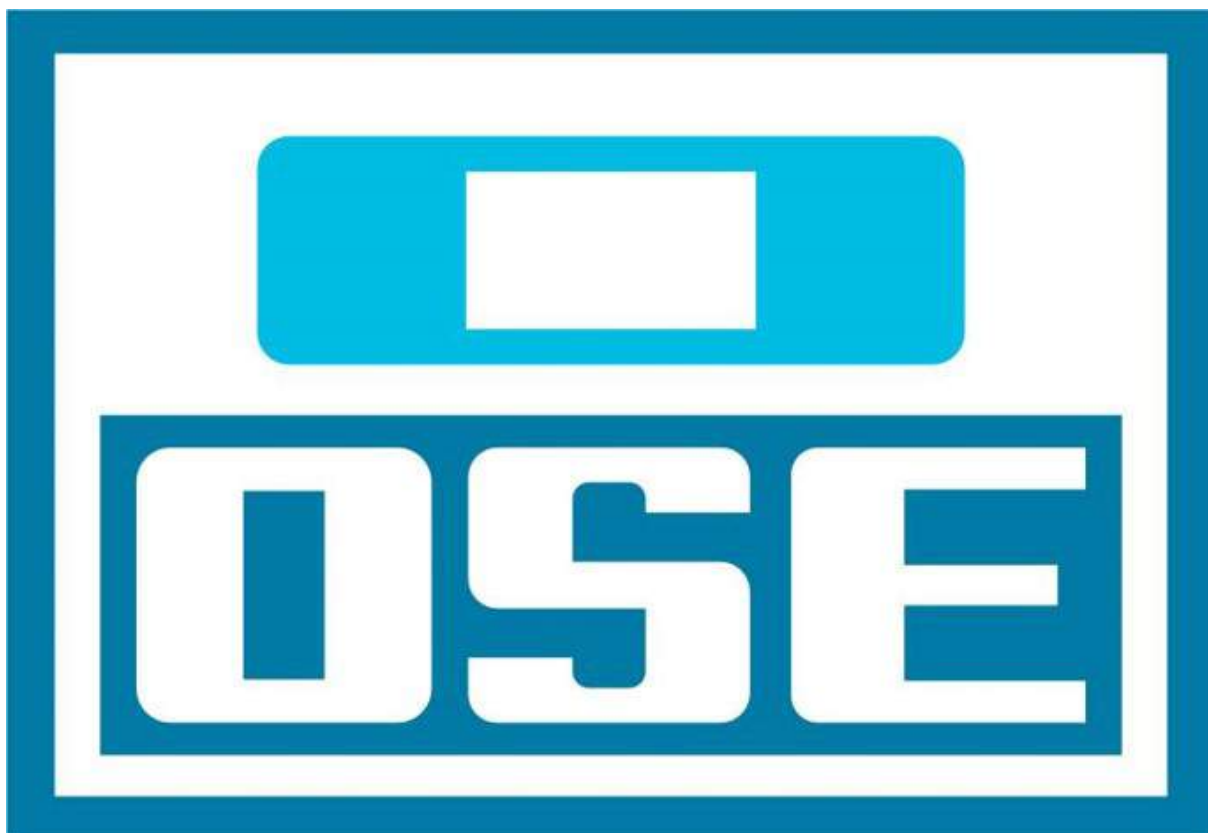
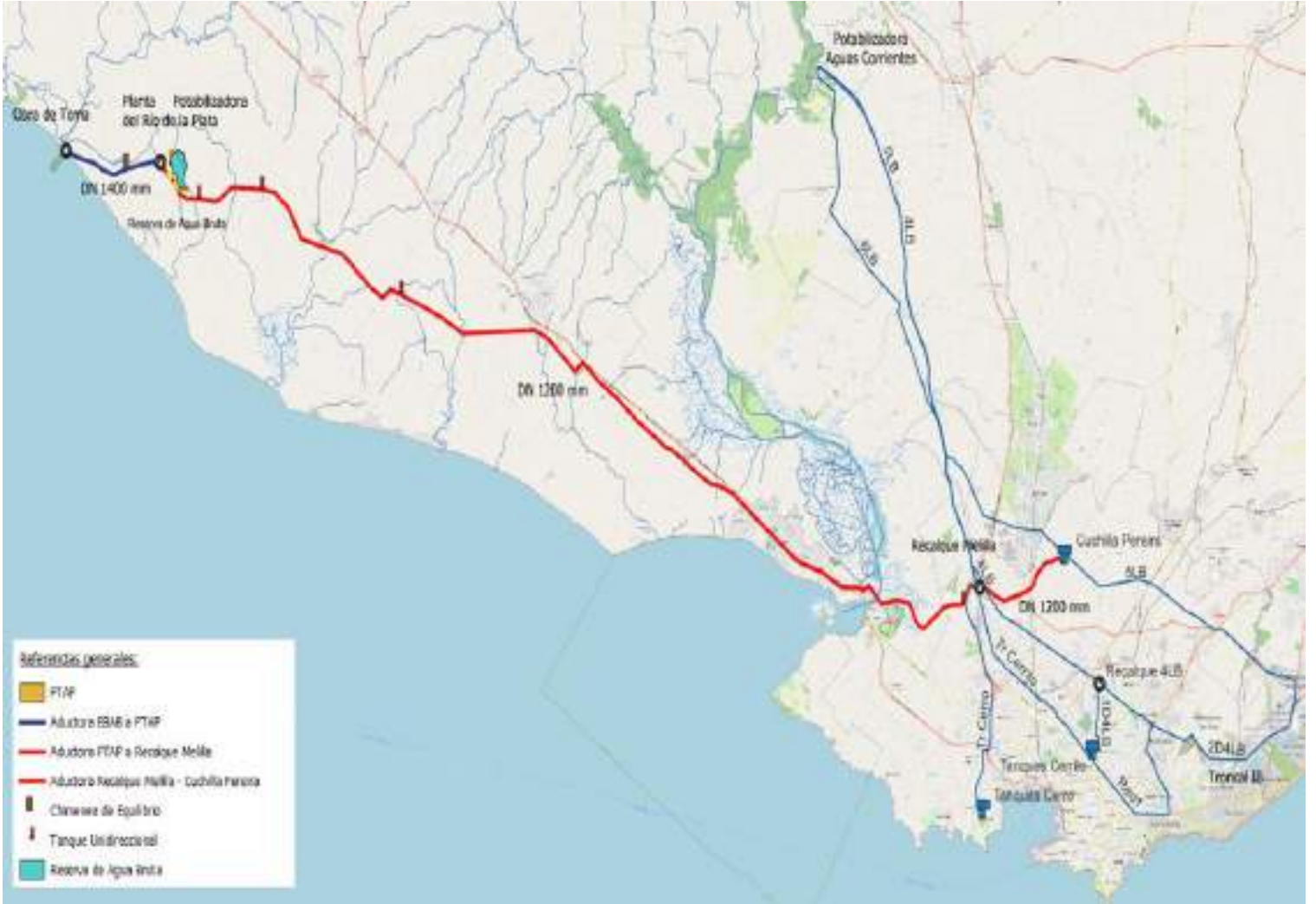


TERCERA REUNIÓN
18.01.2023



ZONA de APLICACIÓN del MODELO





Setiembre 2021 – Diciembre 2022



IMFIA – Facultad de Ingeniería – UdelaR
Setiembre 2021 – Enero 2023

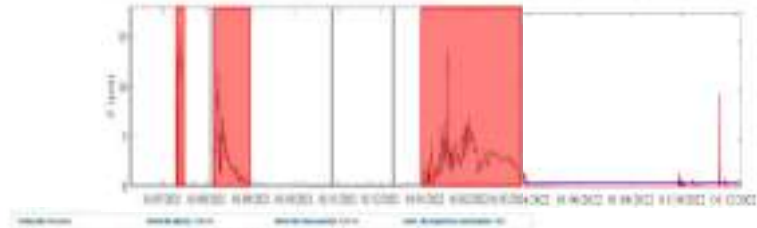


ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PROYECTO ARAZATÍ

V - MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA (evento extraordinario ene-abril 2022)

Salinidad en Arazatí (g/l)

Serie de salinidad del agua a 0,50 m del techo (1 PSU = ppm).



Niveles río Paraná (Rosario RA)



Figura 5-18: Historia de Alturas Hidrológicas en la Ciudad de Rosario (Río Paraná). Período Abril 2021 a Abril 2022 (Fuente: Prefectura Naval Argentina).

Niveles río Uruguay (Concordia RA)

