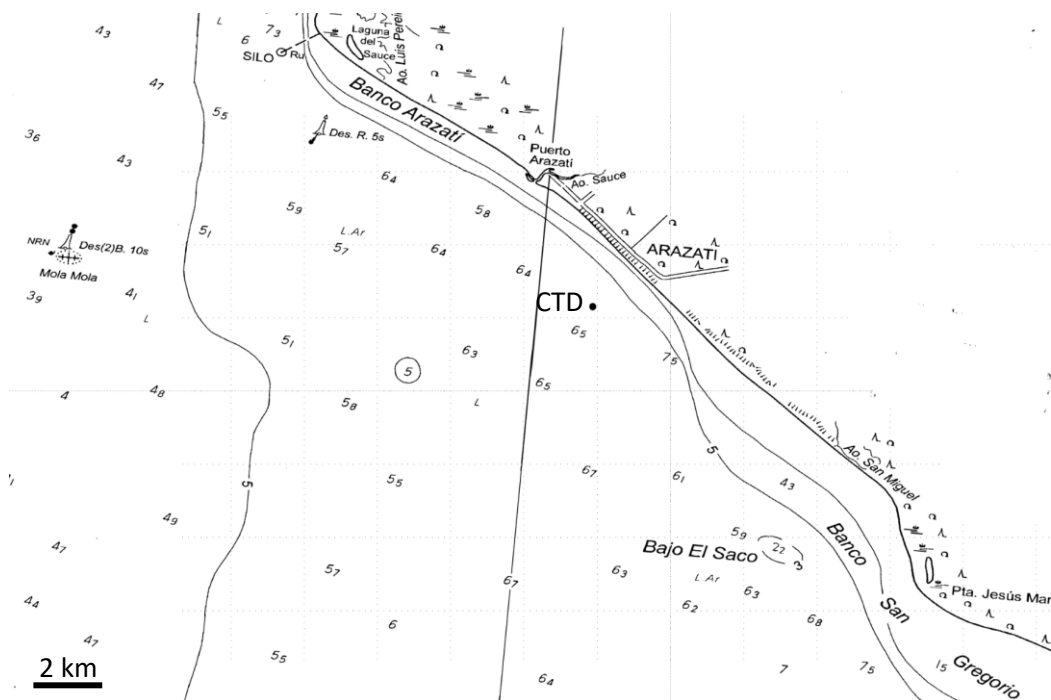
1.1 Equipo técnico

La coordinación de los trabajos estuvo a cargo del Ing. Francisco Pedocchi, que junto a la Ing. Lucía Ponce de León y a la Ing. Fernanda Maciel elaboraron el presente informe. Participaron además de las tareas de campo el Ing. Rodrigo Mosquera y el Tec. Mec. Matías González.

Los servicios de embarcación y buceo fueron contratados a la empresa Techno Dive SA.

1.2 Ubicación del punto de medición

Luego de relevar la batimetría y la composición del lecho en la zona indicada por la contraparte, se fondeó el equipo de medición en el punto que se indica en la Figura 1. El punto está ubicado a aproximadamente 1540 m de la costa, sus coordenadas geográficas son $34^{\circ}35'10,65''S$ $56^{\circ}59'19,53''W$, la cota de fondo corregida por marea y referida al cero Wharton es aproximadamente -4,51 m. Durante el fondeo inicial se observó que el lecho del río en el punto era una roca sedimentaria firme, durante la primera vista de mantenimiento la base de los instrumentos estaba cubierta de arena.



1.3 Visitas realizadas

Hasta el momento se han realizado cinco visitas.

1.3.1 3 de mayo de 2021

Se concurrió a la zona para reconocer el lugar y buscar lugares de bajada a la costa. Se identificó un único punto de acceso a la costa junto a una población de pescadores artesanales.