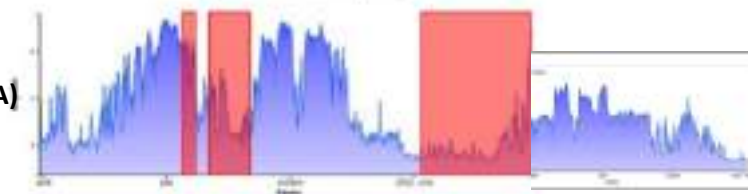


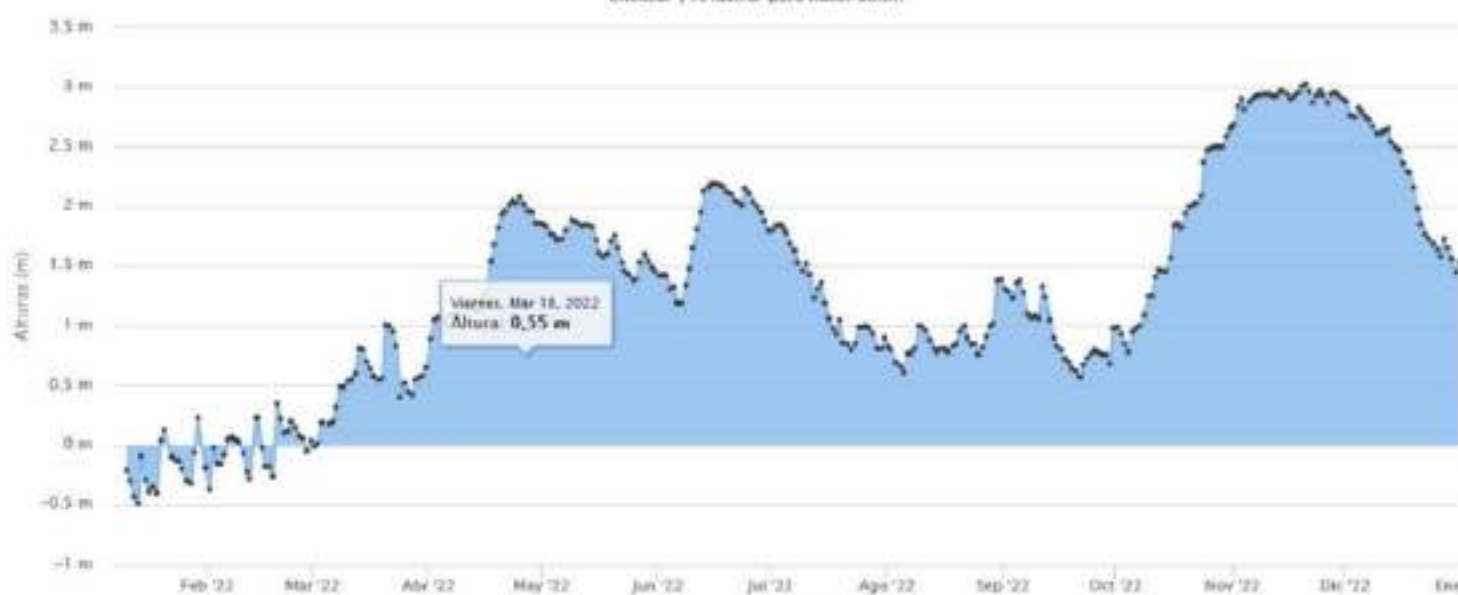
Figura 5-19: Historia de Alturas Hidrológicas en el Puerto de Concordia (Río Uruguay). Período Abril 2021 a Abril 2022 (Fuente: CMBU).

Historial de Alturas Hidrométricas de la Cuenca del Paraná

Estación: Rosario Nivel de alerta: 5,00 m Nivel de evacuación: 5,30 m Cant. de registros mostrados: 362

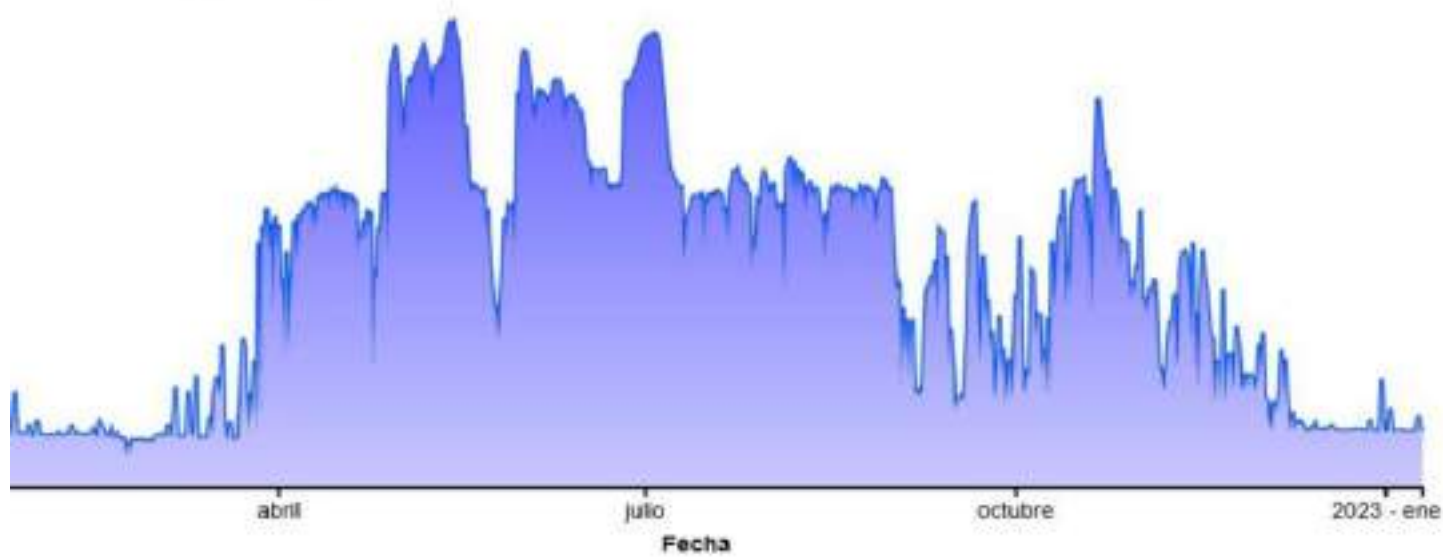
Rosario: Alturas Hidrométricas

Clickear y Arrastrar para hacer zoom



Alturas

Salto Grande Aguas Abajo



LABORATORIO CENTRAL

- La **Conductividad** medida el 29.12.2022: **268 Micro S/cm**
Conductividad Norma de Agua Potable = 2000 Micro S/cm

Corresponde a **Salinidad** = 0.20 PSU como máximo

- **Cloruros: 30 mg/litro**
- **Cloruros Norma Agua Potable: 250 mg/litro**

- La **Conductividad** medida hoy **11.01.2023** del agua potable de la Usina de Aguas Corrientes librada al Sistema Metropolitana:
400 Micro S/cm

Represa Usina **Aguas Corrientes**



LABORATORIO CENTRAL Y LABORATORIO REGIONAL SAN JOSÉ

- La **Conductividad** medida el **11.01.2023**: 131,7 Micro S/cm
Salinidad = 0,122 PSU
- **Conductividad Norma de Agua Potable** = 2000 Micro S/cm
- La **Conductividad** medida el **16.01.2023**: 122 Micro S/cm
Salinidad = 0,100 PSU
- La **Conductividad** medida el **17.01.2022**: 145 Micro S/cm
Salinidad = 0,134 PSU

Periodo [Setiembre **2021** – Enero **2023** (17.01.2023)] = 16,5 meses

Porcentaje = $3/16,5 = 18 \%$

De algo que ocurre con un Tiempo de Recurrencia de 100 años

Modelo Matemático de Calidad de Aguas

- **Un modelo es, en una síntesis, cierta representación de hechos en la naturaleza. En nuestro caso, se trata del desarrollo de técnicas y herramientas para expresar en términos matemáticos los diversos aspectos físicos, químicos y biológicos de los cambios experimentados por sustancias existentes o aportadas al recurso hídrico.**
- **Los modelos de calidad de agua son pues mecanismos de predicción específicos para cada caso.**

Modelo Matemático de Calidad de Aguas

- Los modelos como los modelos hidrodinámicos o los de biología acuática, contribuyen al conocimiento de lo que sucede en el cuerpo de agua. Muy a menudo, constituyen la columna vertebral sobre los que se acoplan modelos complementarios, y otras veces, los insumos obligados de los modelos de calidad de aguas.
- El análisis de las influencias sobre cada cuerpo de aguas así como un conocimiento cabal de las inevitables simplificaciones que introducen los modelos, permiten predecir, con bastante precisión, lo que pasará a ciertos parámetros en un cuerpo de agua en el espacio y en el tiempo.

FINALIDAD DE MODELOS DE CALIDAD DE AGUAS

- Es sabido que usualmente se expresan concentraciones de parámetros de calidad de aguas en unidades que convencionalmente se han adoptado.
- Así por ejemplo las bacterias coliformes se expresan en NMP/100 ml (número más probable en 100 ml de agua); los iones en g/m³, mg/l o ppm (partes por millón) esto último con ciertas reservas; el fitoplancton en microgramos de clorofila "a"/l y otros similares.

Si un cuerpo de agua recibe en cierto punto y durante determinado tiempo un aporte líquido con concentraciones de determinados parámetros, por múltiples razones existe interés en conocer cómo se afectan por ese aporte las concentraciones primitivas de cada parámetro.

FINALIDAD:

- Los modelos de calidad de agua tienen por finalidad determinar las nuevas concentraciones del cuerpo de agua en cada punto y a lo largo del lapso de interés cuando las condiciones de modificación y el estado primitivo son conocidos.