1.3.2 8 de junio de 2021

Se concurrió a la zona con dos embarcaciones y personal de buceo. Luego de explorar la zona se encontró que la profundidad superaba los 6 m a menos 1500 m de la costa, encontrándose lechos firmes de roca sedimentaria expuesta y arena. Por lo tanto, se decidió fondear a esa distancia de la costa hacia el W del punto de acceso para evitar la interferencia con las actividades de pesca artesanal.

La exploración inicial a distancias mayores de la costa mostró profundidades mayores y un lecho cubierto de barro blando. Por otro lado, a distancias menores de la costa se encontraron bancos de arena que dejaban profundidades prácticamente nulas.

Se procedió a fondear los equipos y tomar muestras de agua para su posterior análisis de laboratorio.

El tiempo era calmo con alta nubosidad.

1.3.3 3 de agosto de 2021

Se concurrió a la zona con una embarcación y personal de buceo. Se tomaron muestras de agua para su posterior análisis de laboratorio. Se recuperaron los equipos fondeados, se bajaron datos, se remplazaron baterías, se limpiaron los equipos y se refondearon nuevamente.

El tiempo era calmo y despejado.

1.3.4 27 de octubre de 2021

La visita fue similar a la anterior en cuanto al equipo de trabajo y actividades realizadas. Se concurrió a la zona con una embarcación y personal de buceo. Se tomaron muestras de agua para su posterior análisis de laboratorio. Se recuperaron los equipos fondeados, se bajaron datos, se remplazaron baterías, se limpiaron los equipos y se refondearon nuevamente.

Nuevamente, el tiempo era calmo y despejado.

1.3.5 9 de diciembre de 2021

Nuevamente, el equipo de trabajo y las actividades realizadas en la visita fueron similares a los de las visitas anteriores. Se concurrió a la zona con una embarcación y personal de buceo. Se tomaron muestras de agua para su posterior análisis de laboratorio. Se recuperaron los equipos fondeados, se bajaron datos, se remplazaron baterías, se limpiaron los equipos y se refondearon nuevamente.

El viento era fuerte pero de componente Norte, por lo que no se dificultaron las operaciones de retirado de equipos, muestreo y refondeo.

2 Parámetros registrados

2.1 Medición continua

El equipamiento utilizado consiste en un CTD (Conductivity Temperature Depth) modelo SBE 19plus V2, fabricado por la empresa Sea-Bird Electronics, EE. UU. Al mismo se adosaron: un sensor combinado para registrar turbidez, fluorescencia de clorofila a y fluorescencia de ficocianina, modelo ECO Triplet-w, fabricado por WET Labs, EE. UU; y un fluorómetro para registrar CDOM, modelo ECO-FLCDS, fabricado también por WET Labs, EE. UU.

Con estos equipos se registraron datos a 0,5 m sobre el lecho del río y cada 15 minutos. Aunque esta ubicación en la columna de agua no es la ideal para capturar el comportamiento del fitoplancton, que tiende a ubicarse en la parte alta de la columna de agua, sí será representativa de la ubicación vertical de la futura toma de agua.

La conversión de las mediciones continuas de turbidez y fluorescencias a valores de concentración de sustancias se puede realizar aproximadamente utilizando calibraciones de fábrica, pero su extrapolación a un cuerpo de agua como el Río de la Plata es limitada. Una conversión más ajustada se podrá ir realizando a partir de las muestras tomadas durante las visitas de mantenimiento, analizadas en laboratorio. De esta forma se puede ir construyendo curvas de conversión de parámetros ópticos medidos en campo a otros parámetros estandarizados; por ejemplo, turbidez a sólidos suspendidos totales, fluorescencia de CDOM a color, fluorescencia de clorofila-a a concentración de clorofila-a por extracción.

2.1.1 Profundidad

Es calculada a partir de la presión registrada por el CTD, asumiendo agua dulce o salada, y no se encuentra corregida por variaciones de la presión atmosférica.

2.1.2 Temperatura

Es registrada directamente por el CTD.

2.1.3 Salinidad

A partir de los registros de conductividad, temperatura y presión se calcula la salinidad del agua expresada en practical salinity units (PSU).