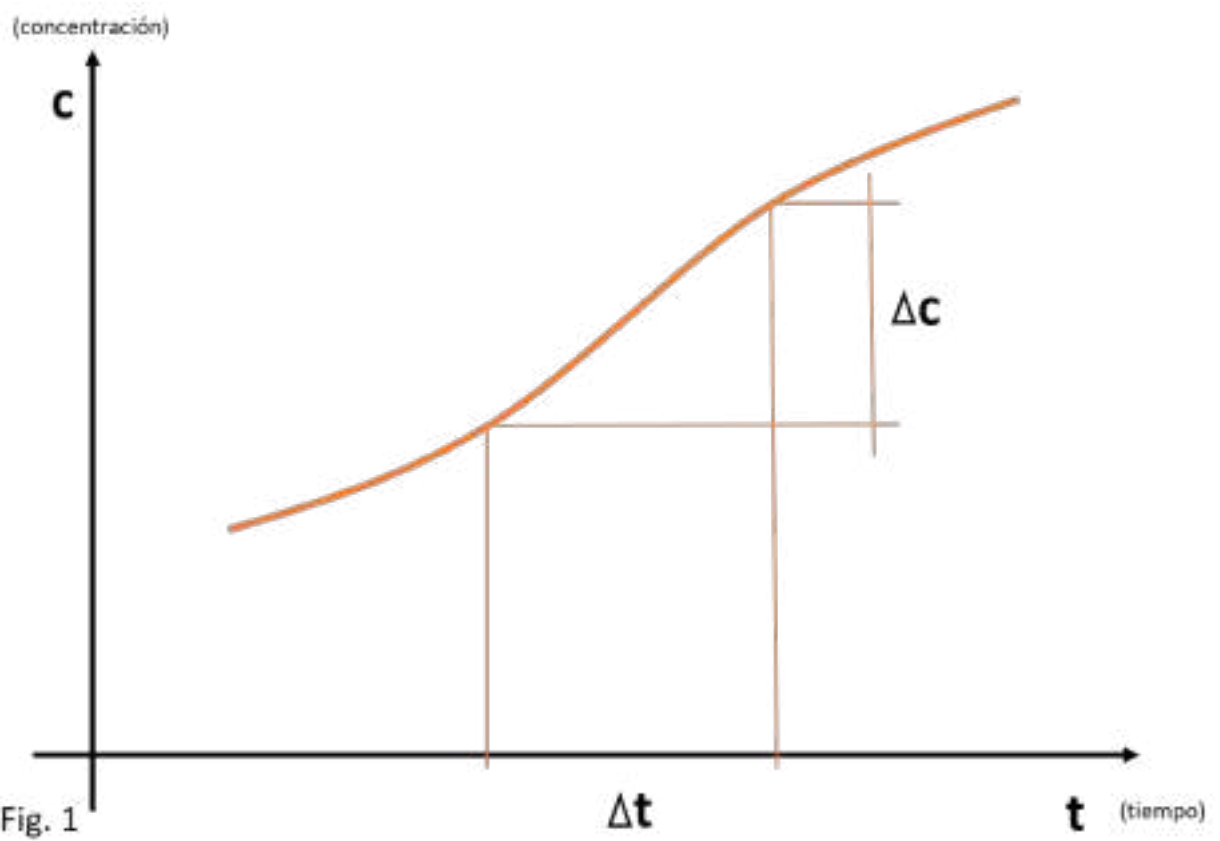
ENFOQUE

- Hay un problema de **Polución** o **Contaminación** de aguas cuando un **uso** de esas aguas está afectado por la polución, ahora, o en el futuro.
- En otras palabras, para determinar la **existencia del problema** se deben evaluar los **daños** (a agua potable, o recreación o agricultura, etcétera, al uso que fuere) y, resuelta la selección de la **Tecnología** para su **control o eliminación**, **comparar con los costos de control** necesarios para reducir esos daños, después de identificar las fuentes de polución.

FINALIDAD DE MODELOS DE CALIDAD DE AGUAS

- La figura precisa este concepto, suponiendo un punto cualquiera.
- Se busca el valor de ΔC para un incremento Δt siendo t el tiempo y C la concentración.
- Como se verá Δt puede ser cualquiera, desde un segundo a un año.

FINALIDAD DE MODELOS DE CALIDAD DE AGUAS



FINALIDAD DE MODELOS DE CALIDAD DE AGUAS

- **En primer lugar, debemos fijar la atención en las escalas de tiempo y espacio que rigen cada problema.**
- **En grandes cuerpos de agua, como por ejemplo el lago Titicaca o el Estuario del Río de la Plata, es de esperar que las respuestas de cambios significativos puedan tomar semanas, meses o aún, años.**

FINALIDAD DE MODELOS DE CALIDAD DE AGUAS

- **También aparece la influencia de las condiciones geomorfológicas, hidrológicas e hidrodinámicas.**
- **Aun en un cuerpo de agua geomorfológicamente definido es menester considerar usualmente diferencias en respuestas de concentraciones cuando varían las condiciones hidrológicas (por ejemplo estacionalmente) o hidrodinámicas (influencia de vientos en océanos, etc.).**

ESTRUCTURA GENERAL DE LOS MODELOS

- Para que un modelo de calidad de aguas pueda ser aplicado confiablemente para predecir las condiciones de los diversos parámetros en el futuro, tiene que cumplir una condición básica: **reproducir aceptablemente las condiciones actuales.**
- Por esto se quiere decir que si uno o más parámetros están indicados para ser seleccionados como representativos de los cambios de calidad que interesa investigar, es esencial que el modelo elegido **calcule los valores de concentración en el momento actual (o anteriormente) de modo que sean sensiblemente iguales a los que se determinen por pruebas de campo y laboratorio.**

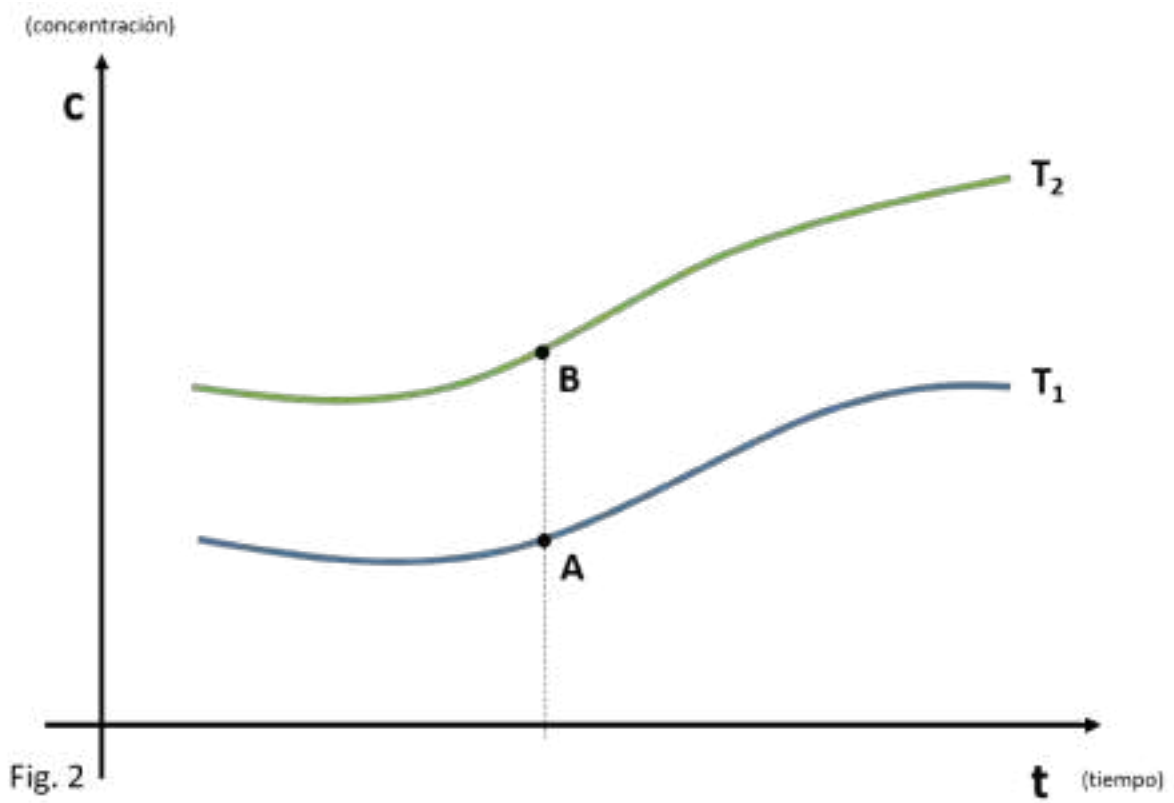
CALIBRACIÓN

- Esto es lo que se llama **CALIBRACIÓN** de un modelo. Como la calibración se refiere generalmente a un intervalo de tiempo (por ejemplo estacional o con determinadas condiciones hidrometeorológicas) normalmente se valida la calibración y el modelo con otro período estacional o lapso de modo que también se reproduzcan las condiciones actuales

CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

- En la figura siguiente (también con condiciones en un punto) se aprecian estos conceptos.
- La concentración se estudia de modo que el modelo reproduzca el valor de campo en A (**CALIBRACIÓN**) con condiciones indicadas por la temperatura T1 pero que en realidad refleja las variables estacionales.
- La **VALIDACIÓN** sería la reproducción del punto B para condiciones T2.

VALIDACIÓN



CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

- Tanto la **CALIBRACIÓN** como la **VALIDACIÓN** reflejan las diversas influencias que inciden en los modelos aplicados.
- Cambiando ciertos valores de los componentes de los modelos, tanto el **CALIBRADO** como la **VALIDACIÓN** cambiarán en diversos grados.
- Esto es el fundamento de las pruebas de sensibilidad de estas operaciones de comprobación. Con ellas es posible apreciar el impacto de cada componente del modelo en el ajuste a las condiciones actuales.