2.1.4 Turbidez

A partir de los registros de dispersión de luz de 870 nm de longitud de onda recibida a un ángulo de 90 ° respecto de la dirección de emisión se estima la Turbidez, que se reporta en NTU.

2.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM

A partir de los registros de fluorescencia en la longitud de onda de 460 nm, excitando el agua en una longitud de onda de 370 nm, se estima la materia orgánica coloreada disuelta -CDOM-, que se reporta en partes por mil millones (ppb) de equivalente de Quinina deshidratada. Los valores de fluorescencia asociada a CDOM reportados a continuación fueron corregidos para remover la afectación por temperatura y turbidez.

2.1.6 Fluorescencia de clorofila a

A partir de los registros de fluorescencia en la longitud de onda de 695 nm, excitando el agua en una longitud de onda de 470 nm, se estima la fluorescencia de clorofila-a, que se reporta en microgramos por litro ($\mu\text{g/L}$) del pigmento clorofila a . Los valores de fluorescencia asociada a clorofila-a reportados a continuación fueron corregidos por temperatura, fluorescencia de CDOM y turbidez.

2.1.7 Fluorescencia de ficocianina

A partir de los registros de fluorescencia en la longitud de onda de 680 nm, excitando el agua en una longitud de onda de 630 nm, se estima la fluorescencia de ficocianina, que se reporta en partes por mil millones (ppb) de equivalente del pigmento basic blue 3. Los valores de fluorescencia asociada a ficocianina reportados a continuación fueron corregidos por temperatura y turbidez.

2.2 Toma de muestras

Se tomaron muestras de agua a 1 m sobre el lecho del río, las muestras se tomaron por triplicado, colocándolas en botellas adecuadas y conservándolas en heladera con hielo hasta que fueron entregadas en el laboratorio Ecotech para su análisis utilizando los procedimientos indicados en Standard Methods (2017). La fecha de la toma de muestras se indica en las tablas de resultados. Se analizaron los parámetros listados a continuación.

2.2.1 Sólidos suspendidos totales

Realizado de acuerdo con la técnica SM 2540 D. Límite de cuantificación 15 mg/L.

2.2.2 Sólidos suspendidos fijos

Realizado de acuerdo con la técnica SM 2540 D/E. Límite de cuantificación 15 mg/L.

2.2.3 Clorofila a

Realizado de acuerdo con la técnica SM 10200 H. Límite de detección 2,5 $\mu\text{g/L}$. Límite de cuantificación 10 $\mu\text{g/L}$.

2.2.4 Color

Realizado de acuerdo con la técnica SM 2120 B. Se reporta en unidades de la escala platino-cobalto. Una unidad de color corresponde a 1 mg/L del platino en la forma de ion cloroplatinato.

3 Datos disponibles

3.1 Medición continua

Los resultados de la medición continua se presentan en gráficos a continuación y se adjuntan en forma digital a este informe.

3.1.1 Profundidad

El tirante de agua (considerando agua dulce y sin corrección por variaciones de presión atmosférica) varió entre 4,65 y 7,52 m, y su promedio fue 5,81 m (Figura 2). Siendo la cota del lecho del río en el punto de fondeo -4,51 m referida al 0 Wharton.