ESTRUCTURA

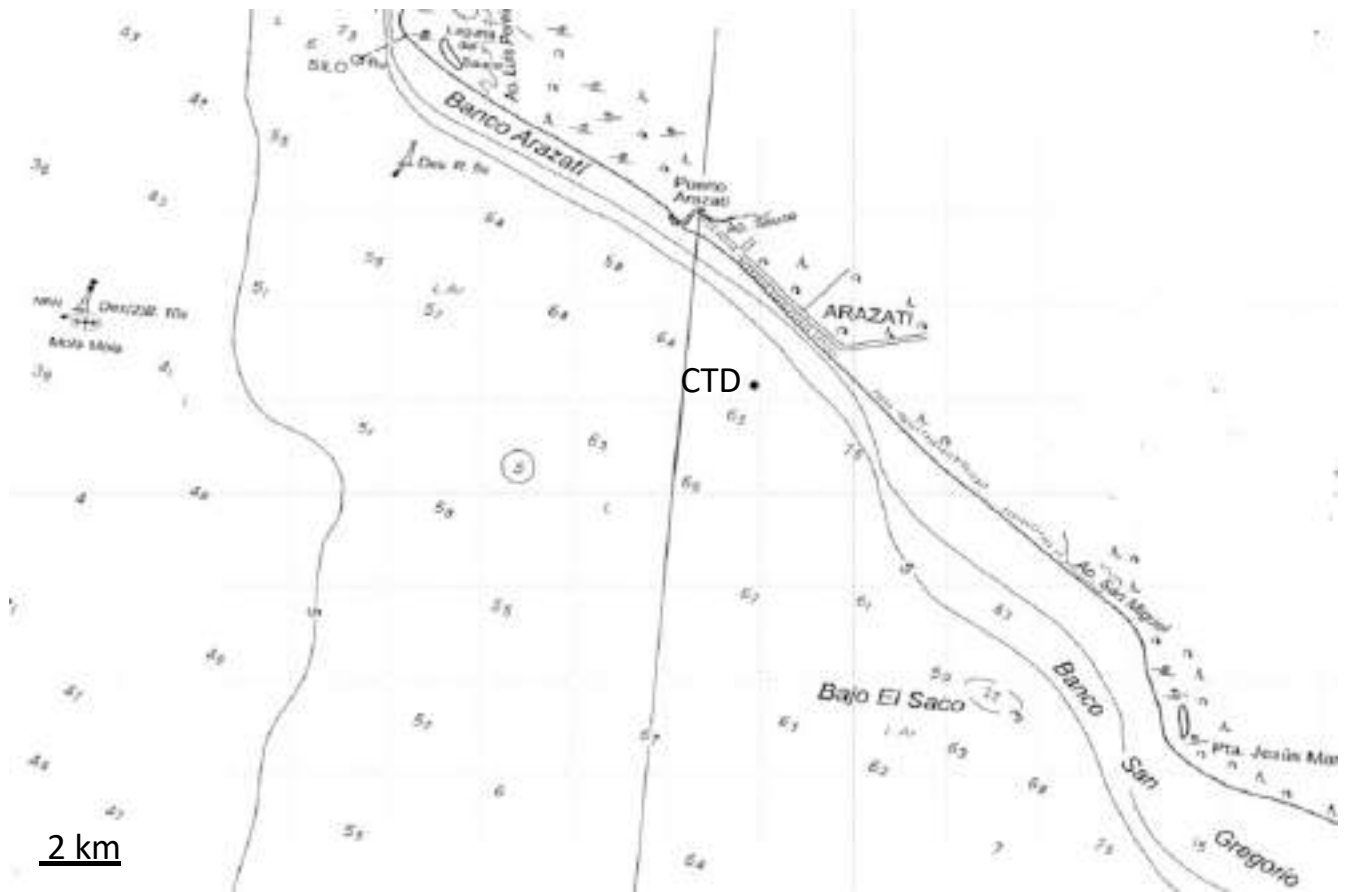
- Los componentes de la estructura de los modelos, se definen teniendo en cuenta las acciones fundamentales que sufre un «contaminante» en el cuerpo de aguas..
- Cuando una carga de contaminante se introduce en un cuerpo de agua, aquél sufre tres acciones fundamentales: (a) Dispersión (b) Transporte advectivo (c) Transformación (reacción o degradación)
- Si halláramos la manera de conocer cómo se producen estos cambios de concentración por esas acciones, en el tiempo y en el espacio, tendremos definido nuestro modelo.



UdelaR

- 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**
- **Informes incluyen 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 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.**

Emplazamiento de punto de medición



UdelaR

- 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.**
- **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 -6,4 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.**

UdelaR

- **Parámetros registrados:**
- ***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.

UdelaR

- ***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.
- ***Temperatura***
- Es registrada directamente por el CTD.
- ***Salinidad***
- A partir de los registros de conductividad, temperatura y presión se calcula la salinidad del agua expresada en practical salinity units (PSU).
- ***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.
- ***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.

UdelaR

- **Fluorescencia de clorofila α** ¿Dónde se encuentra la clorofila A?
- La **clorofila es** un pigmento de color verde que **se encuentra** en las hojas de las plantas. Este compuesto **es un fotoreceptor**, es decir que captura la luz solar y la utiliza para hacer la fotosíntesis, un proceso mediante el cual **se** crean azúcares y otros nutrientes que alimentan la planta.
- 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 α . Los valores de fluorescencia asociada a clorofila-a reportados a continuación fueron corregidos por temperatura, fluorescencia de CDOM y turbidez.
- **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.

UdelaR

- **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.
- ***Sólidos suspendidos totales***
- Realizado de acuerdo con la técnica SM 2540 D. Límite de cuantificación 15 mg/L.
- ***Sólidos suspendidos fijos***
- Realizado de acuerdo con la técnica SM 2540 D/E. Límite de cuantificación 15 mg/L.
- ***Clorofila a***
- Realizado de acuerdo con la técnica SM 10200 H. Límite de detección 2,5 µg/L. Límite de cuantificación 10 µg/L.
- ***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.

PROYECTO ARAZATÍ CALIDAD DE AGUA BRUTA

Muestras tomadas en la zona de Arazatí en el período Mayo 2003 – Abril 2005 (OSE):

Parámetro	Mínimo	Máximo	Mediana	Percentil 95%
Color verdadero (U Pt-Co)	8,1	280,0	63	149,9
Conductividad (uS/cm)	25	6366	215	1266
pH	7,0	8,6	7,7	8,1
Turbiedad (NTU)	16,0	242,0	39,0	123,2
Alcalinidad Total (mgCaCO ₃ /L)	30,0	164,0	54,0	118,0
Fitoplancton + Zooplancton (cel/mL)	0	3996 (*)	11	688
Cloruros (mgCl ⁻ /L)	3,4	1829,0	21,0	316,0
NTK (mg/L)	0,49	1,02	0,74	0,99
PT (mg/L)	0,11	0,79	0,24	0,70
SST (mg/L)	21,0	53,0	42,0	51,9

(*) Registros históricos de cianobacterias 100.000 cel/ml y microcistina 20 µg/l en costa C/SJ

PROYECTO ARAZATÍ

CALIDAD DE AGUA BRUTA

Datos monitoreo continuo
Sonda IMFIA (Jun-Dic 2021):

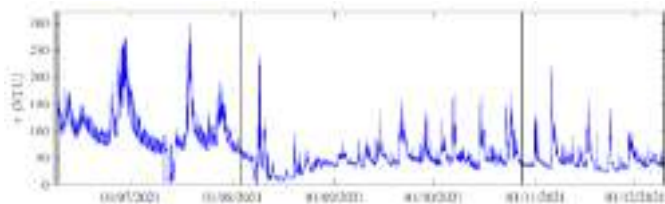


Figura 5: Serie de turbidez del agua a 0,5 m del lecho (1 NTU = 0,5 mg/L de SST). Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

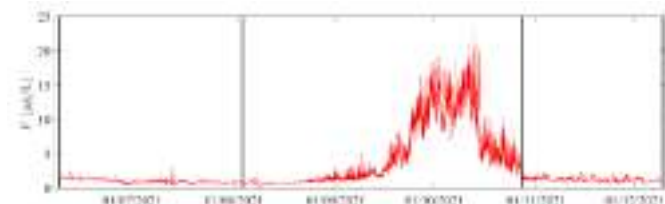


Figura 7: Serie de fluorescencia de clorofila a a 0,5 m del lecho. Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

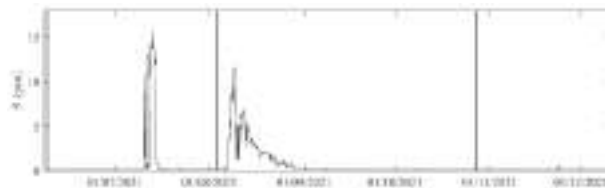


Figura 4: Serie de salinidad del agua a 0,5 m del lecho (1 PSU = 1 ppt). Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

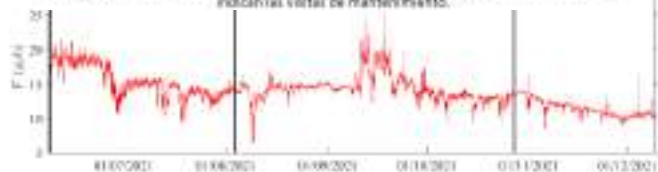


Figura 6: Serie de fluorescencia de CDOM a 0,5 m del lecho. Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

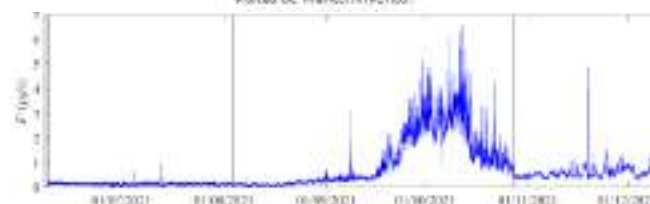


Figura 8: Serie de fluorescencia de fucoxantina a 0,5 m del lecho. Las líneas verticales indican las visitas de mantenimiento.

PROYECTO ARAZATÍ

CALIDAD DE AGUA BRUTA

Análisis FQ e Hidrobiológico 2021:

Parámetro	08/11/2021	22/12/2021
Color verdadero (U Pt-Co)	61	28
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)*	172	126,9
pH	8,2	7,6
Turbiedad (NTU)	31	24
Alcalinidad Total (mgCaCO ₃ /L)	33	31
Fitoplancton / Cianobacterias	No identificado / No identificado	Identificado / Identificado
Cloruros (mgCl-/L)	17	27
NTK (mg/L)	<5	<2
PT (mg/L)	0,3	0,2
SST (mg/L)	<15	19

(*) Promedio de los las muestras a distintas profundidades.

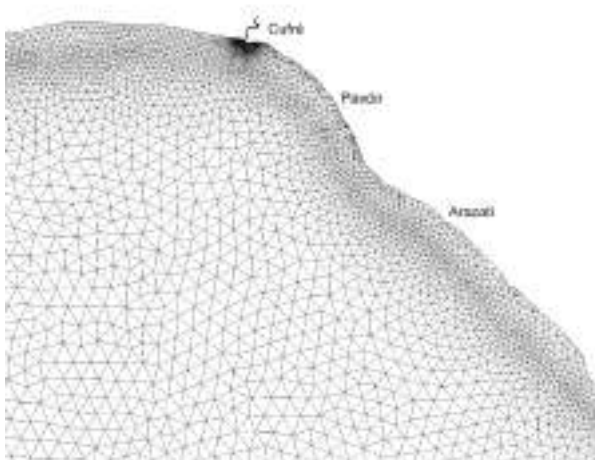
Parámetro	08/11/2021	22/12/2021
Salinidad (ups)	0,1	0,1
Cloruros (mg/L)	17	27
COT (mg/L)	<4	<4
Clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$)	3,8	11,0
Ficocianina ($\mu\text{g}/\text{L}$)	<7	<7
Microcistina ($\mu\text{g}/\text{L}$)	<0,35	<0,08
Atrazina ($\mu\text{g}/\text{L}$)	33	31

Comentarios:

- Consistencia con información antecedente.
- Consistencia entre muestreos puntuales y datos continuos de sonda.