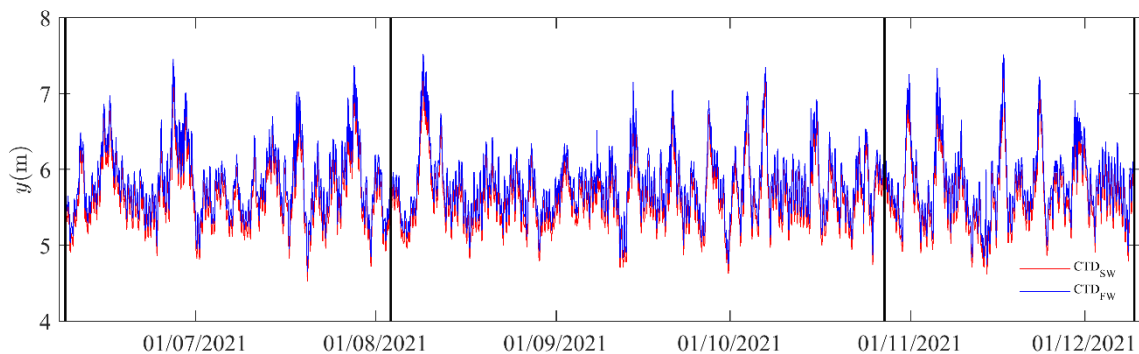


Figura 2: Serie de profundidad del agua registrada por el CTD, calculada considerando agua dulce CTD_{FW} o salada CTD_{SW} , sin corregir por variaciones de la presión atmosférica. Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

3.1.2 Temperatura

La temperatura del agua varió entre 9,16 y 23,25 °C y se presenta en la Figura 3, es de esperar que en verano la temperatura se aproxime a los 30 °C.

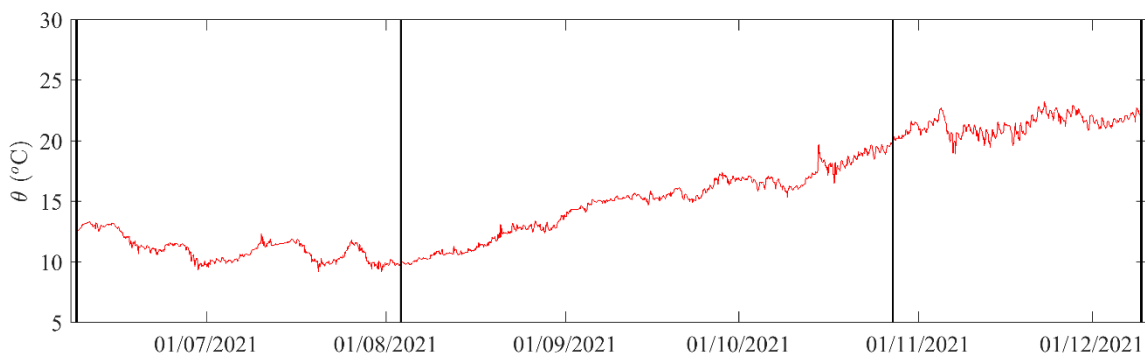


Figura 3: Serie de temperatura del agua a 0,5 m del lecho. Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

3.1.3 Salinidad

La salinidad del agua a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 0,05 PSU y 15,86 PSU y se presenta en la Figura 4. Para la aplicación que se considera aquí, 1 PSU (practical salinity unit) puede considerarse equivalente a 1 ppt (partes por mil en masa).

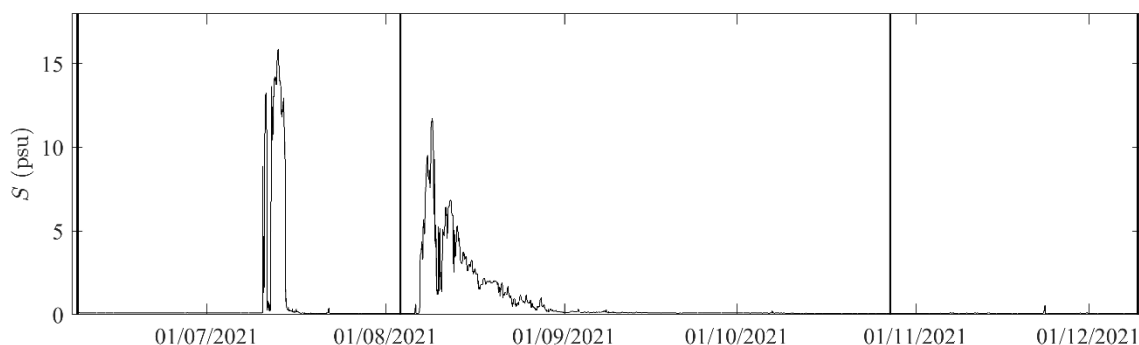


Figura 4: Serie de salinidad del agua a 0,5 m del lecho (1 PSU = 1 ppt). Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

3.1.4 Turbidez

La turbidez a 0.5 m sobre el lecho del río varió entre 1,46 y 299,26 NTU y se presenta en la Figura 5. De acuerdo con calibraciones realizadas en otras zonas del Río de la Plata, 1 NTU puede considerarse aproximadamente equivalente a 0,5 mg/L de sólidos suspendidos totales (SST) aproximadamente. A medida que se vayan colectando muestras será posible obtener ajustes para esta zona particular del Río de la Plata (ver Sección 3.2).

Notar que los dos periodos registrados de alta salinidad (Figura 4) tienen asociado disminuciones de los valores de la turbidez base, que se registra durante periodos de calma.

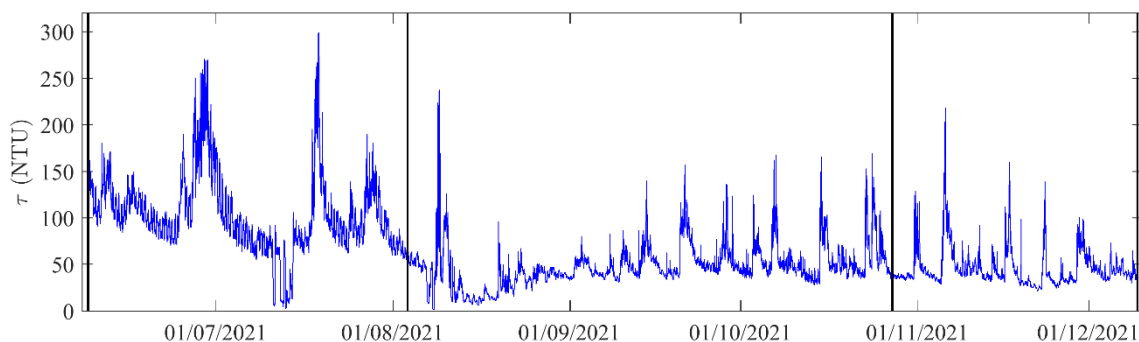


Figura 5: Serie de turbidez del agua a 0,5 m del lecho (1 NTU ~ 0,5 mg/L de SST). Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

3.1.5 Materia orgánica coloreada disuelta – CDOM

La fluorescencia asociada a CDOM a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 6,35 y 25,08 ppb (partes por billón de equivalente de Quinina deshidratada) y se presenta en la Figura 6. A medida que se vayan colectando muestras en la zona será posible obtener ajustes para convertir la serie de fluorescencia de color a valores en la escala platino-cobalto (ver Sección 3.2).

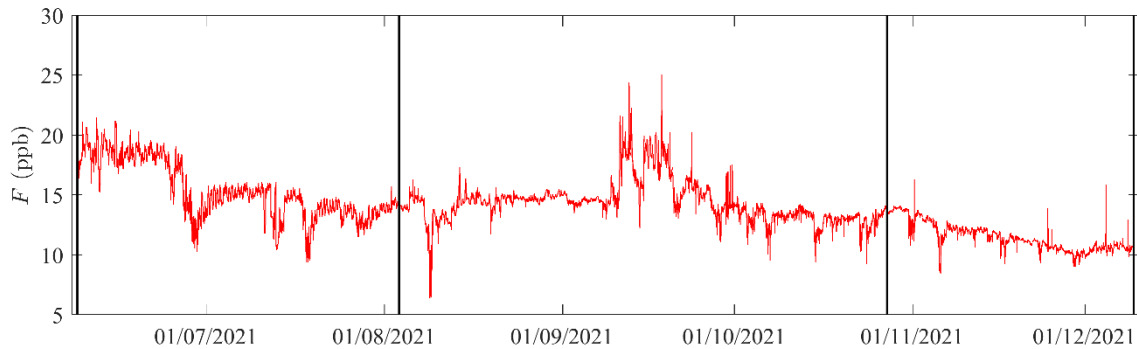


Figura 6: Serie de fluorescencia de CDOM a 0,5 m del lecho. Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