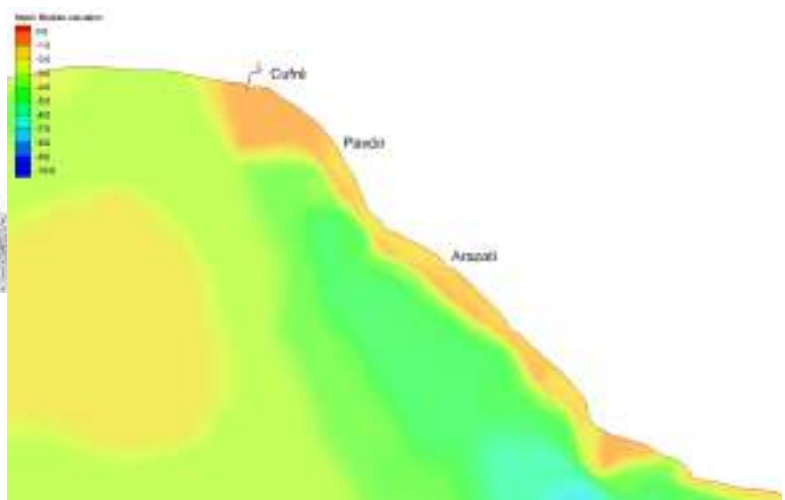
PROYECTO ARAZATI

MODELACIÓN DE LA SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA (ARAZATÍ)



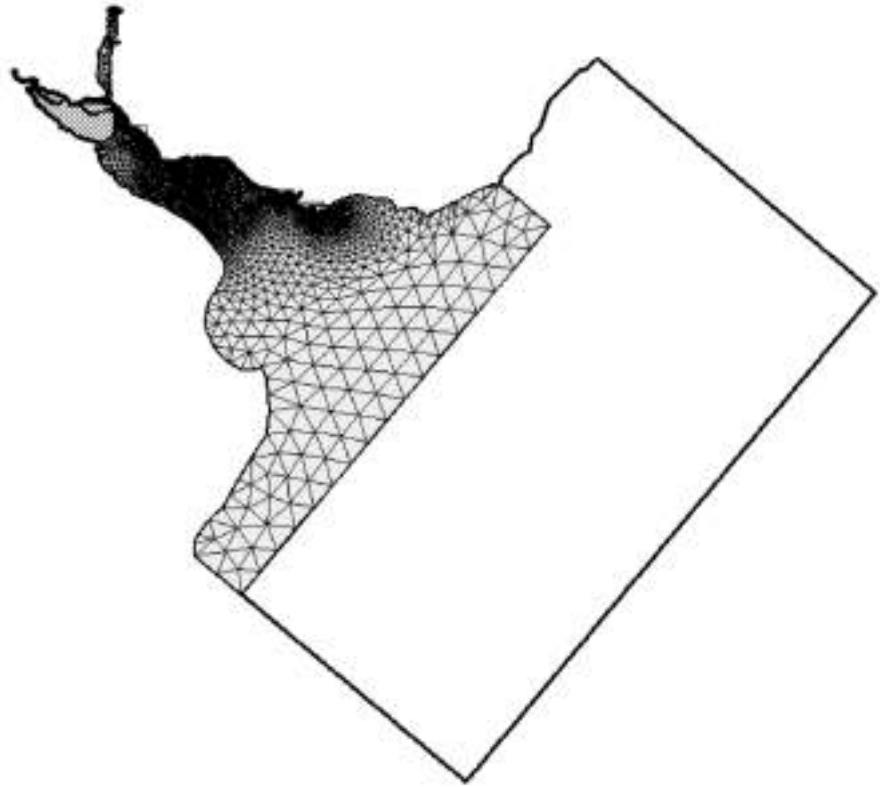
Malla de cálculo del modelo

Batimetría en la zona de Arazatí



PROYECTO ARAZATÍ

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA



PROYECTO ARAZATI

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA

Metodología:

- El estudio de la salinidad del agua se realizó básicamente utilizando un modelo numérico bidimensional hidrodinámico, acoplado con el módulo de transporte de salinidad, calibrado a partir de información relevada en la zona de estudio (campañas OSE mayo2003-abril2005).
- Se empleó el modelo numérico RMA-10 para representar las características hidrodinámicas de la zona costera del Río de la Plata en zona Arazatí-Cufré.
- Se consideraron escenarios de análisis determinados a partir de los factores relevantes que provocan la penetración de salinidad en el estuario del Río de la Plata: dirección e intensidad de vientos (SE) y aportes fluviales de ríos Paraná y Uruguay.
- Se consideraron: la **marea meteorológica** que se refiere al ascenso y descenso del nivel del agua provocado por **acción del viento** y las fluctuaciones en la **presión atmosférica** y la **marea astronómica rotación de la tierra y atracción lunar** (ambas son variaciones del nivel del mar que no tienen que ver con el oleaje). Y

PROYECTO ARAZATÍ

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA

Condiciones para **CALIBRACIÓN** del modelo:

- El modelo del Río de la Plata (RP) fue calibrado, colocando la frontera oceánica próximo a la línea PTE-San Clemente, lo cual permitió reducir el dominio de cálculo.
- Asimismo, la ubicación de la frontera oceánica a una zona menos profunda, permite acoplar el modelo del RP con otro modelo oceánico global (que se llama Copernicus) que suministra las condiciones de nivel de marea meteorológica y de salinidad en toda la frontera del modelo del RP. A estos valores de niveles de marea meteorológica se le suma a marea astronómica calculada con otro modelo oceánico solo de marea que se llama FES2014. De esta forma, las condiciones de borde en la frontera oceánica son muy superiores a las que usaba anteriormente (esta información solo existe para los años 2018 a 2021).
- Respecto de los vientos, se sigue utilizando los resultados de modelo denominado ERA5 de la ECMFW. Los datos de vientos de ERA5 fueron ajustados para las 8 direcciones de la rosa de vientos con 5 años de datos medidos de Pontón Recalada. Adicionalmente se realizó otro ajuste especialmente para las direcciones del N-NE-E, de forma de ajustar las salinidades del modelo a las mediciones del CTD.
- Se dispuso de las mediciones continuas **entre junio y diciembre 2021** para la revisión de la calibración.
- Se realizó la simulación de una serie diaria de 28 años comprendidos entre 1993 a 2021.

PROYECTO ARAZATI

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA – ESCENARIOS

Los escenarios de simulación fueron definidos básicamente en función de 3 variables que FUERZAN EL MODELO: vientos, caudales fluviales y niveles oceánicos.

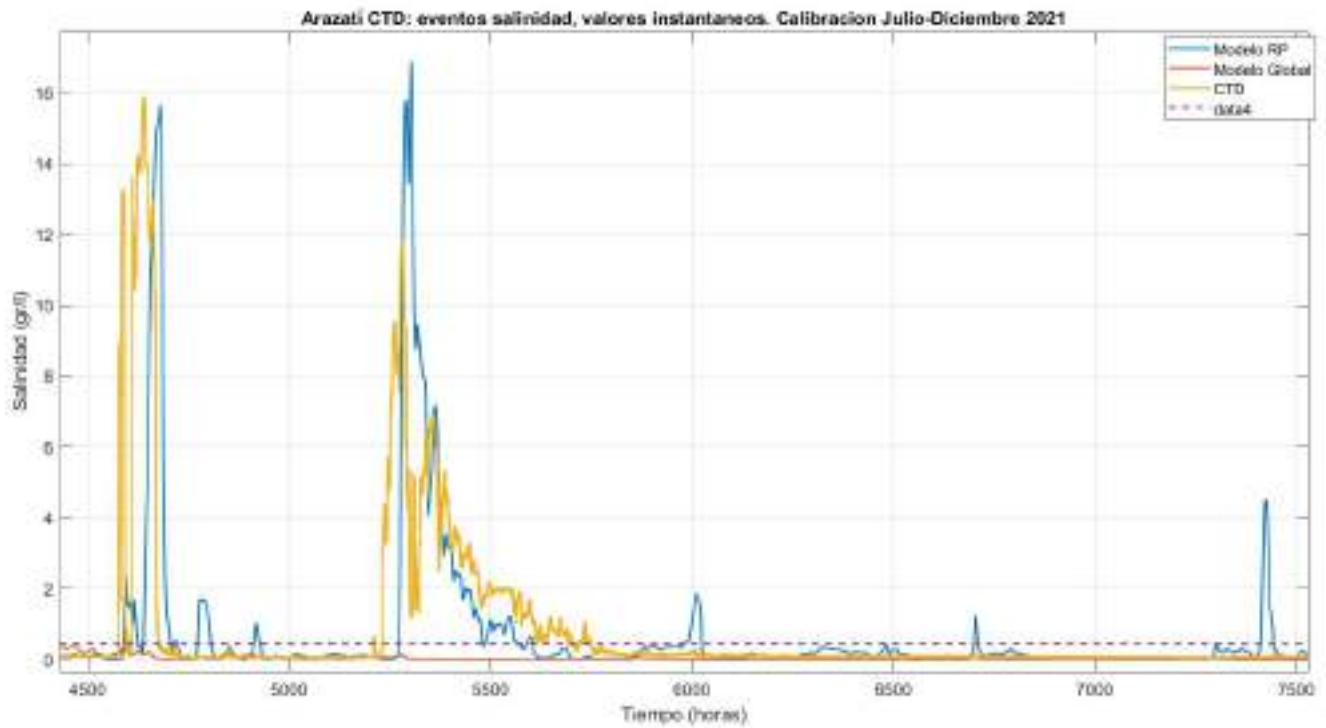
- Vientos: se trabajó con vientos horarios obtenidos del ECMWF para el periodo 1993-2020, en una grilla de 0,25 grados x 0,25 grados en latitud y longitud, la cual fue interpolada a la malla del modelo.
- Caudales: la tabla siguiente define los valores característicos de los caudales fluviales altos (percentil 25% de superación), medios y bajos (percentil 75% de superación), utilizados en las simulaciones:

Mean, high and low flow discharges (m³/s) for main tributaries of the Río de la Plata

	Flow discharge (m ³ /s)			Total
	Paraná Las Palmas River	Paraná Guazú River	Uruguay River	
Mean flow	4050	13600	4650	22300
High flow	6800	22800	10400	40000
Low flow	3000	10200	1800	15000

PROYECTO ARAZATÍ

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA (AJUSTE Y CALIBRACIÓN)



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PROYECTO ARAZATÍ

V - MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA - RESULTADOS

Resultados de la modelación extendida de salinidad en el Río de la Plata:

Resumen de resultados de la simulación extendida. P1: Cufre, P2: Pavón, P6: Arazatí (28 años de simulación)

Simulación: 28 años	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Numero de eventos salinidad	27	35	33	35	51	72	67
Valor maximo de salinidad (gr/l)	4.9	5.8	5.1	5.0	6.9	6.9	10.0
Salinidad percentil 95% (gr/l)	3.2	2.7	2.7	3.5	4.1	4.0	5.1
Salinidad percentil 90% (gr/l)	2.6	2.1	2.2	2.6	3.6	3.2	3.7
Salinidad percentil 50% (gr/l)	0.9	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8
Duración promedio eventos (horas)	88	81	84	84	81	76	82
Duración máxima (horas)	833	862	873	878	875	886	885
Duración percentil 95% (horas)	378	290	302	296	228	255	274
Duración percentil 90% (horas)	179	131	153	151	147	150	149
Duración mínima (horas)	5	7	1	5	1	1	3

Notas:

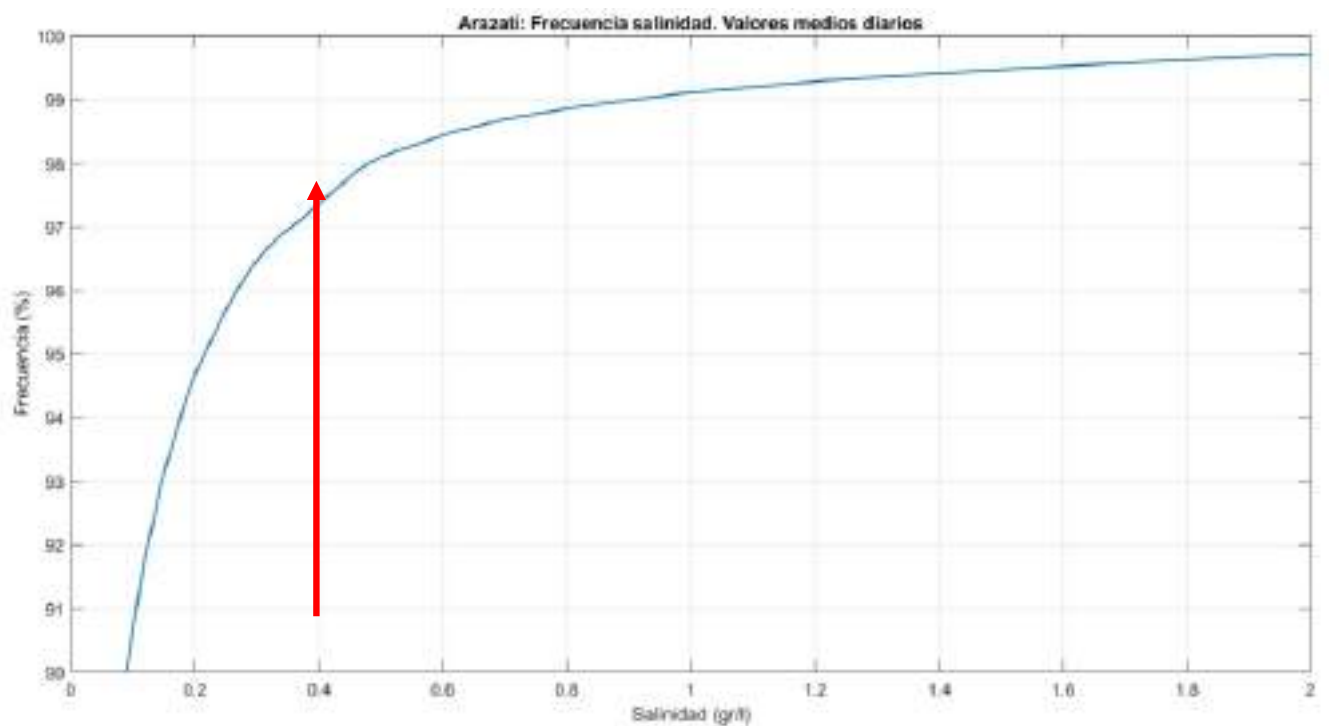
- Frecuencia de eventos de salinidad: $72/28 = 2,5$ eventos por año, de duración media 76 h (3,1 días) y mediana de salinidad de 0,7 g/l.
- Valores indicados de salinidad (percentiles) corresponden solo al análisis estadístico de eventos por encima de limite 0,45 g/l.

PROYECTO ARAZATÍ

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA - RESULTADOS

Resultados de la modelación extendida de salinidad en el Río de la Plata:

Curva de frecuencia de salinidad en **ARAZATÍ** (28 años de simulación)



PROYECTO ARAZATI

CONCLUSIONES

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA - CONCLUSIONES

Conclusiones de la modelación extendida de salinidad en el Río de la Plata:

- En **ARAZATÍ**, aproximadamente el 97,5% del tiempo la salinidad es inferior a 0,45g/l, por lo cual el 2,5% (9,1 días al año) es superior.
- Ocurrieron 72 eventos en los 28 años de simulación, lo cual significa en promedio 2,5 eventos por año.
- Respecto a la duración de los eventos, la duración correspondiente al percentil 90% es de 150 horas, y el 10% de los eventos tienen una duración inferior a 7,25 horas
- El ajuste de la distribución de extremos a la duración de los eventos salinos en **ARAZATÍ** permite estimar que el evento de duración de 42 días tiene asociado un periodo de retorno superior a 50 años.

PROYECTO ARAZATI

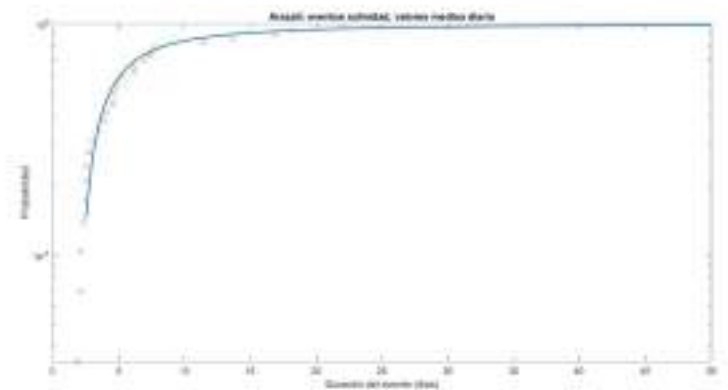
MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA - RESULTADOS

Resultados de la modelación extendida de salinidad en el Río de la Plata:

Duración de eventos extremos en Arazatí

A partir de la serie de valores de duración de los eventos, se agruparon y seleccionaron los 28 eventos de mayor duración para efectuar el análisis de valores extremos.

A dicha serie de datos, se le ajustó la distribución de extremos generalizada (GEV) que fue la que mejor ajuste presentaba.



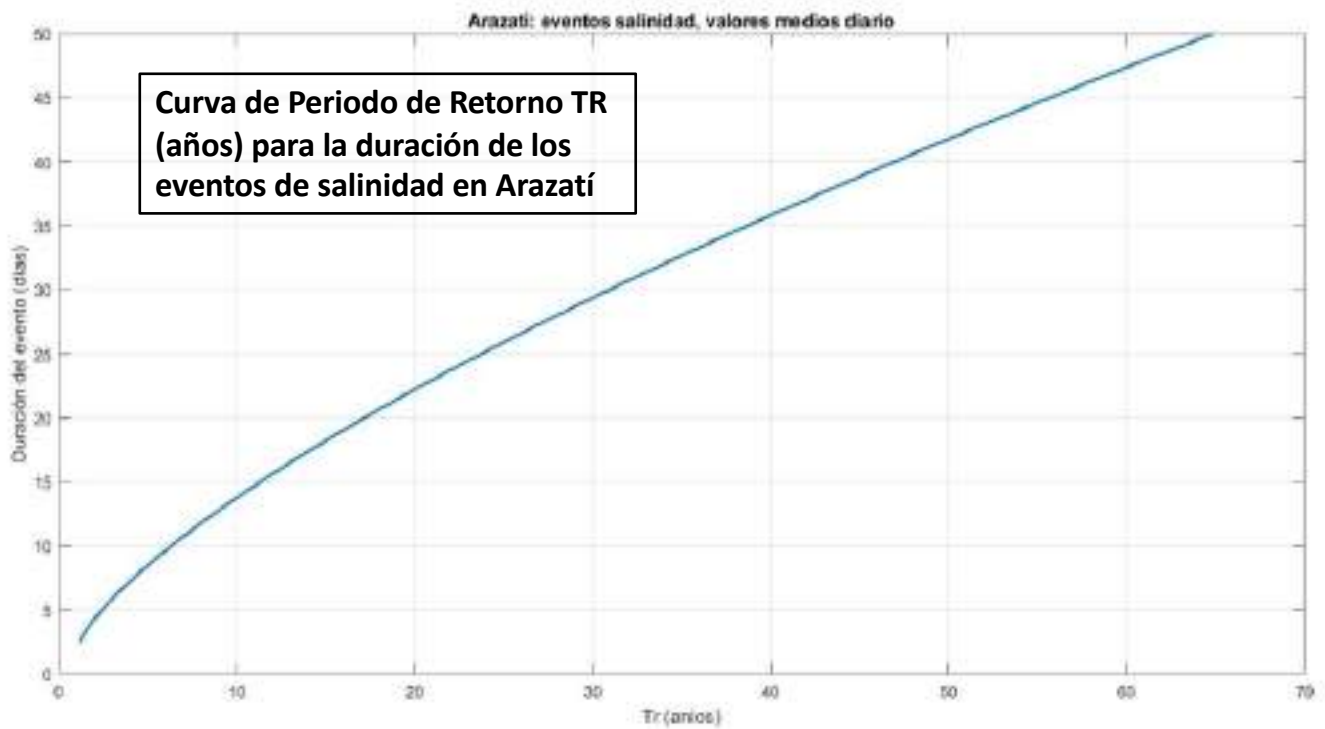
Curva de densidad de probabilidades GEV para la duración de los eventos de salinidad en **ARAZATÍ** (28 años de simulación)

PROYECTO ARAZATI

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA - RESULTADOS

Resultados de la modelación extendida de salinidad en el Río de la Plata:

Duración de eventos extremos en **ARAZATÍ**



PROYECTO ARAZATÍ

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA (evento extraordinario enero-abril 2022)

Se procedió a realizar un análisis del evento extremo observado durante el primer trimestre de 2022 correspondiente a **86 días** con salinidad por encima de 0,45 mg/l.

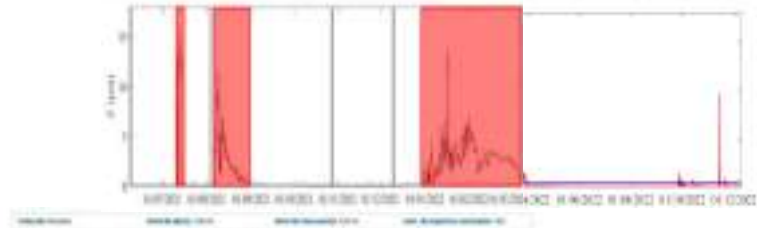
Se analizaron a estos efectos, los factores determinantes para la ocurrencia de dicho evento, particularmente en la **componente de aportes fluviales**, lo que puede ser visualizado en la siguiente correlación vertical entre niveles de ríos Paraná (puerto Rosario) y Uruguay (Concordia), junto con los datos medidos de salinidad en Arazatí:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PROYECTO ARAZATÍ

V - MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA (evento extraordinario ene-abril 2022)

Salinidad en Arazatí (g/l)

Serie de salinidad del agua a 0,50 m del techo (1 PSU = ppm).



Niveles río Paraná (Rosario RA)



Figura 5-18: Historia de Afluentes Hidrológicos en la Ciudad de Rosario (Río Paraná). Período Abril 2021 a Abril 2022 (Fuente: Prefectura Naval Argentina).

Niveles río Uruguay (Concordia RA)

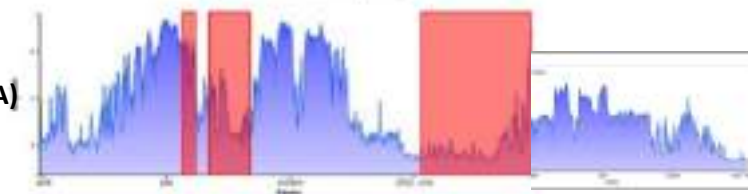
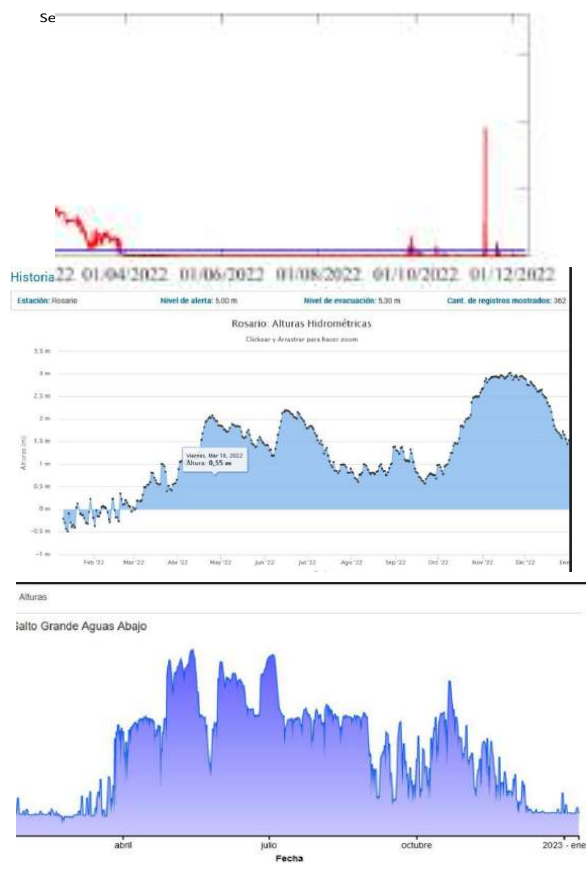


Figura 5-19: Historia de Afluentes Hidrológicos en el Puerto de Concordia (Río Uruguay). Período Abril 2021 a Abril 2022 (Fuente: CBRU).

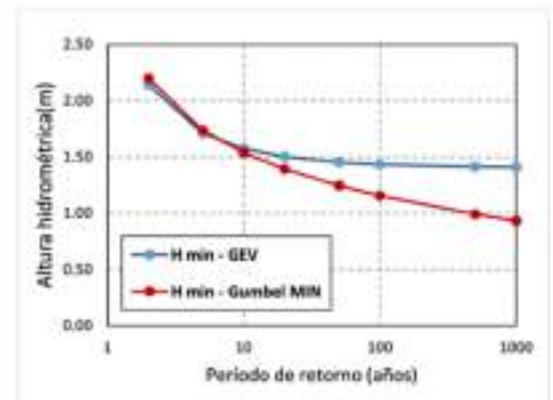
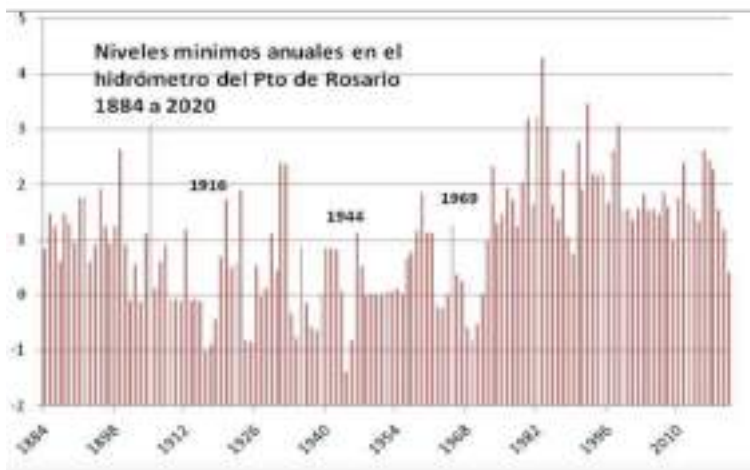
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PROYECTO ARAZATÍ

V - MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA (evento extraordinario ene-abril 2022)



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PROYECTO ARAZATÍ

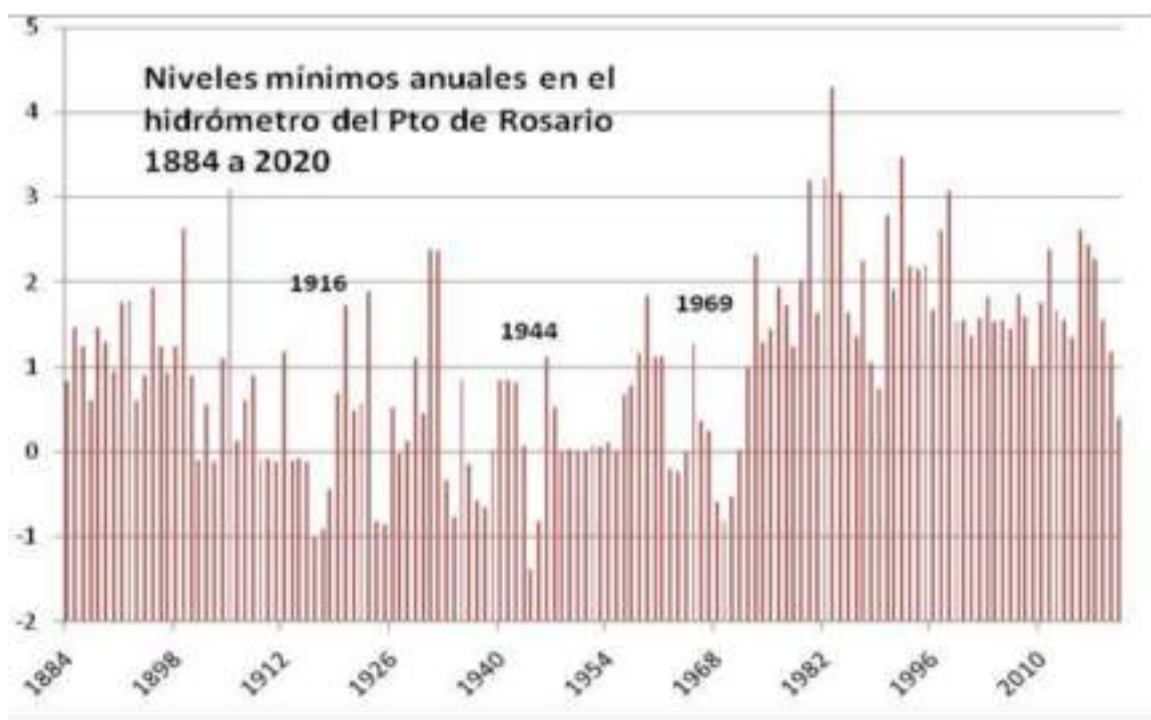
MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA (niveles mínimos anuales río Paraná en Rosario-RA y tiempo de recurrencia)



- No se registran niveles de escala en Rosario-RA $< 0,00\text{m}$ desde 1970.
- Tiempo de recurrencia $H < -0,50\text{ m}$ (> 100 años)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PROYECTO ARAZATÍ

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA (niveles mínimos anuales río Paraná en Rosario-RA)



PROYECTO ARAZATÍ

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA CONCLUSIONES

- Se observa una perfecta correlación entre los eventos de salinidad (duración) y los períodos de bajantes extremas en ríos **Paraná y Uruguay**.
- Los caudales mínimos asociados a los niveles registrados de ríos **Paraná/Uruguay** en **agosto/setiembre 2021** y **enero/marzo 2022**, corresponden a caudales medios para ambos períodos de 7000 m³/s en el río Paraná y 500 m³/s en el río Uruguay. Tener en cuenta que los niveles bajos de caudal, asociados al cuartil 25% se ubican en 15.000 m³/s (doble del valor mínimo extremo registrado en 2021-2022).
- Dichos rangos de caudales ^{xx}no tienen registros precedentes en las mediciones desde 1970 y se asocian a tiempos de recurrencia superiores a 50 años (aún existen estudios con referencias a TR superiores a 100 años).
- La ocurrencia de este episodio extremo está dentro de las probabilidades de eventos extremos según modelación y análisis (item e) anterior), para tiempo de recurrencia en el entorno de 80 años.