3.1.6 Fluorescencia de clorofila *a*

La fluorescencia asociada a clorofila *a* registrada a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 0,13 y 22,94 $\mu\text{g/L}$ (microgramos por litro de clorofila *a*), y se presenta en la Figura 7. A medida que se vayan colectando muestras será posible obtener ajustes entre la fluorescencia de clorofila *a* y la clorofila por extracción obtenida de las muestras (ver Sección 3.2). Es de esperar que los valores de fluorescencia de clorofila *a* superen los 10 $\mu\text{g/L}$ con más frecuencia en los meses estivales.

Notar que el aumento de la fluorescencia de clorofila *a* que se observa en la Figura 7 se da luego de que el pico de salinidad, registrado en agosto de 2021, se ha disipado (Figura 4), y que la posterior disminución brusca en octubre 2021 coincide con un pico relativo en la temperatura del agua (Figura 3), indicando el ingreso de una nueva masa de agua a la zona.

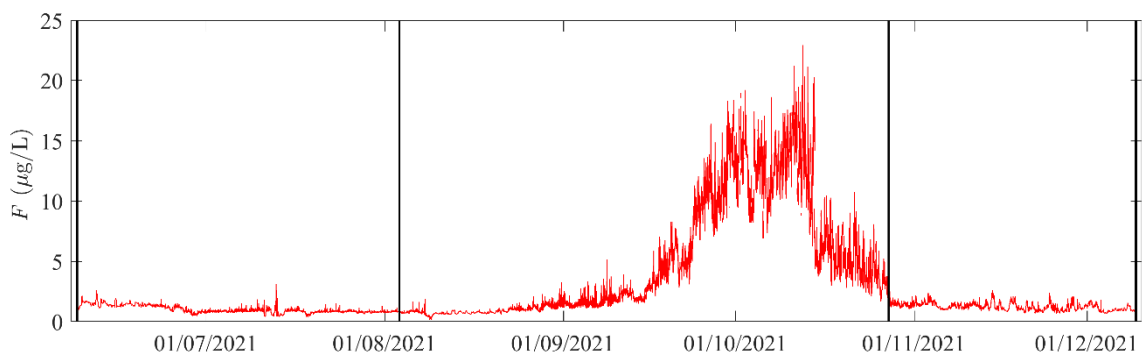


Figura 7: Serie de fluorescencia de clorofila *a* a 0,5 m del lecho. Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

3.1.7 Fluorescencia de ficocianina

La fluorescencia asociada a ficocianina registrada a 0,5 m sobre el lecho del río varió entre 0,00 y 6,6 ppb (partes por mil millones de equivalente de basic blue 3), y se presenta en la Figura 8. No se dispone de conversiones a concentración del pigmento o biovolumen para las medidas de ficocianina, pero se ha observado que es un buen indicador de la presencia de cianobacterias en el fitoplancton. Es de esperar que los valores de fluorescencia de ficocianina lleguen a los 10 ppb en los meses estivales.

Notar que el aumento de la fluorescencia de ficocianina que se observa en la Figura 8 se da luego de que el pico de salinidad, registrado en agosto de 2021, se ha disipado (Figura 4), y que la posterior disminución brusca coincide con un pico relativo en la temperatura del agua (Figura 3), indicando el ingreso de una nueva masa de agua a la zona.

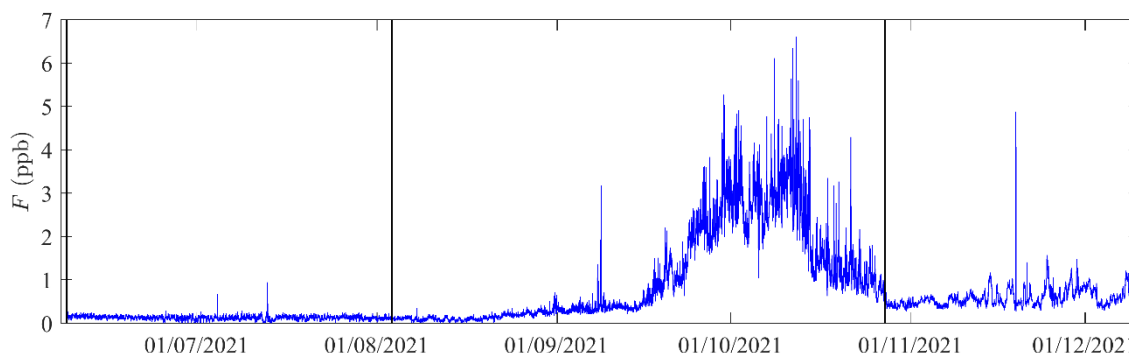


Figura 8: Serie de fluorescencia de ficocianina a 0,5 m del lecho. Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

3.2 Muestras de agua

Se tomaron muestras de agua los días 8 de junio, 3 de agosto, 27 de octubre y 9 de diciembre de 2021. En las tablas de resultados: ND indica que la muestra no estaba disponible; para el caso de los sólidos suspendidos totales, clorofila *a* y color, se incluyen los valores registrados por el sensor fondeado en el momento de extracción de la muestra. A medida que se vayan colectando más muestras será posible hacer ajustes que permitan vincular los valores de los parámetros obtenidos del análisis de muestras con los valores de turbidez y fluorescencia registrados en la medición continua.

El día 3 de agosto de 2021 las fuertes corrientes dificultaron la extracción de muestras a un metro de fondo. Esto podría haber llevado a que la muestra fuera extraída a una profundidad menor, disminuyendo los valores de sólidos suspendidos y aumentando los de clorofila *a* y ficocianina registrados en las muestras.

3.2.1 Sólidos suspendidos totales

Tabla 1: Sólidos suspendidos totales en mg/L (límite de cuantificación 15 mg/L), y turbidez en NTU, registrada por el sensor fondeado en el momento de extracción de la muestra.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Turbidez |
|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 20210608 | 44 | 71 | ND | 120 |
| 20210803 | <15 | <15 | <15 | 52 |
| 20211027 | 15 | <15 | 18 | 37 |
| 20211209 | <15 | <15 | ND | 36 |

3.2.2 Sólidos suspendidos fijos

Tabla 2: Sólidos suspendidos fijos en mg/L.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 20210608 | 37 | 60 | ND |
| 20210803 | <15 | <15 | <15 |
| 20211027 | <15 | <15 | <15 |
| 20211209 | <15 | <15 | ND |

3.2.3 Clorofila *a*

Tabla 3: Clorofila *a* por extracción en µg/L (límite de detección 2,5 µg/L, límite de cuantificación 10 µg/L), y fluorescencia asociada a clorofila *a* en µg/L, registrada por el sensor fondeado en el momento de extracción de la muestra.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Fluorescencia |
|----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| 20210608 | <2,5 | 3,4 | 2,6 | 1,1 |
| 20210803 | 5,7 | 6,4 | 5,8 | 0,8 |
| 20211027 | 9,9 | 8,7 | 9,6 | 2,8 |
| 20211209 | <2,5 | 2,5 | 2,7 | 1,0 |

3.2.4 Color

Tabla 4: Color en mg/L del platino en la escala platino-cobalto, y fluorescencia asociada a CDOM en ppb (partes por billón de equivalente de Quinina deshidratada), registrada por el sensor fondeado en el momento de extracción de la muestra. El 8 de junio de 2021 no se tomaron muestras para determinar color.

| Fecha | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Fluorescencia |
|----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| 20210803 | 37 | 25 | 14 | 14,1 |
| 20211027 | 27 | 22 | 25 | 14,0 |
| 20211209 | 17 | 29 | 20 | 10,6 |

4 Referencias bibliográficas

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition (2017). Baird, R., Rice, E.W., Eaton, A.D., and Bridgewater, L., Editors. American Public Health Association.