PROYECTO ARAZATÍ

MODELACIÓN DE SALINIDAD EN EL RÍO DE LA PLATA CONCLUSIONES

- El episodio de salinidad observado en Arazatí durante los meses de enero a abril de 2022, resultó ser absolutamente extraordinario por su duración (86 días) y tiene como factor relevante la ocurrencia de eventos de estiaje mínimos históricos absolutos de sus principales tributarios (Paraná y Uruguay), con período de retorno de ocurrencia mayor a 50 años (y posiblemente cercanos a los 100 años).
- Estos caudales mínimos extraordinarios se han observado durante períodos prolongados de tiempo durante el año 2021 y al inicio del 2022, ocasionando así que la zona de transición del frente salino se haya desplazado río arriba en el Río de la Plata, asociados con eventos de viento de menor magnitud, provocando los episodios de salinidad observados en Arazatí y aún en estaciones ubicadas aguas arriba en la costa uruguaya (ej. Juan Lacaze).
- En función de la excepcionalidad de tales eventos de estiaje y consecuentemente de salinidad asociados, y de acuerdo al análisis antes expuesto, se considera que son válidas las conclusiones expuestas en el EEFF (versión final), en cuanto a que el dimensionado propuesto en el Proyecto para la reserva de agua dulce (polder) con 4,0 Hm³ de capacidad útil (equivalente a más de 25 días de extracción a capacidad máxima de producción de la nueva Planta Potabilizadora), resulta suficiente para atender la demanda del sistema y en condiciones de satisfacer la oferta de agua pretendida de primera etapa de 160.000 m³/d, con un nivel de seguridad asociado a tiempos de retorno de hasta aproximadamente 25 años. Ese TR aumenta considerando el sistema integrado con PTAP AC, en función de la ocurrencia de este evento extremo coincidiendo con la máxima demanda de producción diaria de final de período.
- Siempre cabe la posibilidad de ampliar dicha reserva (volumen de polder) para aumentar dicho nivel de reserva con los siguientes niveles de seguridad:
 - Volumen polder 4,0 Hm³: TR > 25 años
 - Volumen polder 9,7 Hm³: TR > 50 años
 - Volumen polder 14,0 Hm³: TR > 80 años

PROYECTO ARAZATI PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Objetivo: realizar una descripción física del cuerpo Río de la Plata, incluyendo una caracterización desde el punto de vista físico-químico e hidrobiológico en el área de potencial captación entre Pto. Arazatí y Bocas del Arroyo Cufre, a fin de confirmar su capacidad potencial como fuente y resumir las condiciones de la misma, a efectos de seleccionar adecuadamente el proceso de tratamiento en la nueva PTAP Río de la Plata.

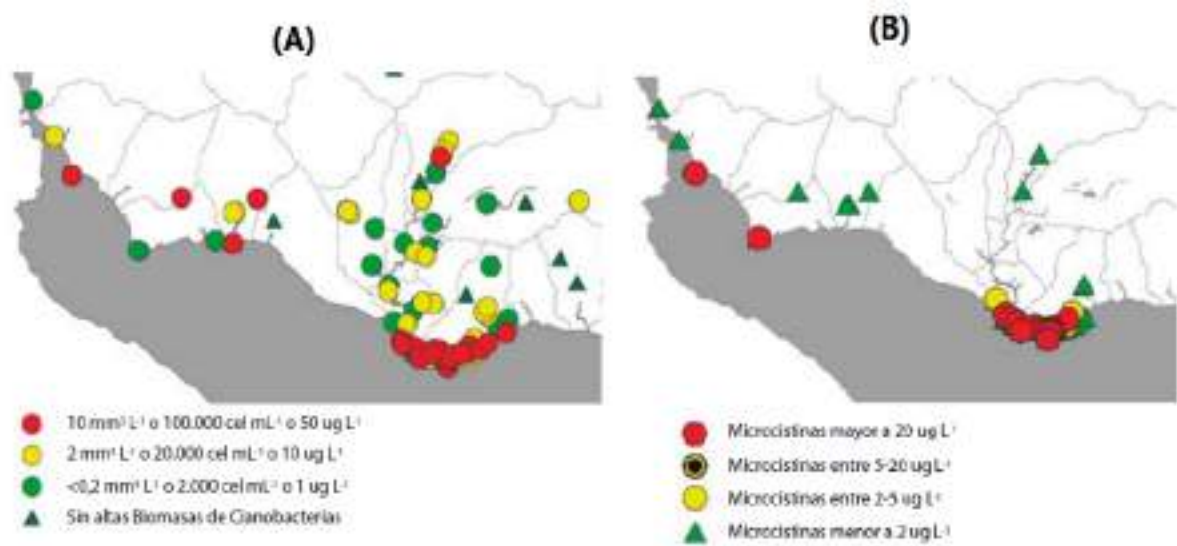
Parámetro	Mínimo	Máximo	Mediana	Percentil 95%
Color verdadero (U Pt-Co)	8,1	280,0	63	149,9
Conductividad (uS/cm)	25	6366	215	1266
pH	7,0	8,6	7,7	8,1
Turbiedad (NTU)	16,0	242,0	39,0	123,2
Alcalinidad Total (mgCaCO ₃ /L)	30,0	164,0	54,0	118,0
Fitoplancton + Zooplancton (cel/mL)	0	3996 (*)	11	688
Cloruros (mgCl-/L)	3,4	1829,0	21,0	316,0
	(*) Registros históricos de cianobacterias 100.000 cel/ml y microcistina 20 µg/l en costa C/SJ			

Muestras tomadas en la zona de Arazatí en el período Mayo 2003 – Abril 2005 (OSE)

PROYECTO ARAZATI

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

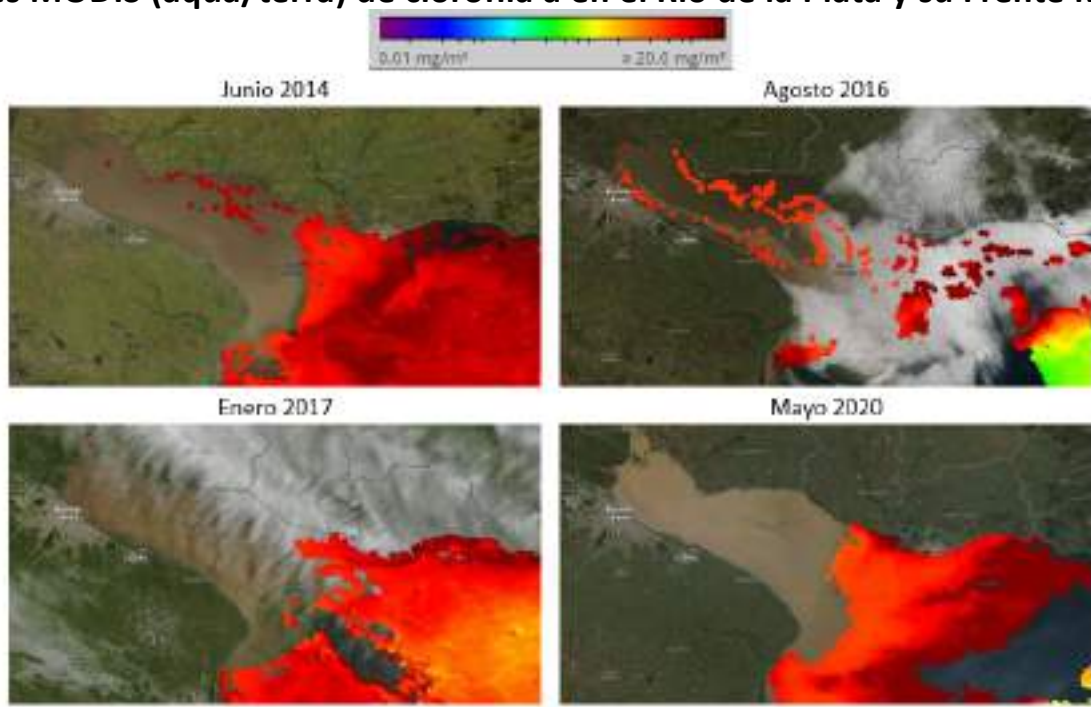
Registros históricos de floraciones entre Colonia y San José (fuente: DINAMA)



PROYECTO ARAZATI

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Imágenes MODIS (aqua/terra) de clorofila a en el Río de la Plata y su Frente Marítimo



PROYECTO ARAZATI

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Objetivo: selección de la tecnología de tratamiento más apropiada, función tanto de las características naturales del agua bruta como del producto agua potable a ser producido.

Descripción de los elementos que se proponen inicialmente para la Planta de Tratamiento de Agua Potable Río de la Plata en zona í, que incluye: 1) Unidades de Potabilización y 2) Unidades de Tratamiento de Lodos, a partir la siguiente secuencia de procesos:

