

ISOS|2023

Simposio Internacional sobre Sistemas de Emisarios 2023

International Symposium on Outfall Systems 2023



International Association
for Hydro-Environment
Engineering and Research

Hosted by
Spain Water and IWHR, China



Estudios y Modelización Emisarios Riachuelo y Berazategui

Ing. Alejandro Barrio



Lo bueno
del agua
llega.



Ministerio de
Obras Públicas
Argentina

Área de acción: Ciudad de Buenos Aires y 26 Municipios del Conurbano Bonaerense.
3.304 km² de superficie total - 14,5 millones de habitantes.

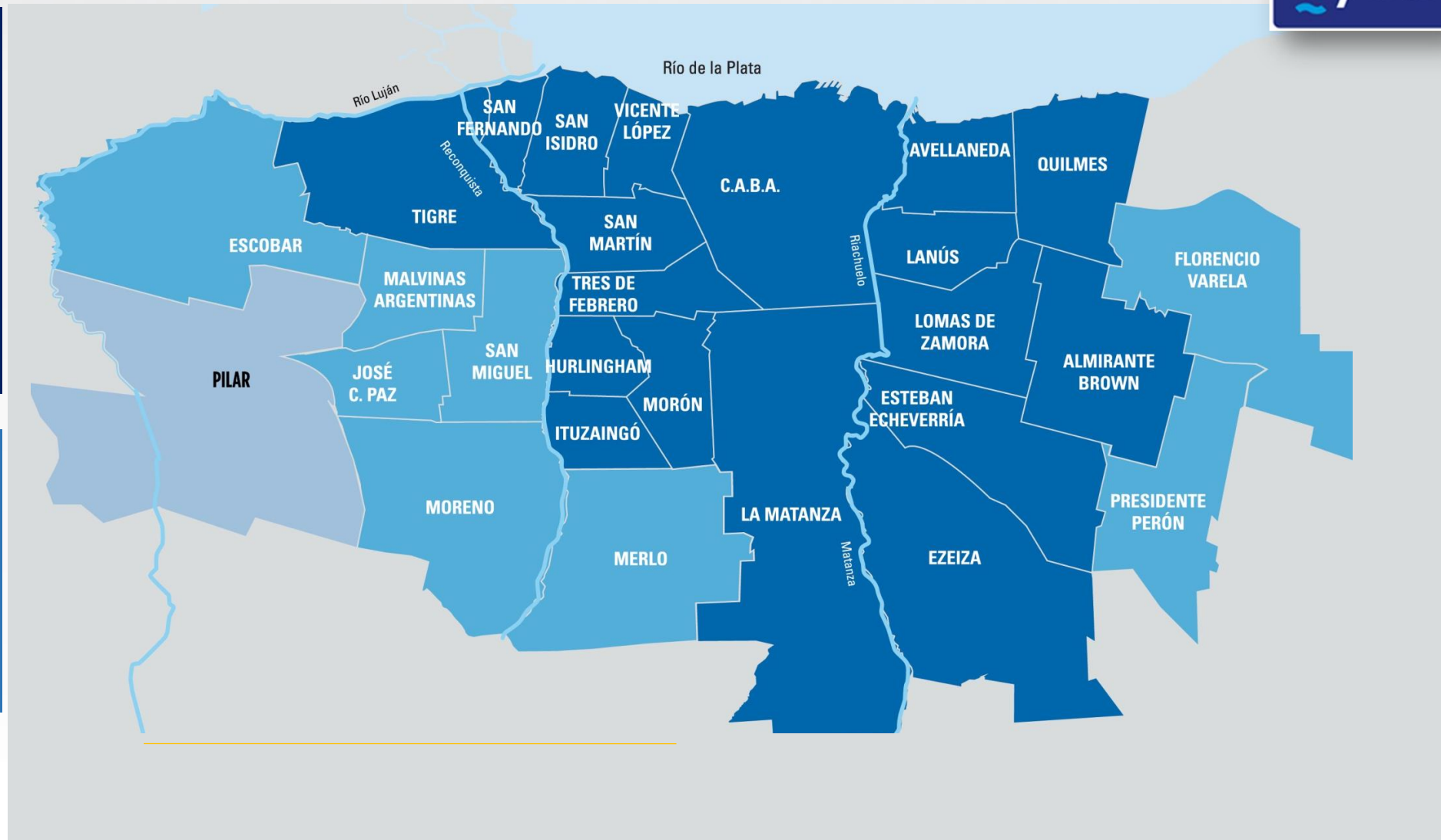
aysa

Sistema de Agua:

- ✓ 3 Plantas Potabilizadoras (85%)
- ✓ 750 perforaciones agua subterránea (15%)
- ✓ Producción: 6 millones de m³/día
- ✓ 24.000 km de redes de agua
- ✓ 11 millones de habitantes servidos

Sistema de Saneamiento:

- ✓ 20 Plantas de Tratamiento de Efluentes
- ✓ 16.000 km de redes de saneamiento
- ✓ 8,6 millones de habitantes servidos.





200 Km.

40 Km.

ZONA DE ESTUDIO



A sunset over a body of water with a blue bar at the bottom.

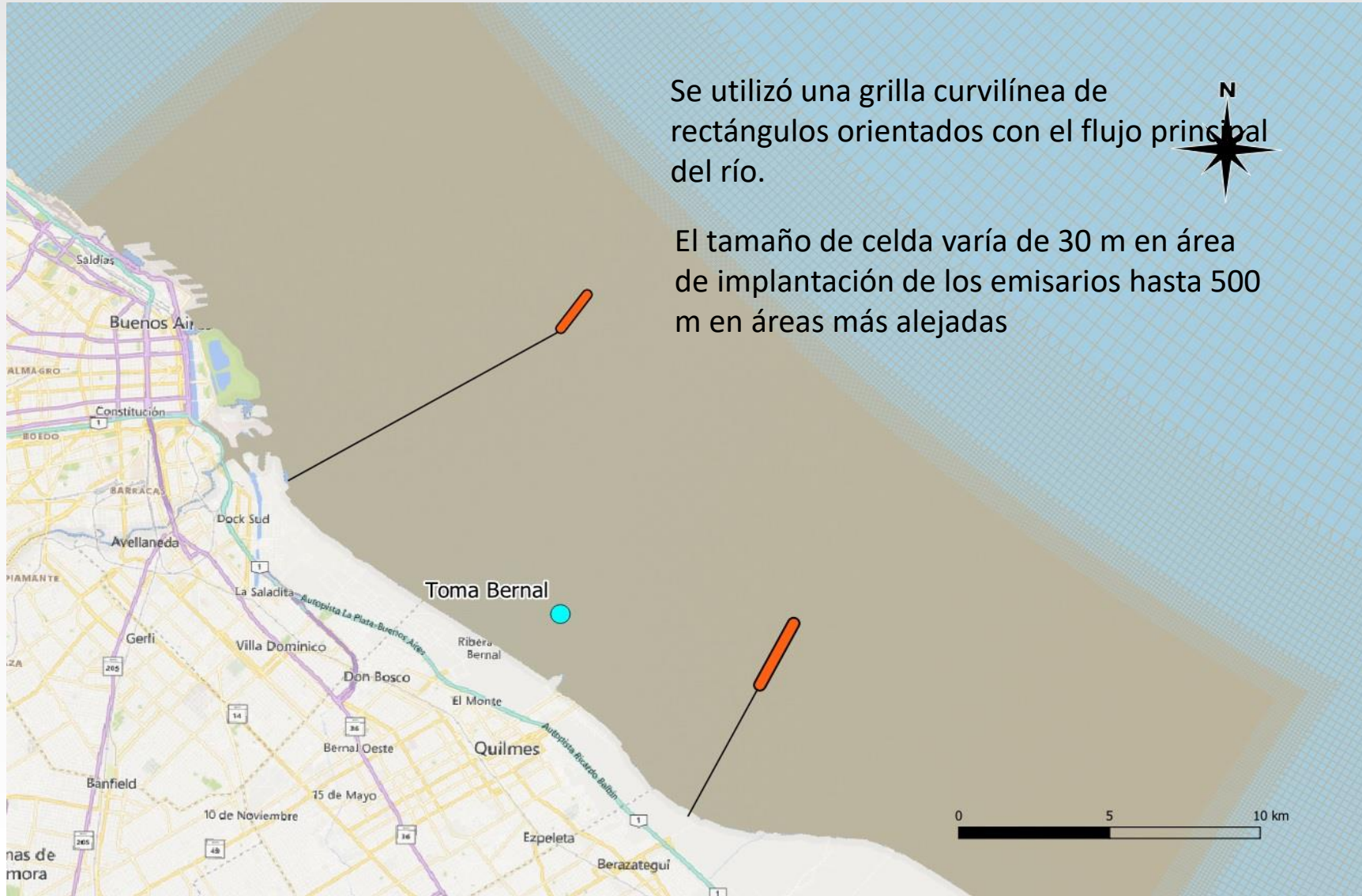
El Río de la Plata es nuestra
fuente de agua cruda.

AySA es el principal interesado en
cuidar su calidad

Estudios y Modelización Emisarios

- Definición de una estrategia de Plan Director de Saneamiento
- Campaña de Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata
- Modelación para el estudio y diseño de los Emisarios Riachuelo y Berazategui (Contratación del consultor Philip Roberts)
- En virtud de la magnitud del proyecto AySA tomó la decisión estratégica de:
 - ✓ Instalar 3 estaciones meteorológicas propias.
 - ✓ Continuar a través de los años con las campañas de recolección de datos Hidrometeorológicos.
 - ✓ Desarrollar y calibrar un modelo propio para el estudio de las posibles variantes del proyecto y la variabilidad de las condiciones del estuario (cambio climático).
 - ✓ Realizar un estudio de línea de base de agua y sedimentos en la zona.

Grilla del Modelo



Se utilizó una grilla curvilínea de rectángulos orientados con el flujo principal del río.

El tamaño de celda varía de 30 m en área de implantación de los emisarios hasta 500 m en áreas más alejadas

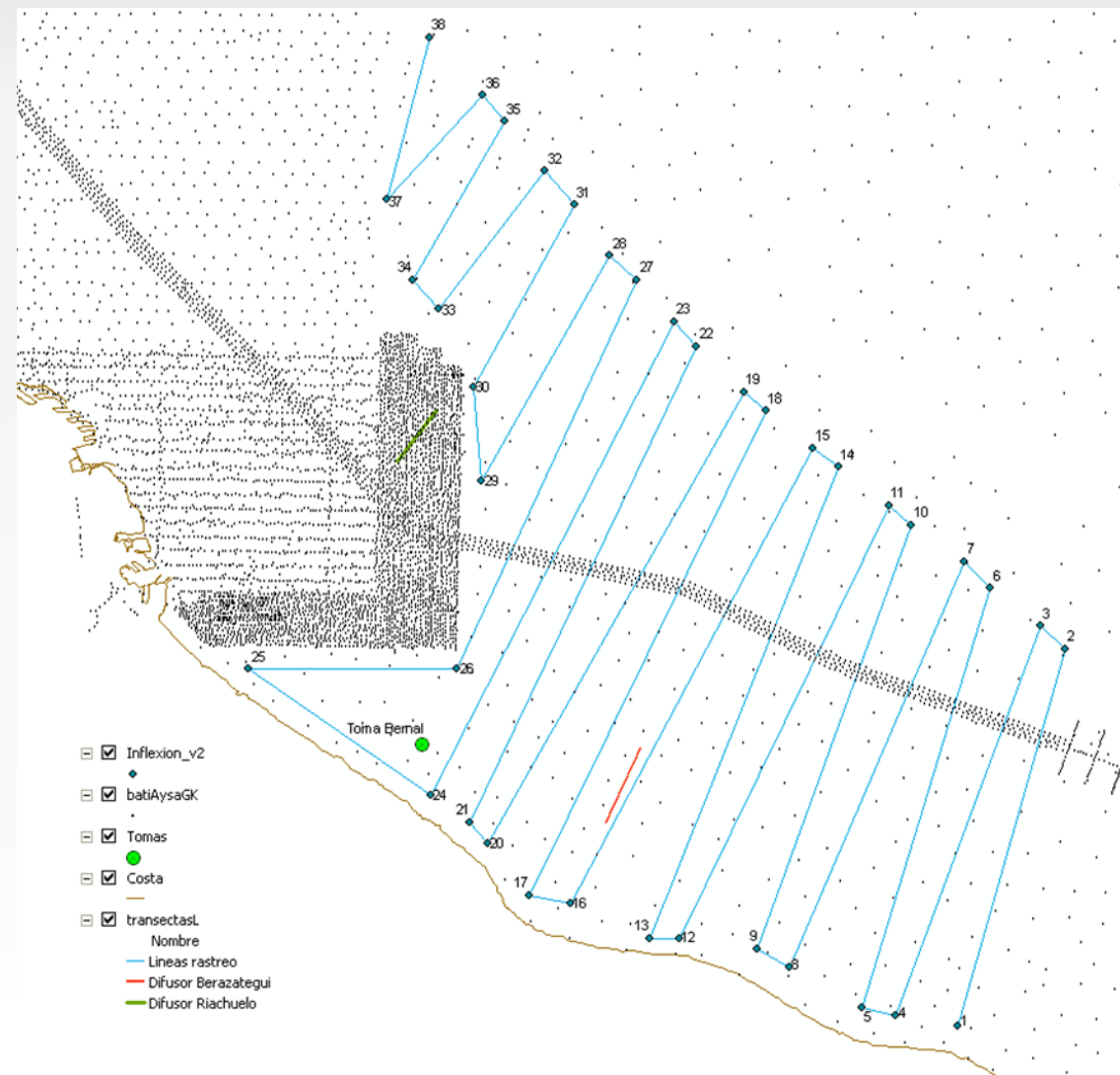
Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

- Realización de Batimetrías de la zona de ubicación de los futuros emisarios (15km por 10km) en una grilla de 1km de resolución.
- Instalación, operación, y mantenimiento de tres estaciones meteorológicas ubicadas en el río, sobre las Torre Toma de Agua de la Planta San Martín, Planta Manuel Belgrano y Berazategui.
- Elaboración de perfiles de Conductividad – Temperatura - Profundidad (CTD) en los dos sitios propuestos para los difusores realizados mensualmente durante 24 hs.
- Instalación, operación y recuperación de información almacenada de seis equipos ADCP´s para medición de dirección e intensidad de corriente, altura de ola, y medición de conductividad turbiedad.
- La realización de campañas de seguimiento de derivadores (drifters) de doce horas para las diferentes condiciones hidrodinámicas.

Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

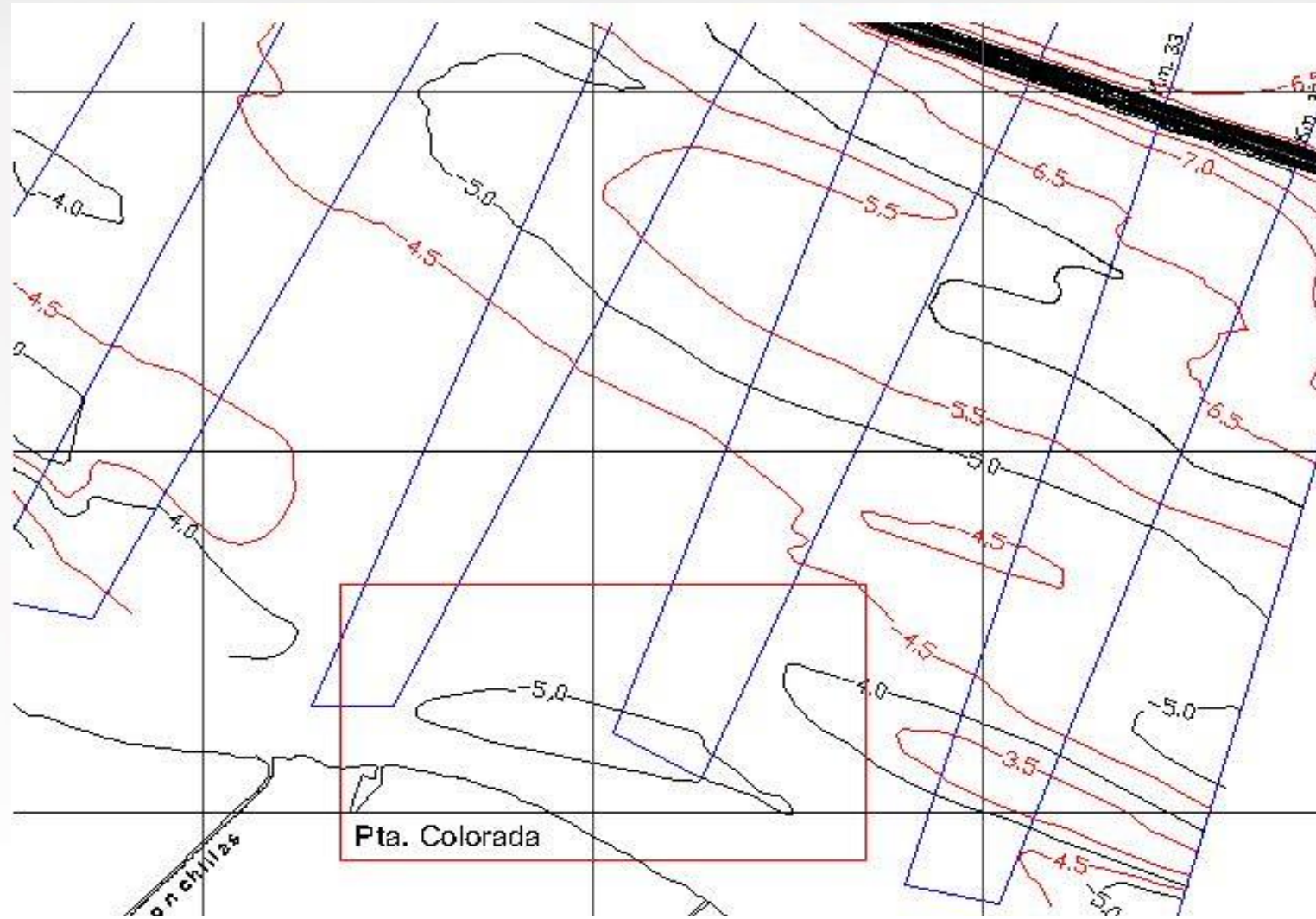
Batimetrías

- Se recorrieron aproximadamente 300 Km de líneas relevando la profundidad conjuntamente con las coordenadas en cada punto según el esquema de derrotas definido.
- A partir del procesamiento de los datos relevados, se realizaron modelos de superficie, sobre los cuales se trazaron las curvas de isonivel cada 0.5m. Se realizó así un Plano Batimétrico de la zona.



Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

Batimetrías



Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

Medición de variables Meteorológicas

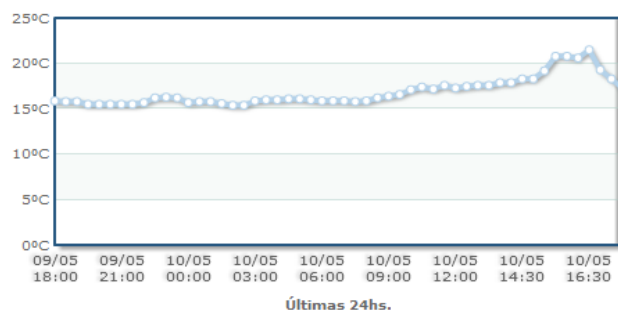
- En la calibración del Modelo Matemático del Río de la Plata cobra especial importancia la información meteorológica.
- El Río de la Plata es en esencia un estuario que responde a la marea astronómica, pero a su vez se ve fuertemente afectado por cambios bruscos de la presión atmosférica y el efecto de arrastre del viento, lo que llamamos la marea meteorológica.
- La marea meteorológica modifica fuertemente las condiciones del río llegando en muchos casos a anular el efecto de la marea astronómica.
- De este hecho se desprende la relevancia que tiene en la calibración del modelo matemático que debe reproducir las condiciones y el comportamiento del río en determinadas situaciones, los datos de dirección y velocidad del viento, así como el resto de las mediciones meteorológicas.

Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

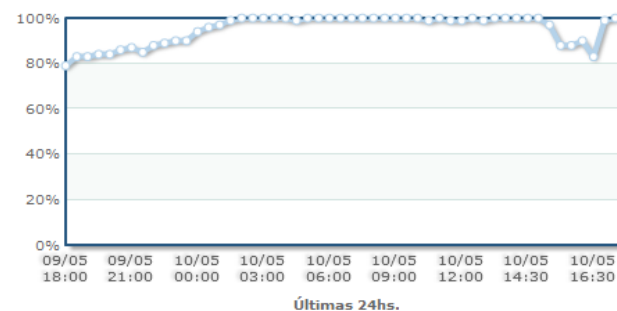
Estaciones Meteorológicas



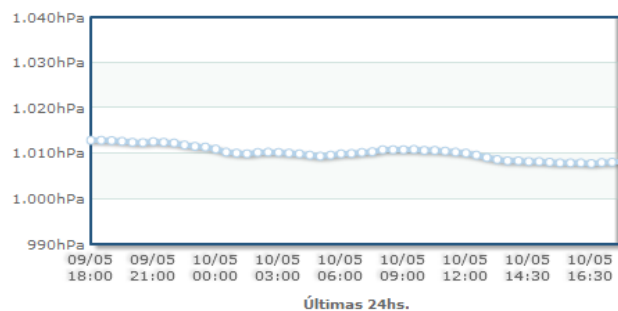
Temperatura



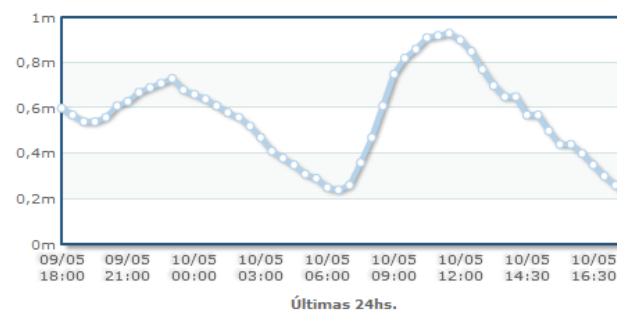
Humedad del Aire



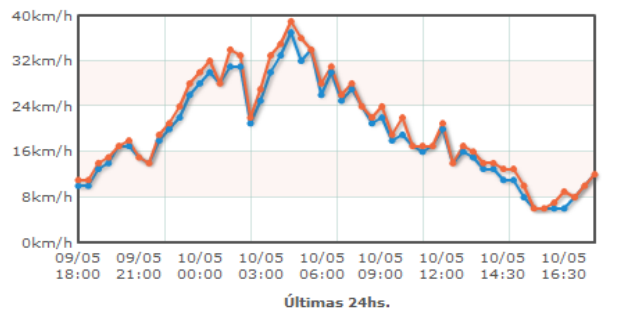
Presión Atmosférica



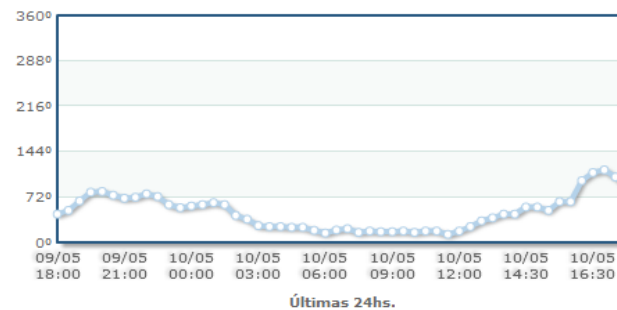
Nivel del Río



Velocidad del Viento



Dirección del Viento



■ Velocidad ■ Ráfaga



Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

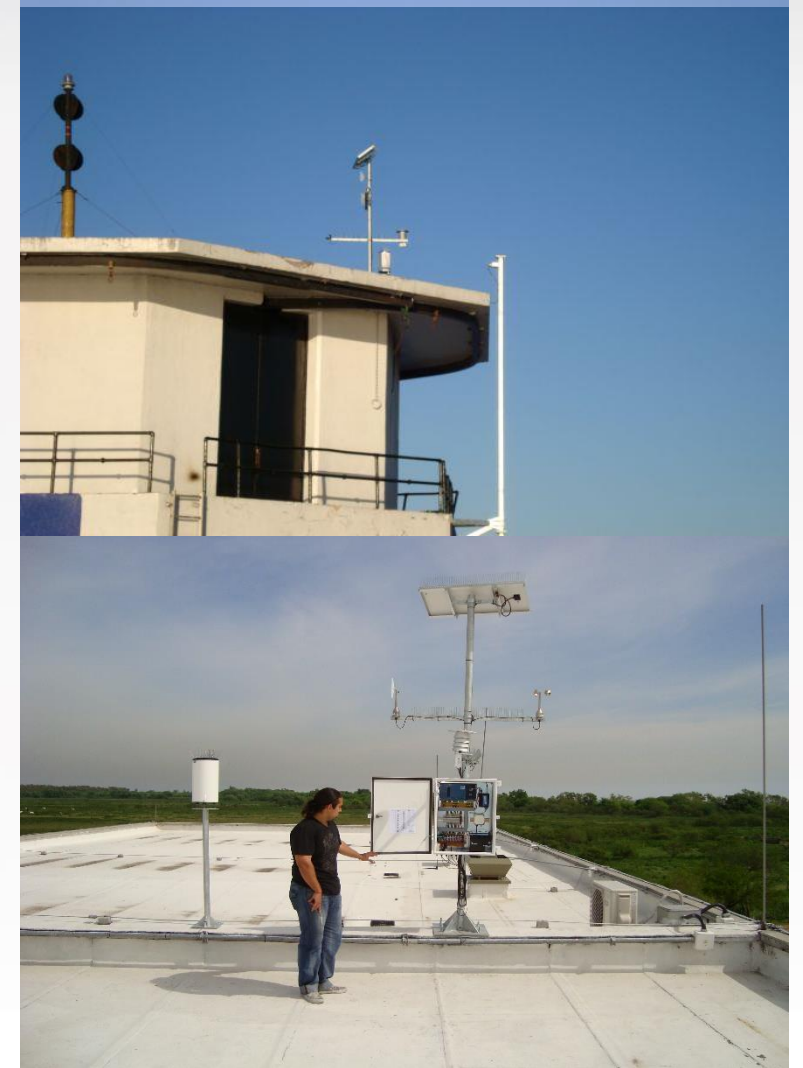
Estaciones Meteorológicas

AySA ha instalado 3 estaciones meteorológicas ubicadas en Palermo, Bernal y Berazategui.

Las mediciones que realizan incluyen:

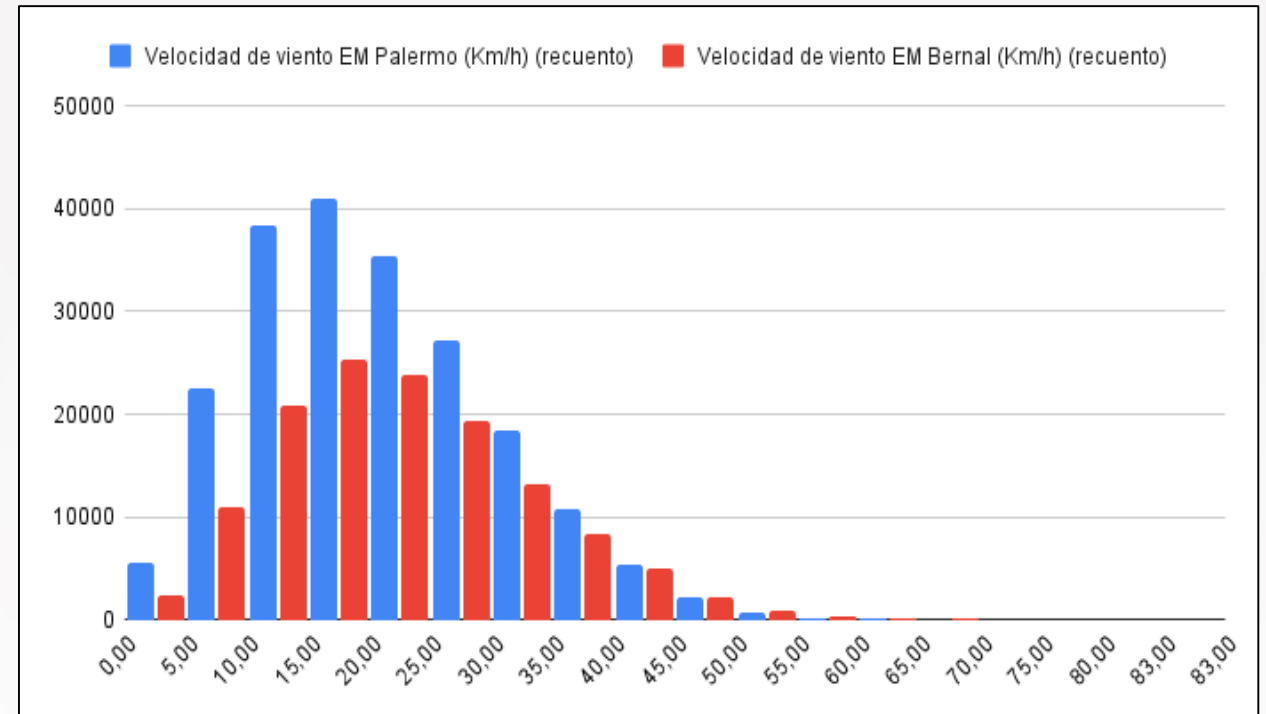
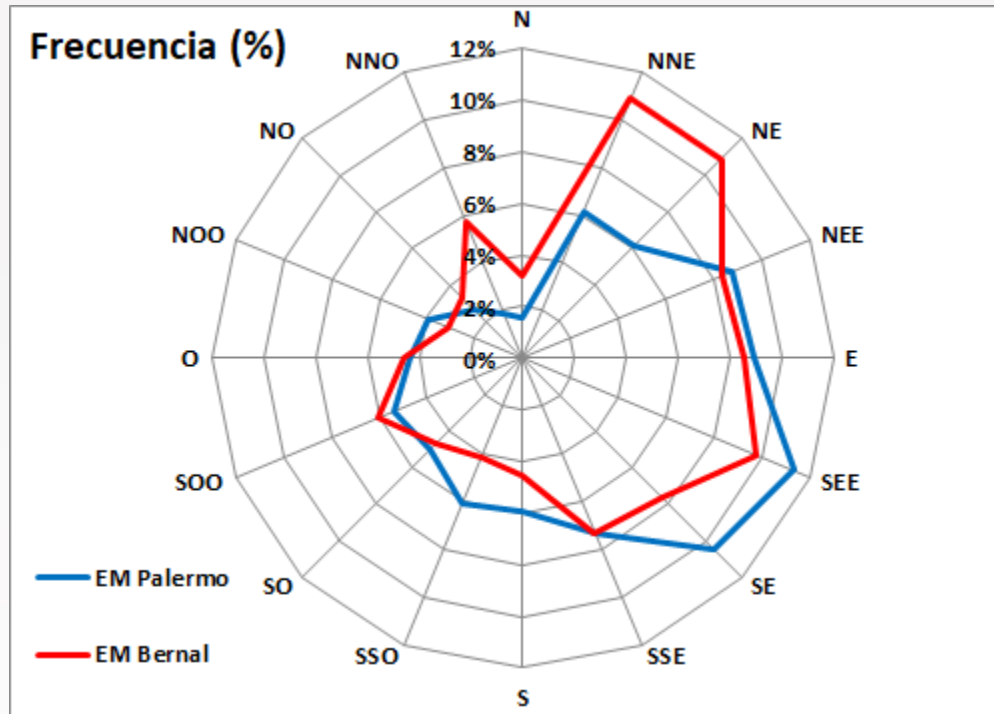
- Velocidad del viento.
- Dirección del viento.
- Temperatura.
- Humedad relativa ambiente.
- Presión atmosférica.
- Radiación solar.
- Nivel de precipitaciones.
- Nivel del río (altura de marea).

En operación desde 2009: registran 1 dato cada 15 min. – 1.500.000 de cada parámetro – 13 millones de datos.



Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

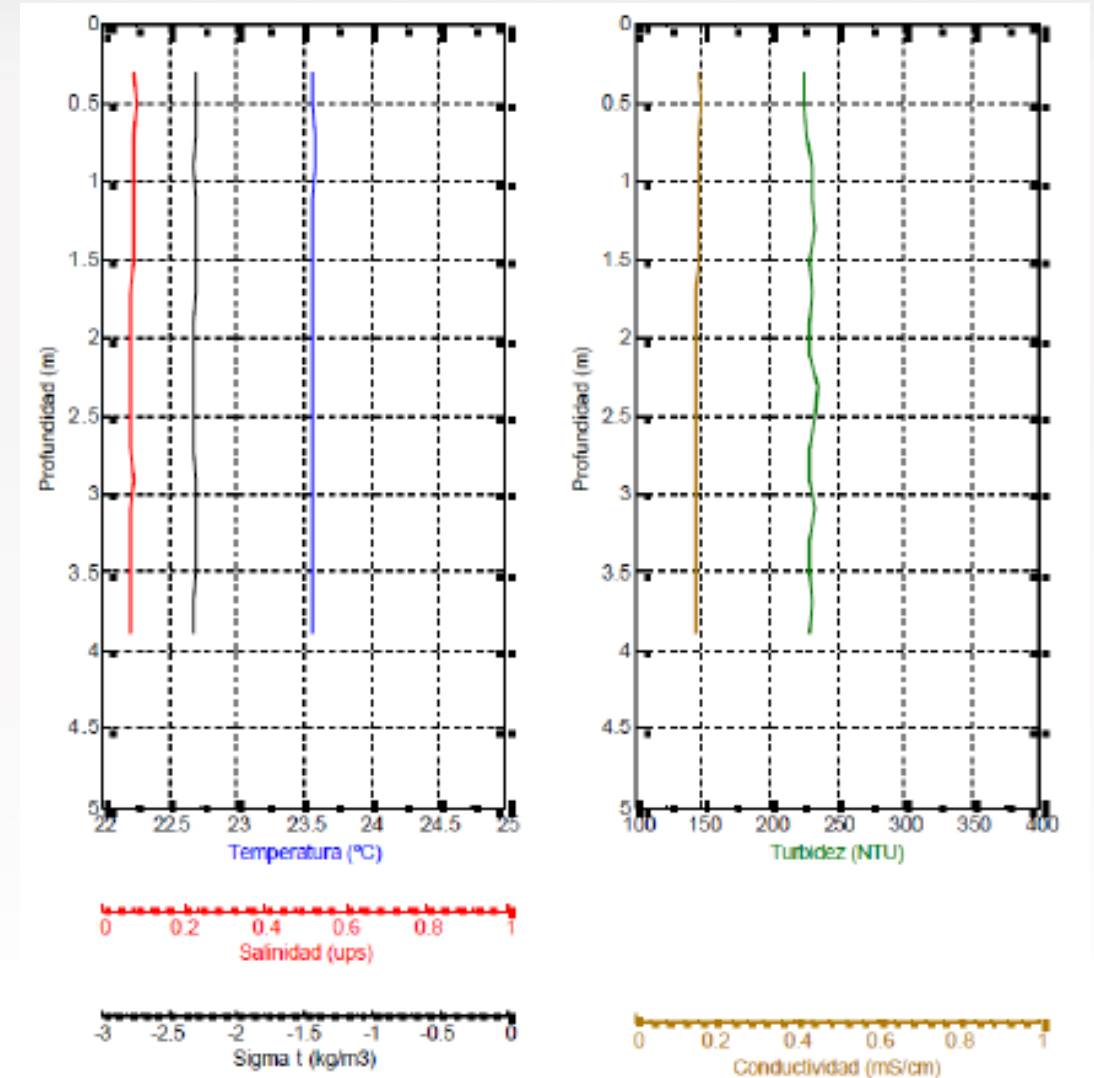
Histograma de dirección y velocidad del viento



Los vientos son predominantemente del noreste con velocidades que van en su mayoría de 15 a 30 Km/h. La segunda dirección principal del viento es desde el este sudeste, comúnmente asociada con eventos de sudestada

Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

Perfilamiento CTD



10 campañas de perfilamiento CTD

- Cada hora durante 24 hs
- Los perfiles muestran una marcada homogeneidad en salinidad, temperatura y turbiedad, sin presencia de la cuña salina.

Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

Medidores de Velocidad y Dirección de Corriente - ADCP

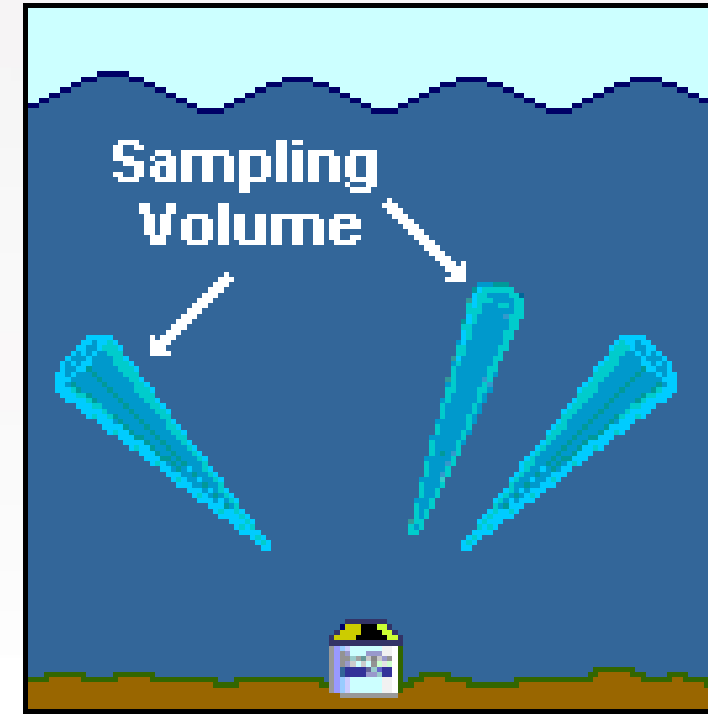
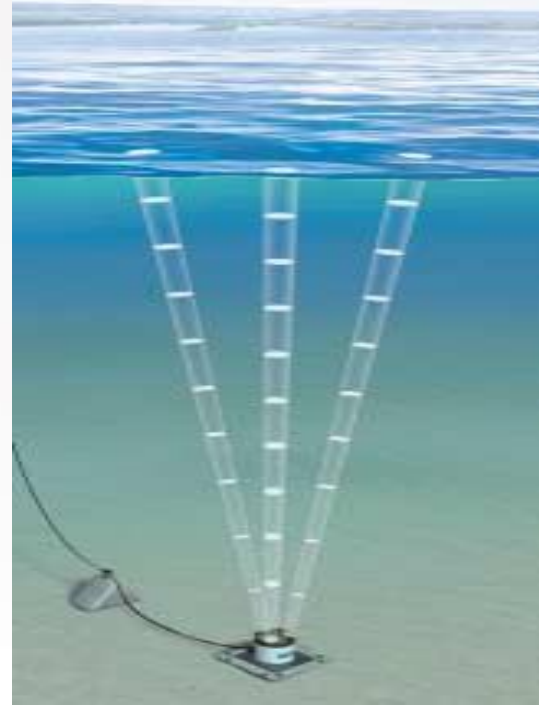
Nro	Coordenadas	Profundidad (m)	Ancho de la capa (m)	Nro de celdas sumergidas	Sensores adicionales
ADCP1	34°25'17.82"S 58°14'57.24"O	2.4	0.5	~ 3	
ADCP2	34°31'42.30"S 58° 7'45.12"O	3.7	0.5	~ 6	Turbiedad Olas
ADCP3	34°40'22.56"S 58°13'26.88"O	5.0	0.6	~ 7	
ADCP4	34°43'11.76"S 57°58'33.12"O	7.0	0.8	~ 8	
ADCP5	34°35'22.62"S 58°13'38.16"O	4.5	0.6	~ 6	Conductividad
ADCP6	34°41'36.54"S 58° 9'15.66"O	4.7	0.6	~ 6	Conductividad



Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

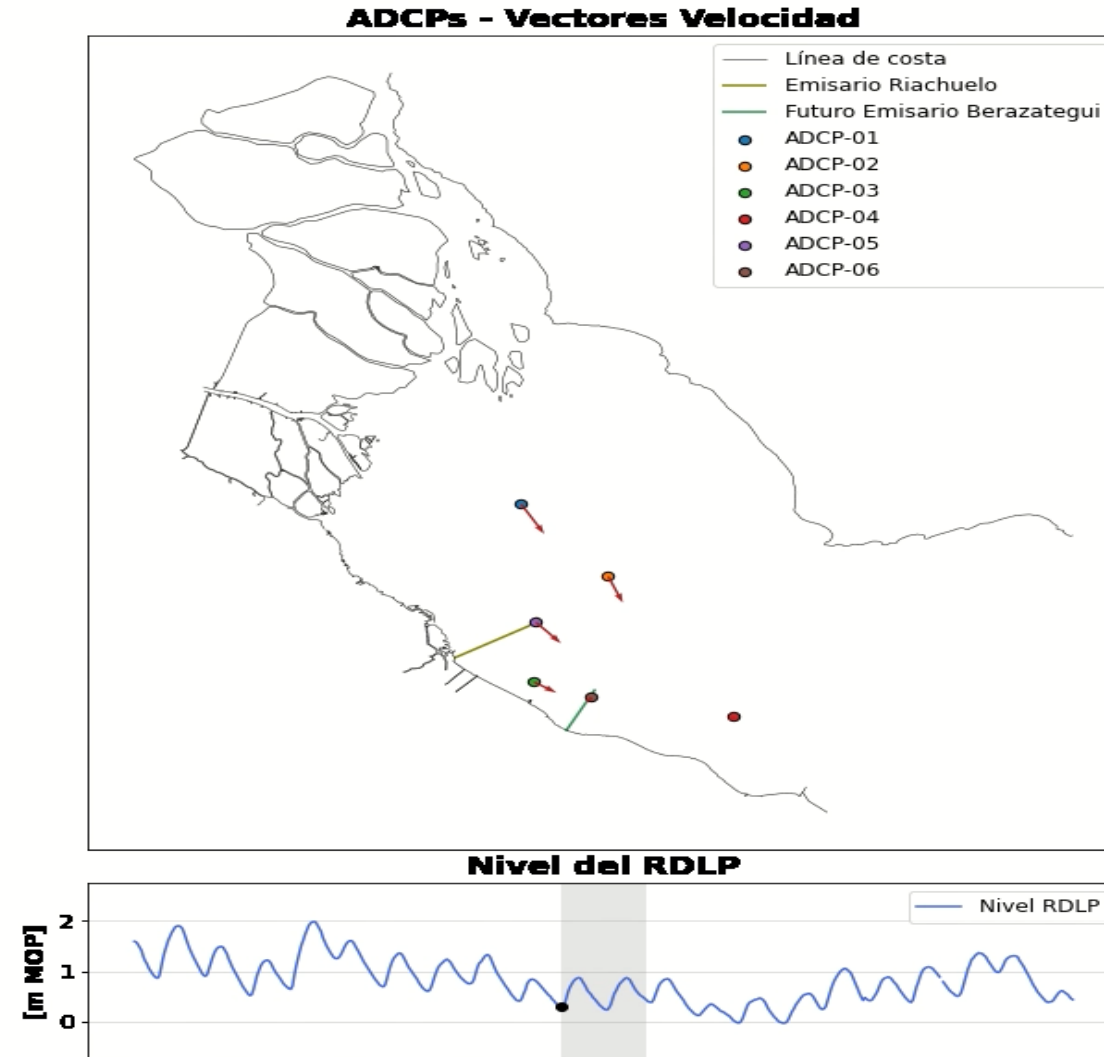
Medidores de Velocidad y Dirección de Corriente - ADCP

- Permiten medir velocidad y dirección de la corriente
- Están equipados con sensor de temperatura, profundidad, sensor de inclinación y compás.
- Permiten medir la salinidad (conductividad) turbiedad y altura de las olas las superficial.



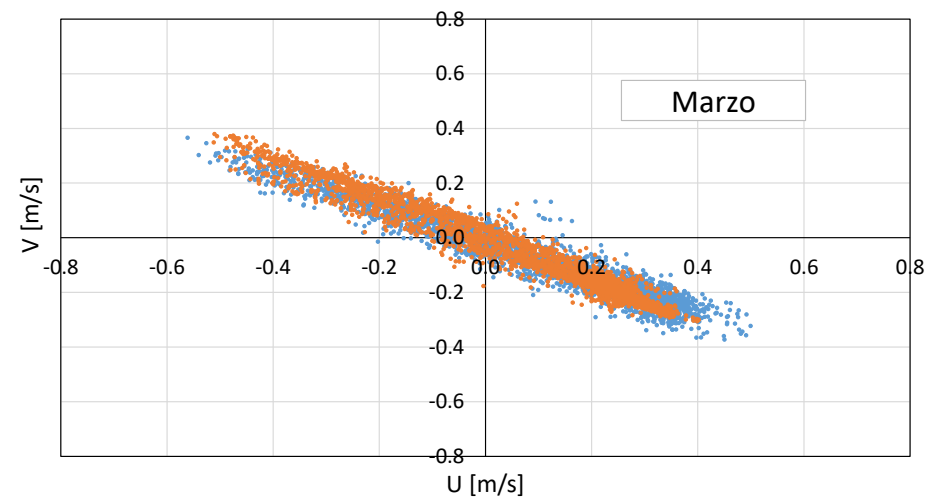
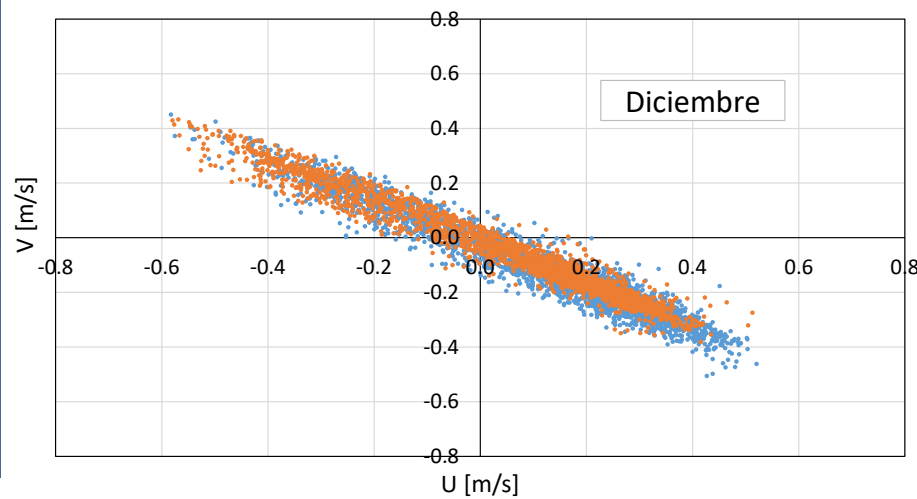
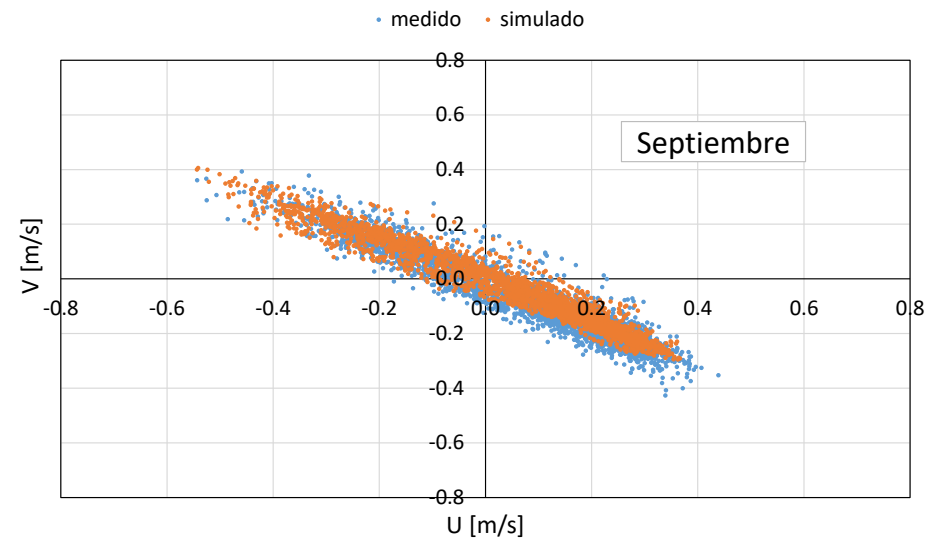
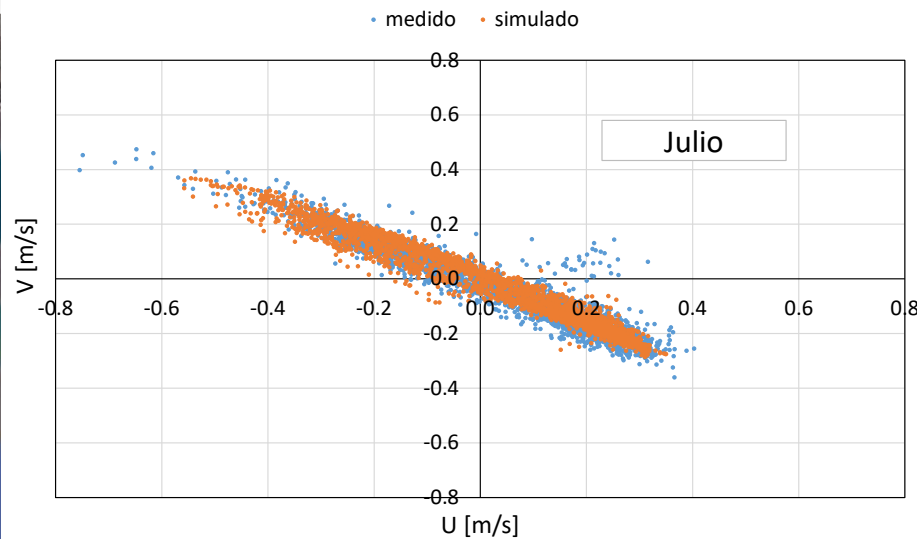
Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

Medidores de Velocidad y Dirección de Corriente - ADCP



Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

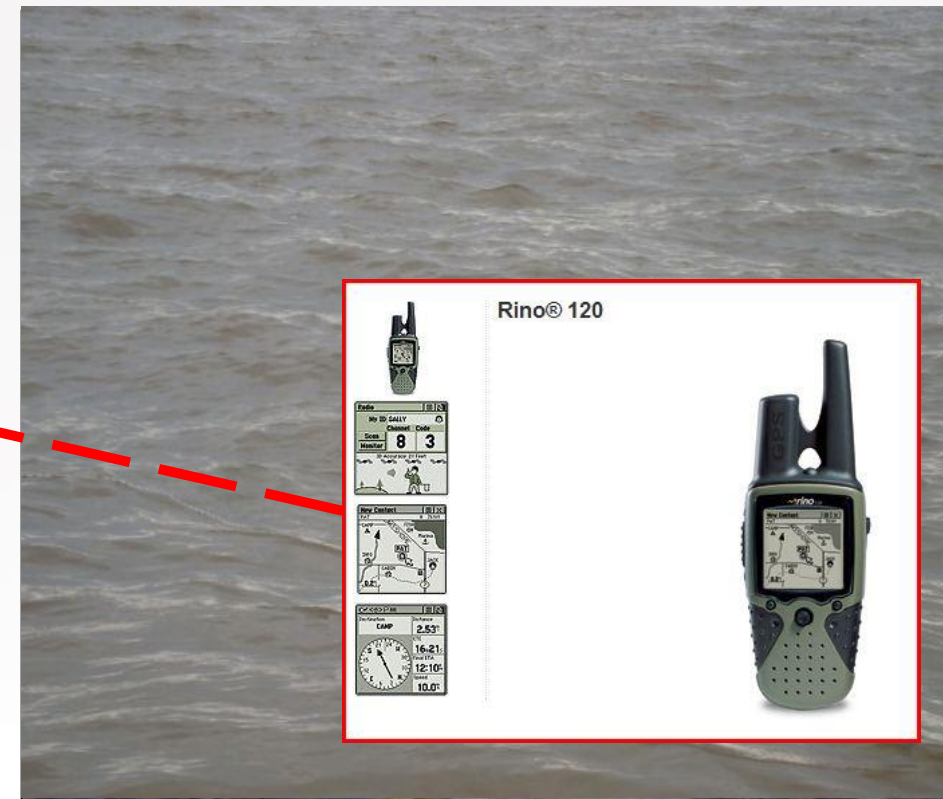
Gráfico Polar de la Dirección de la Corriente



Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

DERIVADORES GPS (DRIFTERS)

- Se realizaron distintos ensayos que consisten en soltar 10 equipos y seguir su trayectoria durante 12 hs.
- Cada uno de ellos posee un GPS que guarda la posición en el tiempo y tienen la capacidad de transmitir su posición a un dispositivo central.

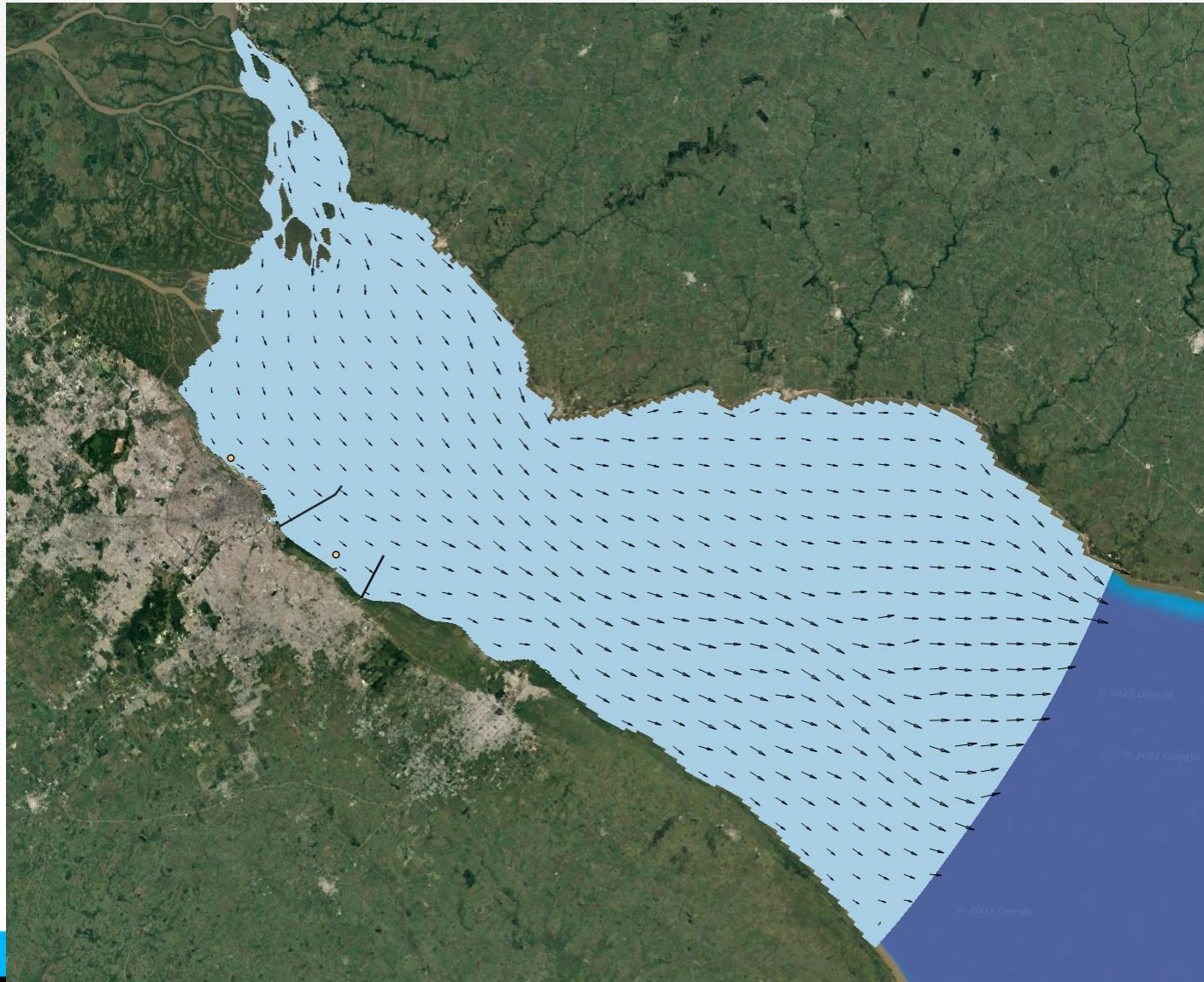


Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata



Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

Campo de velocidades de corriente



Diseño de los Emisarios Riachuelo y Berazategui

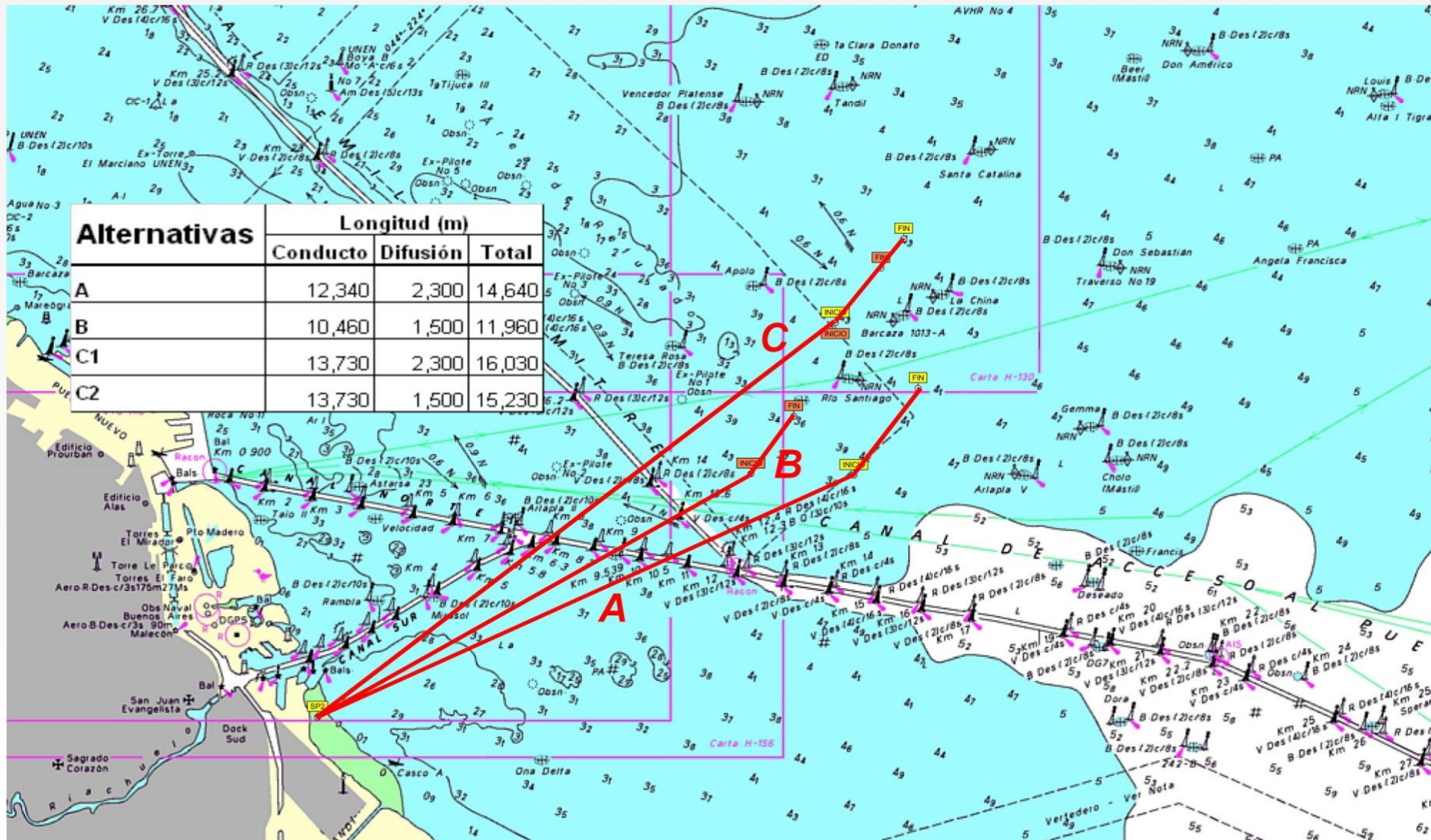
Alternativas de Emisario y Difusores

Outfall	Diffuser length (m)	Coordinates (Lat, Long)	
		Start	End
Riachuelo			
R1	2300	-34.593890, -58.208860	-34.577070, -58.194190
R2	1500	-34.593530, -58.232130	-34.582460, -58.222560
R3	2300	-34.564478, -58.212992	-34.548378, -58.197228
R4	1500	-34.564478, -58.212992	-34.553975, -58.202706
Berazategui			
B1	3000	-34.706670, -58.157780	-34.682220, -58.145000
B2	2000	-34.698766, -58.153648	-34.682220, -58.145000
B3	1000	-34.690493, -58.149323	-34.682220, -58.145000



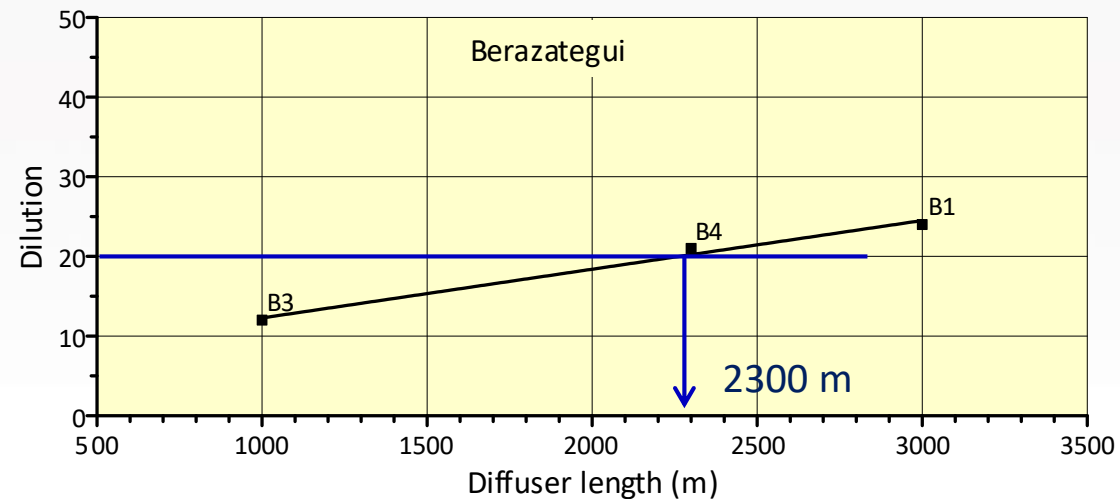
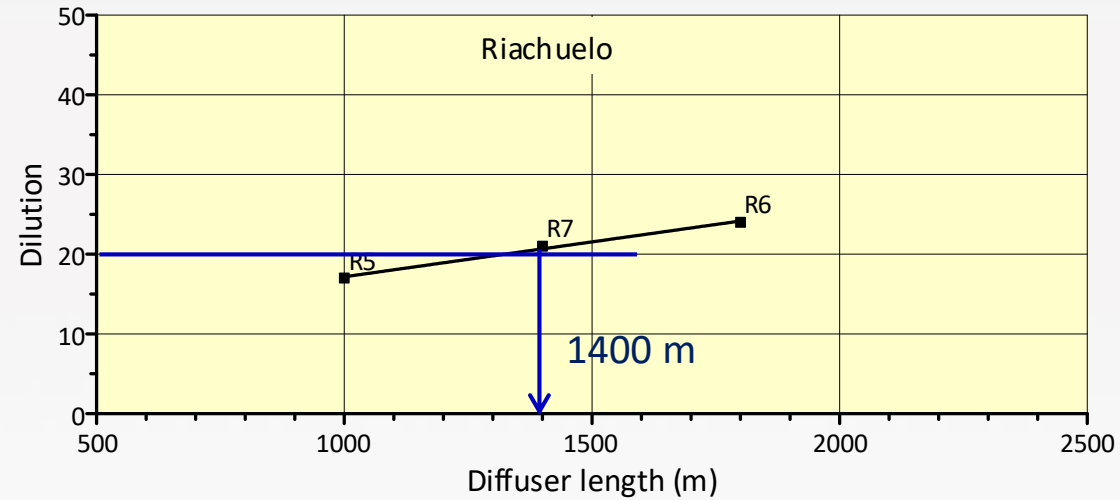
Diseño de los Emisarios Riachuelo y Berazategui

Alternativas de Emisario y Difusores - Riachuelo



Diseño de los Emisarios Riachuelo y Berazategui

Alternativas de Emisario y Difusores - Riachuelo

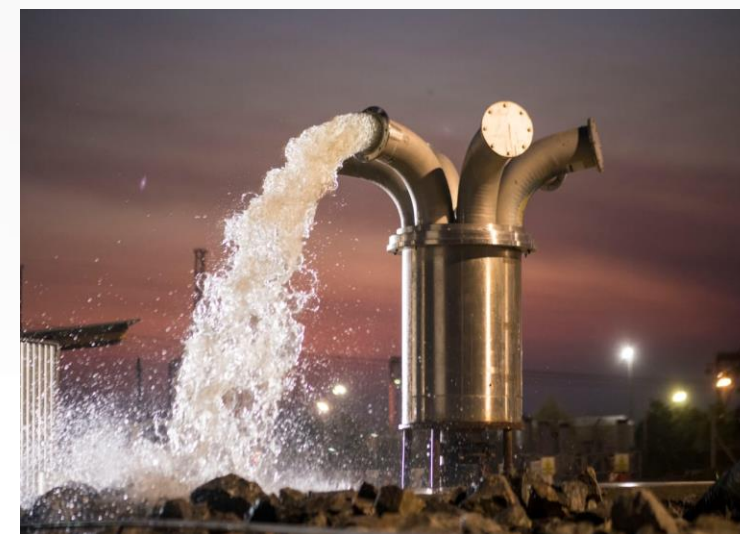
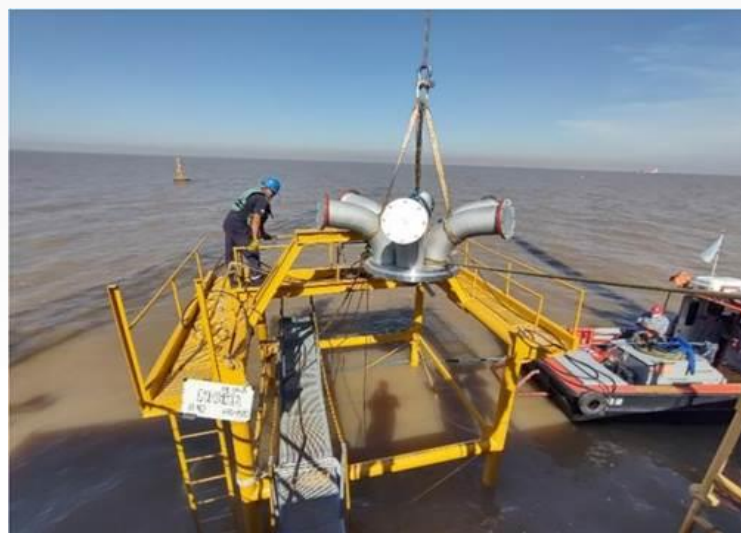
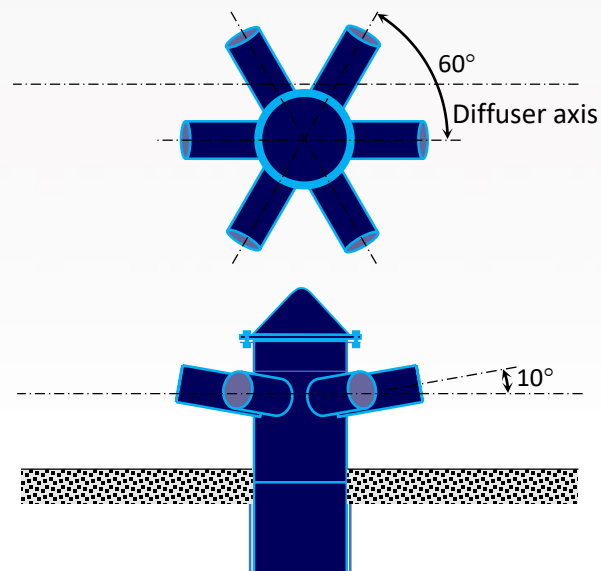


Criterio de Dilución: Dilución de Campo cercano > 20:1 para el 90% del tiempo

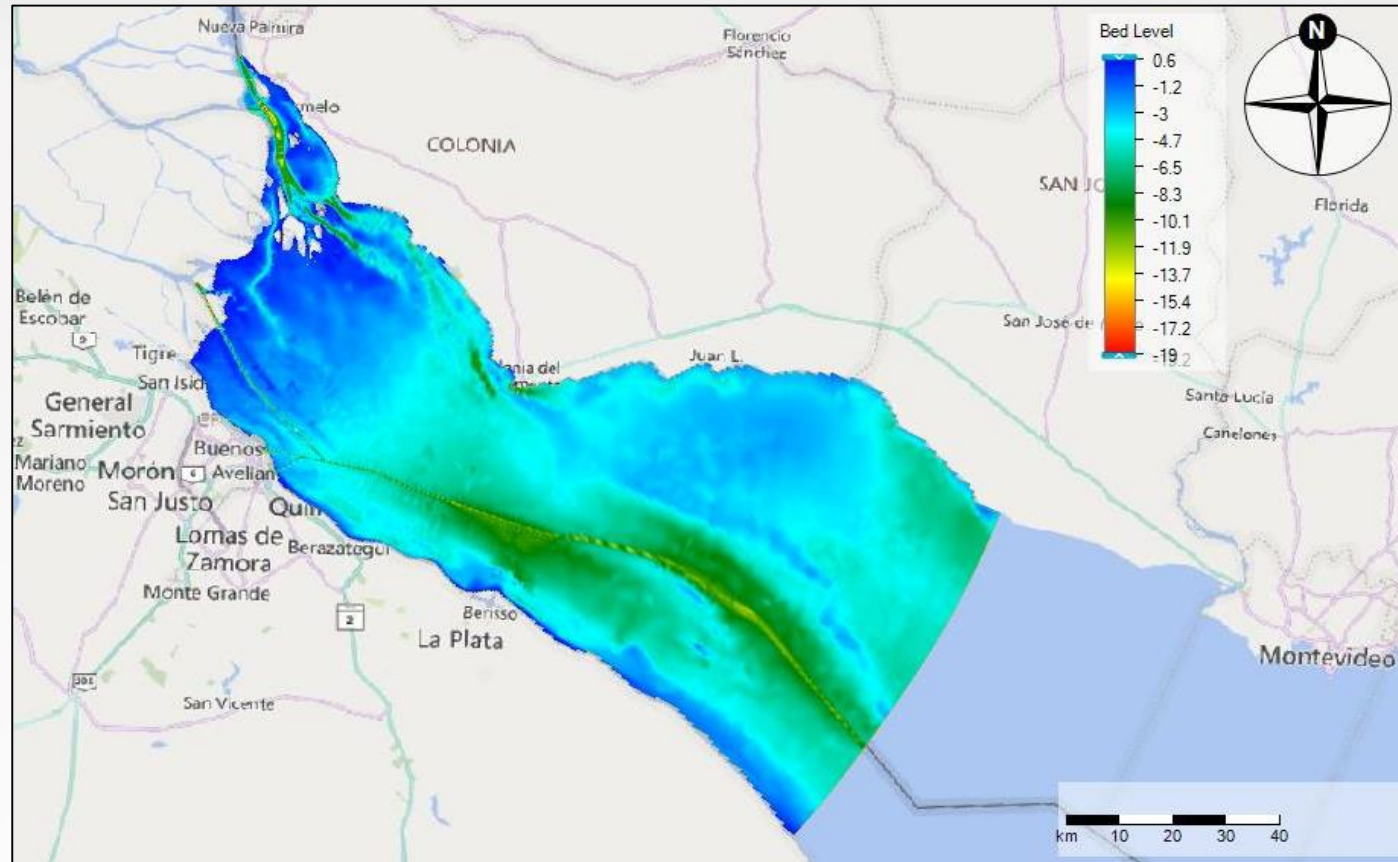
Diseño de los Emisarios Riachuelo y Berazategui

Detalles del Difusor

	Berazategui	Riachuelo
Diámetro nominal interno puerto	180 mm	195 mm
Diámetro nominal interno del riser	0.52 m	0.63 m
Número de puertos por riser	6	6
Número de risers	47	29
Distancia entre Riser	50 m	50 m
Longitud del Difusor	2300 m	1400 m



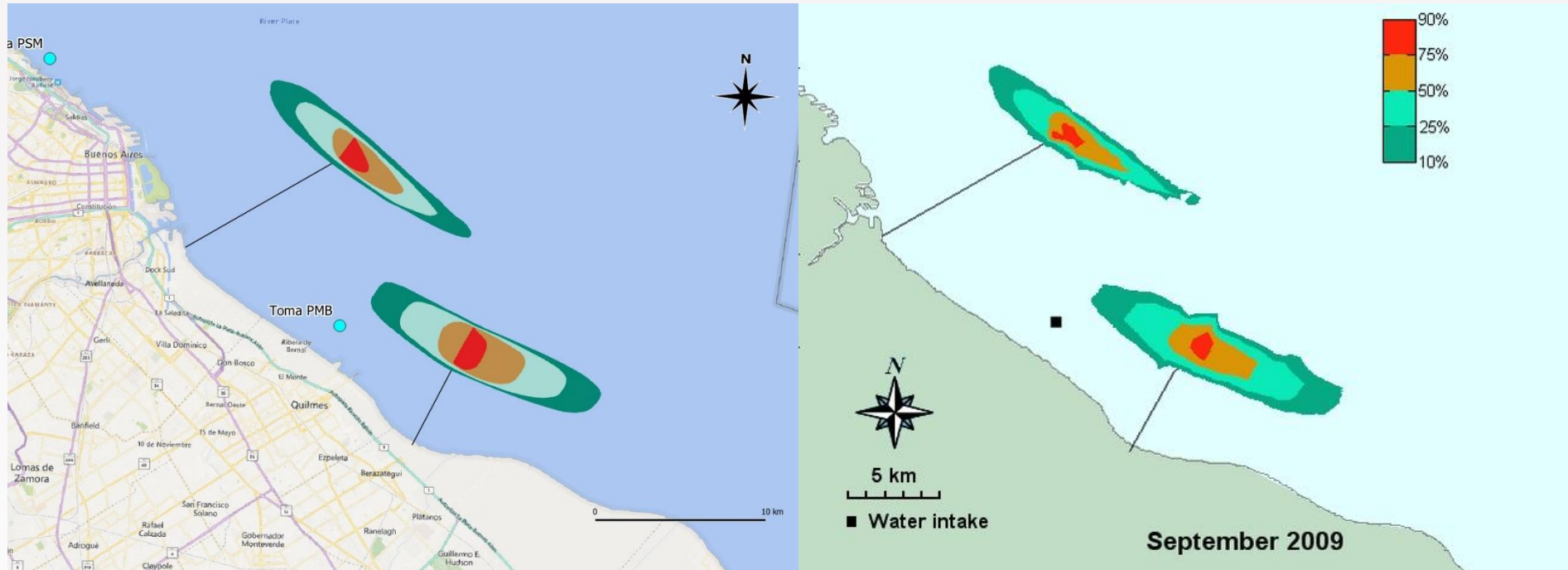
Dominio del modelo matemático



- Se contruyó un modelo Hidrodinámico del Río de la Plata y se lo calibró con las mediciones de campo.
- La modelación hidrodinámica y de calidad se realizó medianta la herramienta Delft3D
- Los modelos se corrieron en dos dimensiones promediados en profundidad

Frecuencia que se supera E. Coli: 20.000 / 100 ml

Estándar de Calidad – Uso III (recreación sin contacto directo)



Frecuencia de concentraciones de E. Coli mayores a 20.000 NMP/100 ml

Modelo AySA

Modelo P. Roberts

- Se realiza una corrida del nuevo modelo (2020) pero utilizando los datos básicos o de entrada del informe antecedente (2010): caudales, concentraciones, cantidad y separación de risers.
- El nuevo modelo tiene una resolución espacial de ~30 m (y mayor resolución temporal), por ello se obtienen envolventes más suavizadas.

Diseño de los Emisarios Riachuelo y Berazategui

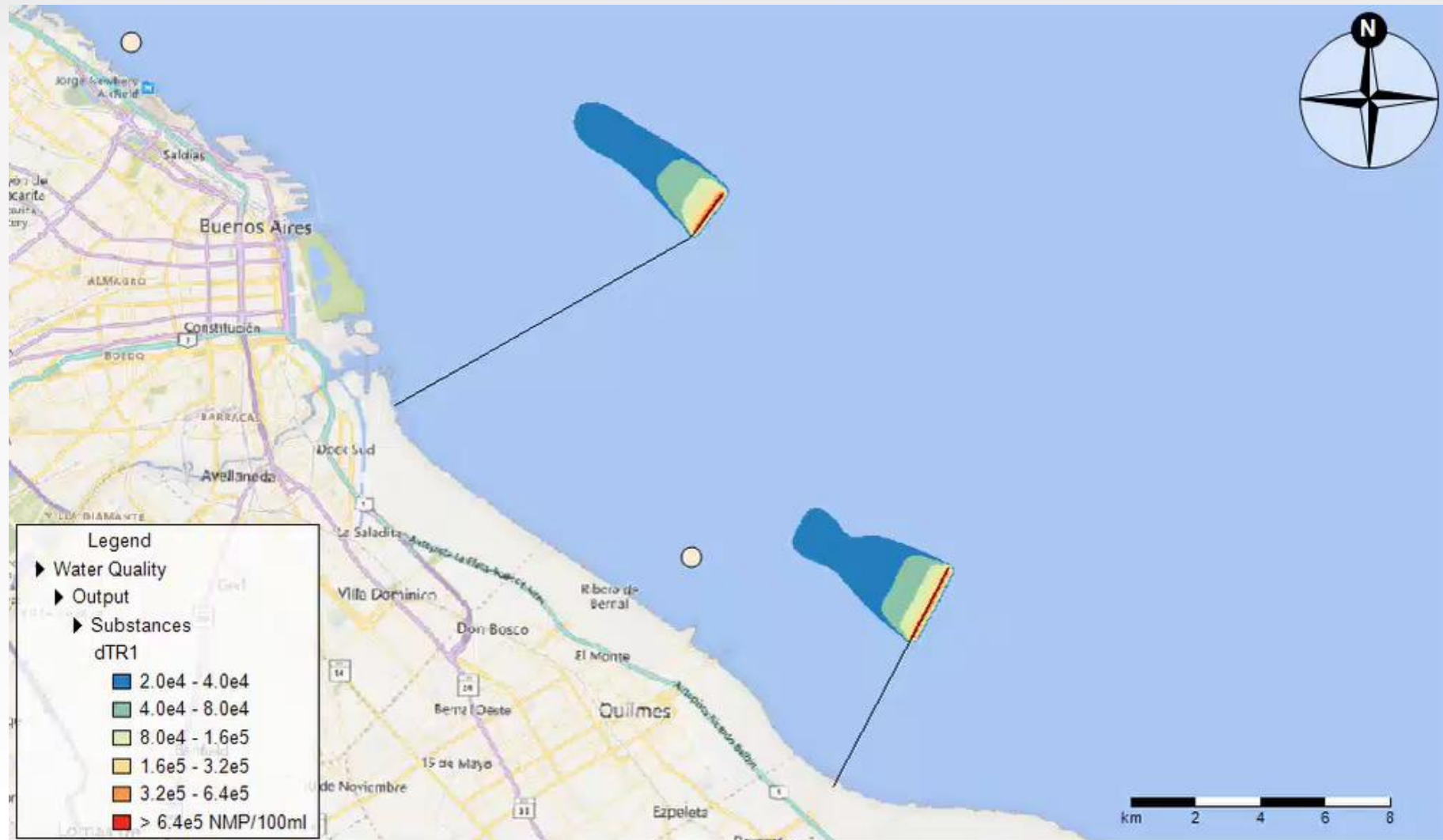
CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA

El contaminante de mayor preocupación son las bacterias debido a su impacto potencial sobre la salud pública. Adicionalmente, **la bacteria E. coli** es la única regulada por las normas de cuerpos de agua y es el indicador de contaminación utilizado comúnmente para evaluar el estado de la calidad del agua. En el estudio de 2010 se muestra que la variable bacteriológica es el factor limitante de la zona afectada, es decir, la responsable de los alcances de la pluma.

La Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable definió criterios de caracterización de Zonas de Uso para la Franja Costera del Río de la Plata:

- **Uso I – Apta para consumo humano con tratamiento convencional:** Se entiende por tratamiento convencional a aquel que consiste de etapas de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección final.
- **Uso III – Apta para actividades recreativas sin contacto directo (o contacto secundario):** Son las actividades recreativas para las cuales existe un eventual contacto con el agua, pero en donde es improbable que se produzca su ingesta (remo, vadeo, navegación, pesca).
- **Uso I: menor a 2.000 NMP/100 ml** el 80% del tiempo.
- **Uso III: menor a 20.000 NMP/100 ml** el 90% del tiempo.

Animación Simulación Bacteriológica (E coli)



Animación Simulación Bacteriológica (E coli)



Animación Simulación Bacteriológica (E coli)

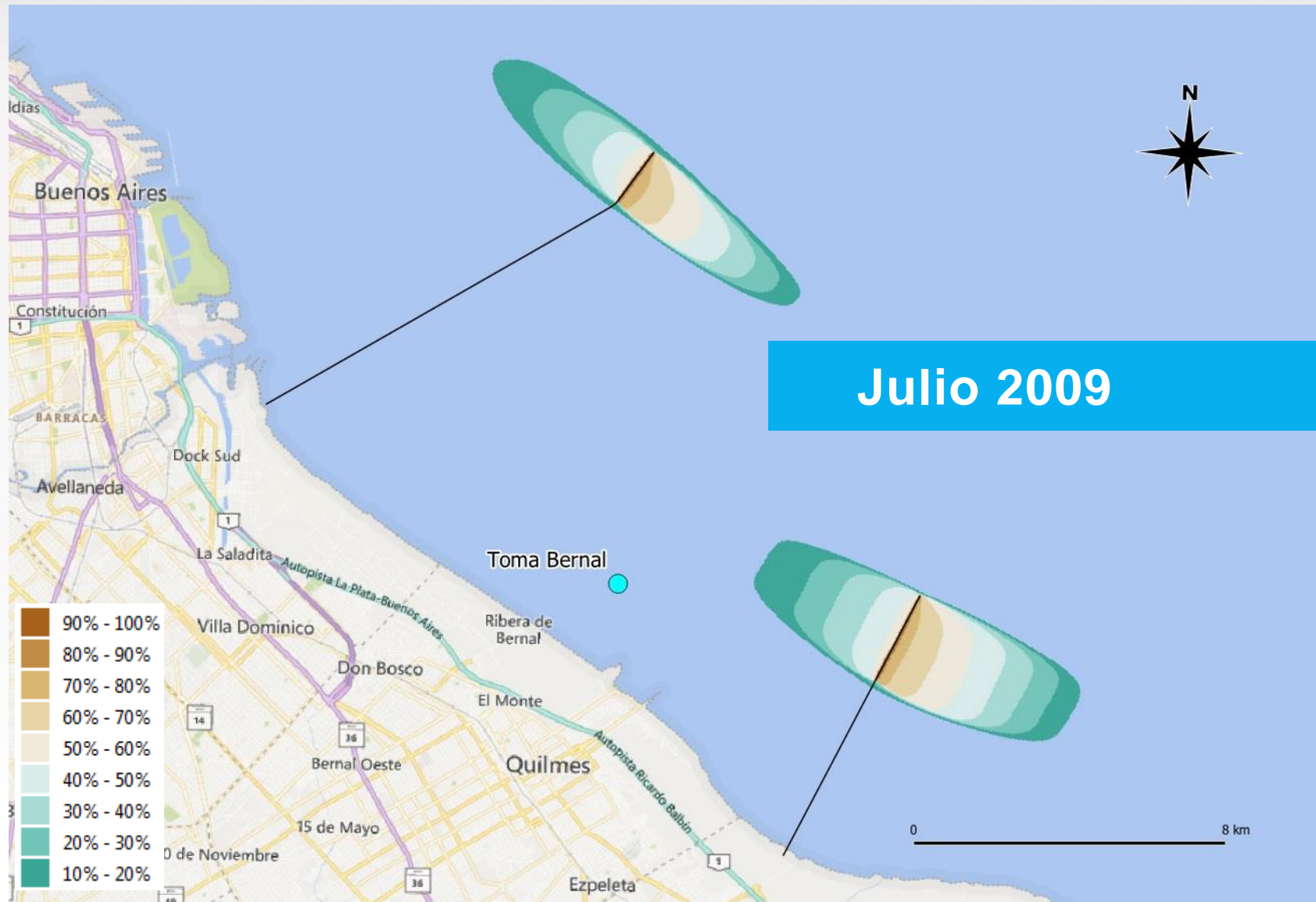
La tasa de decaimiento usualmente se expresa en términos del T_{90} , que es el tiempo en que toma al 90% de las bacterias en morir.

Para las simulaciones de E. coli se adopta como valor base un T_{90} igual 4,4 horas. Este valor es el máximo de los resultados de las experiencias realizadas por AySA en el Río de la Plata sobre la pluma del actual emisario Berazategui.



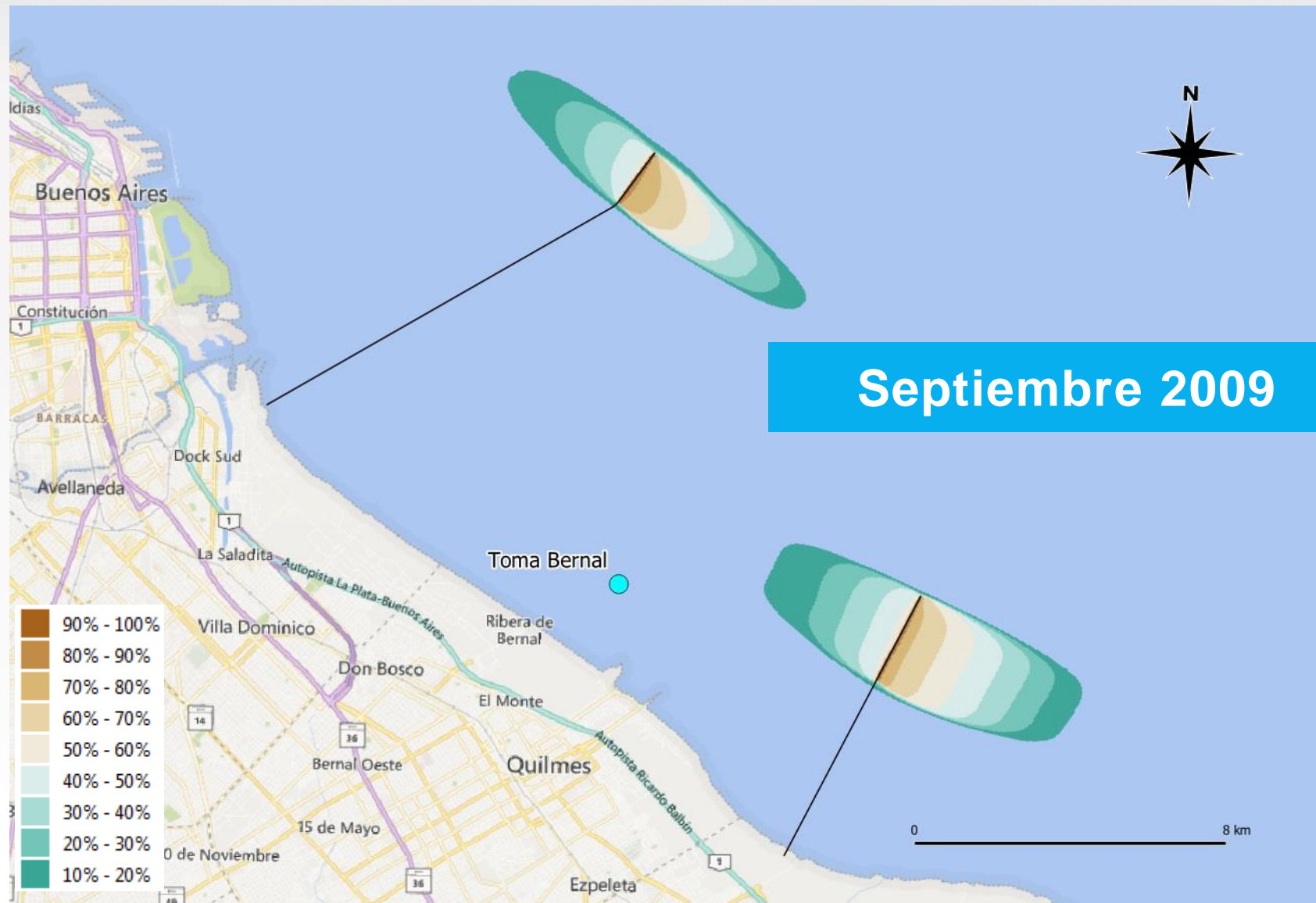
Resultados presentados por los autores de dichos ensayos. El rango informado (entre 1,6 y 4,4 horas), comprende campañas diurnas y nocturnas en distintas estaciones del año

RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO



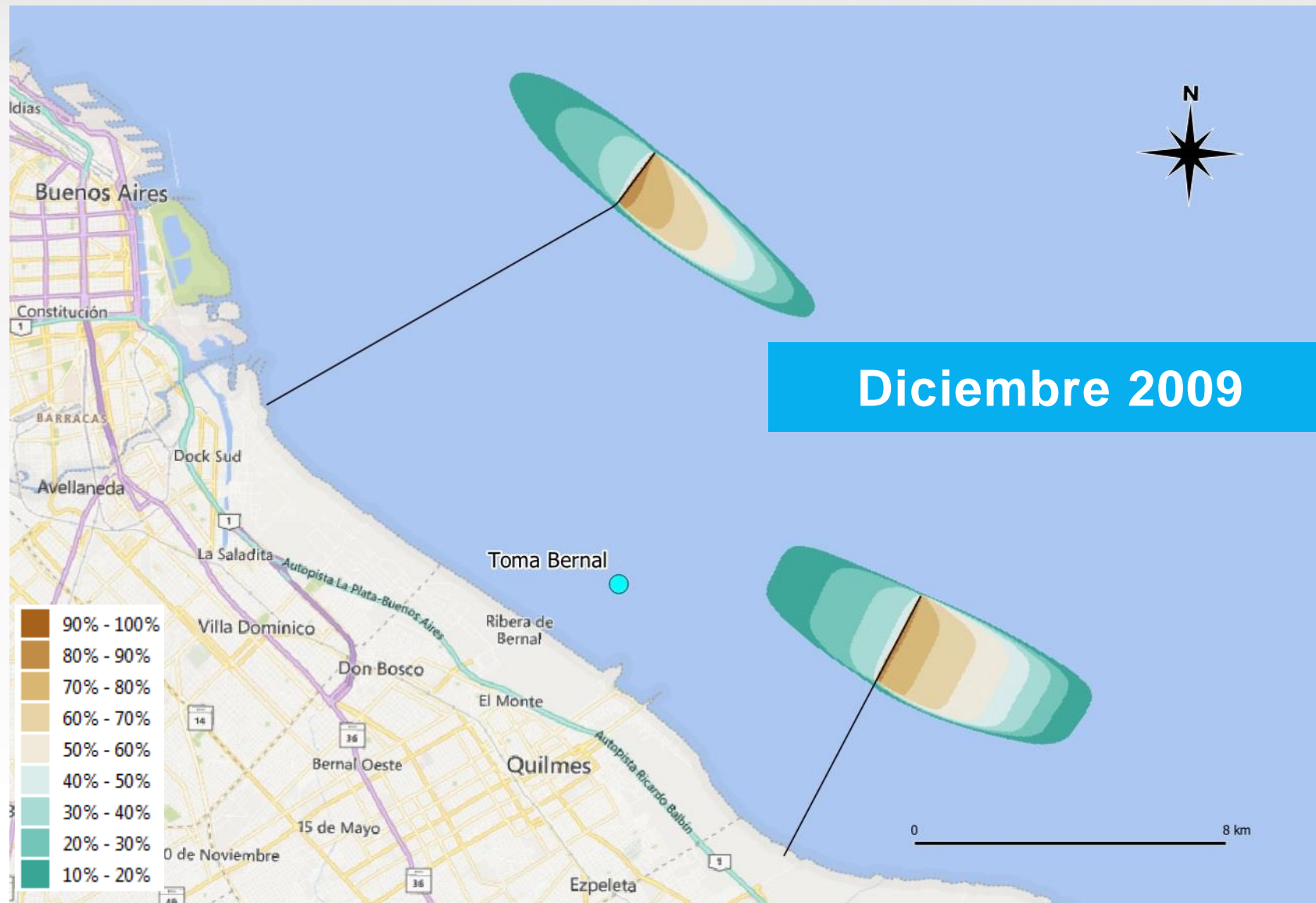
Frecuencia de concentraciones de *E. Coli* mayores a 20.000 NMP/100 ml

RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO



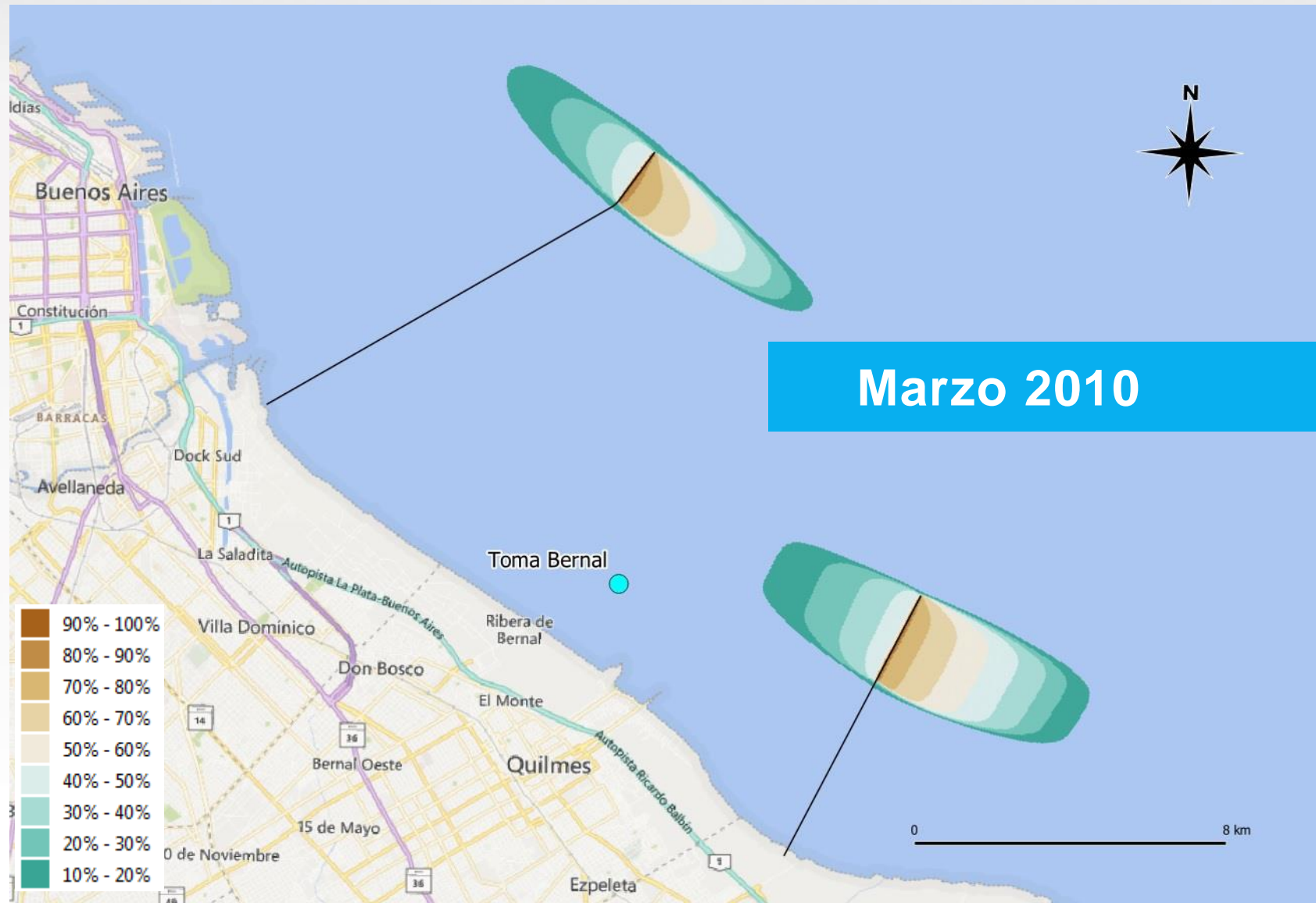
Frecuencia de concentraciones de *E. Coli* mayores a 20.000 NMP/100 ml

RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO



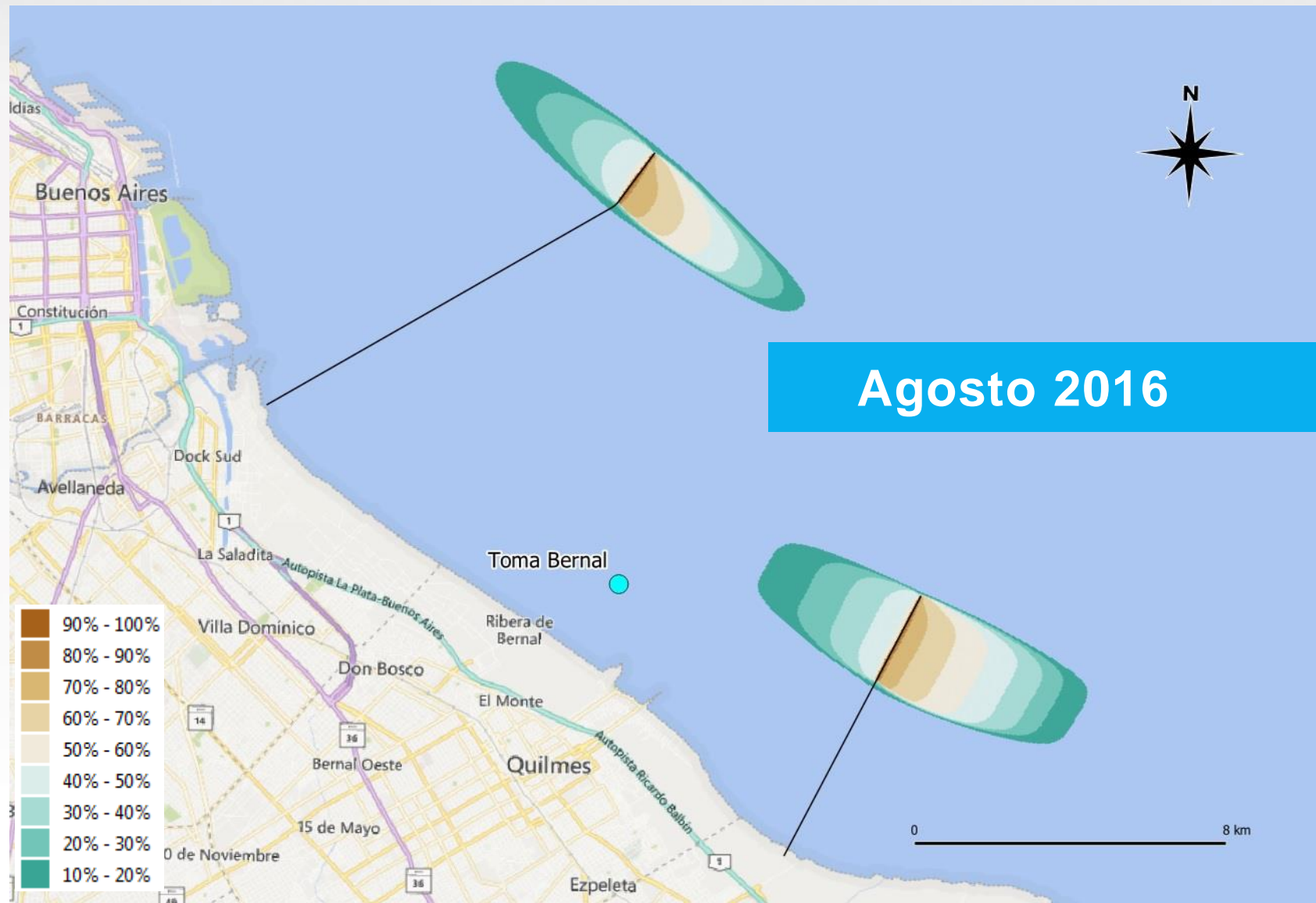
Frecuencia de concentraciones de *E. Coli* mayores a 20.000 NMP/100 ml

RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO



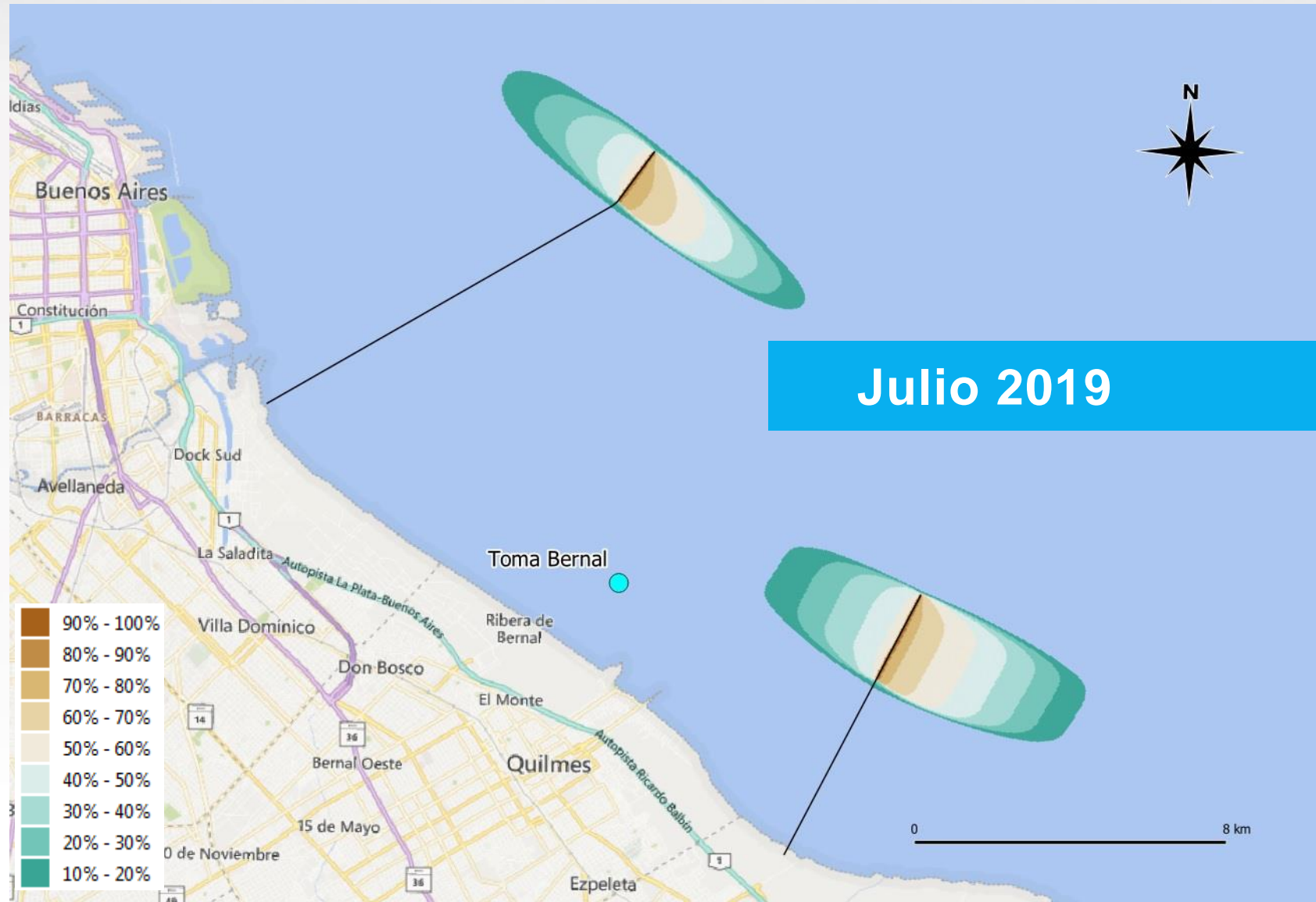
Frecuencia de concentraciones de *E. Coli* mayores a 20.000 NMP/100 ml

RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO



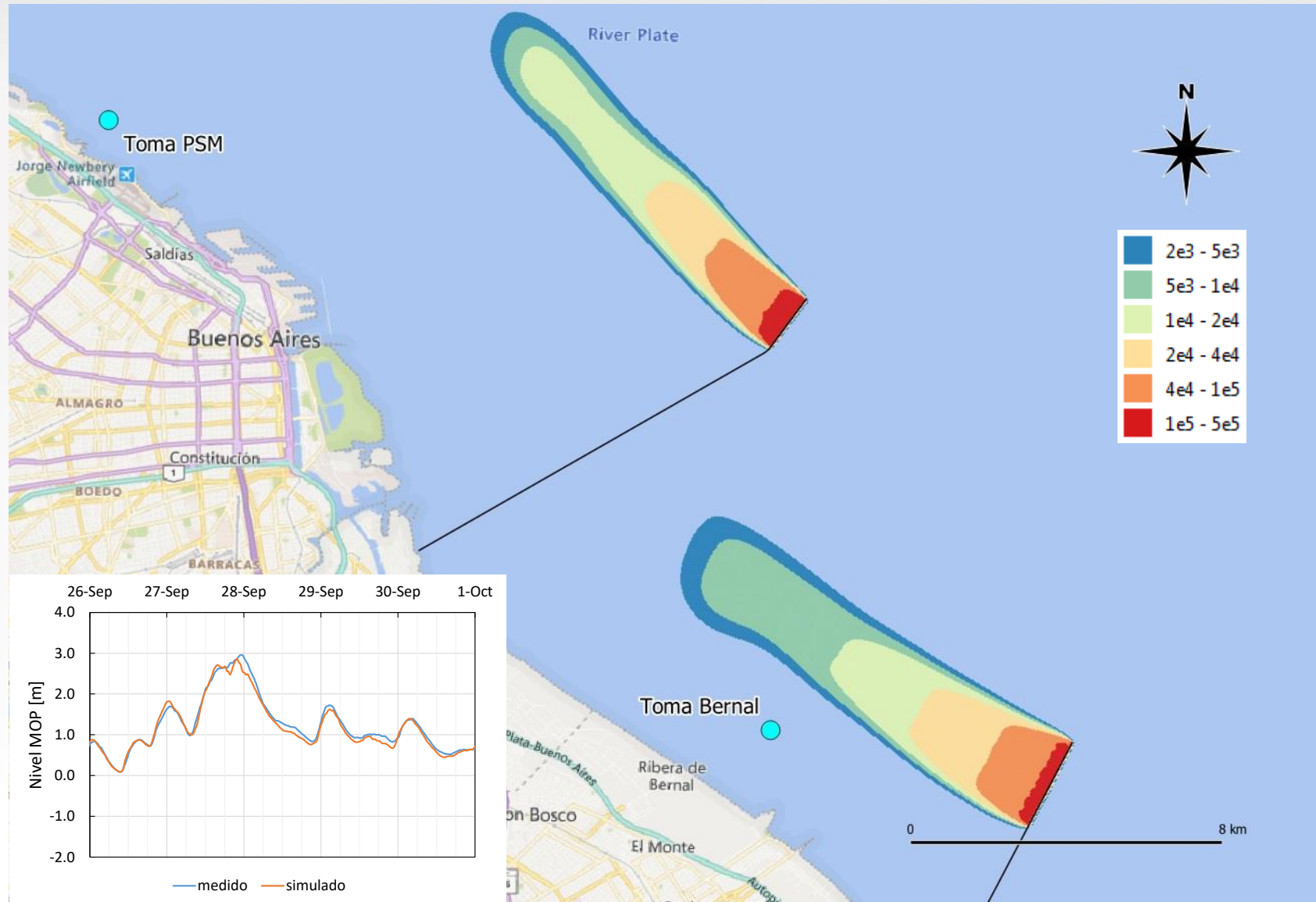
Frecuencia de concentraciones de *E. Coli* mayores a 20.000 NMP/100 ml

RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO

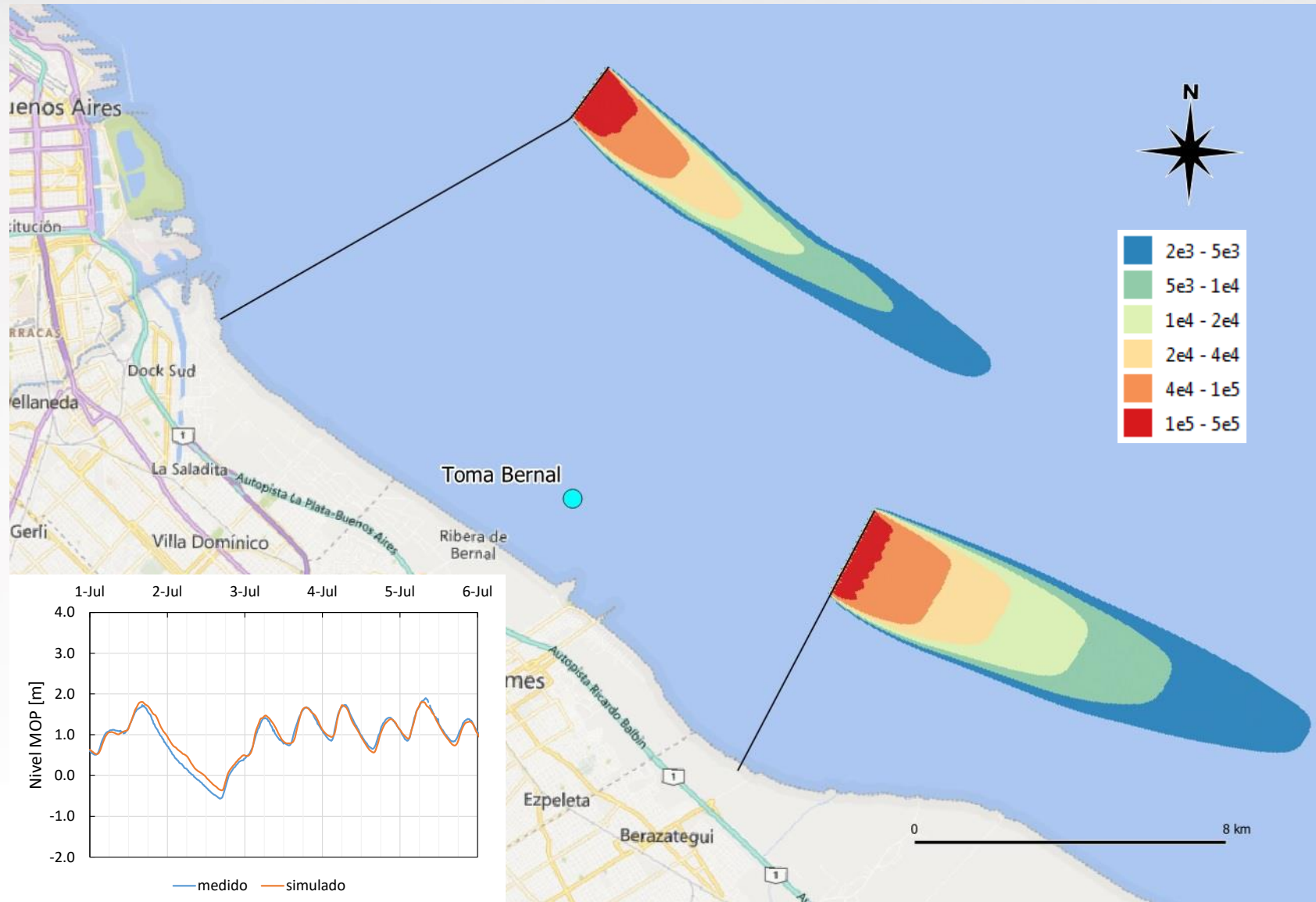


Frecuencia de concentraciones de E. Coli mayores a 20.000 NMP/100 ml

Resultados modelo actualizado – Creciente, Sudestada



Resultados modelo actualizado – bajante extraordinaria, viento N, NO



MODELACIÓN MATEMÁTICA EMISARIOS - CONCLUSIONES

Para obtener la disposición adecuada de los efluentes tratados en el Río del Plata asegurando la calidad ambiental de acuerdo a los niveles establecidos, está se previó la construcción de dos emisarios, ambos precedidos por plantas de pretratamiento:

- Emisario Riachuelo: consiste en un túnel subfluvial de 12 km de largo con un tramo difusor de 1,4 km en su extremo y caudal medio de 20 m³/s.
- Nuevo Emisario Berazategui: consiste en 3 conductos paralelos enterrados en el lecho del río, descargando a 7,3 km de la costa un caudal medio de 25 m³/s. La longitud del tramo difusor será de 2,4 km.

Para la elaboración del actual estudio se partió del informe antecedente realizado por el Dr. Philip J. W. Roberts, el cual establece los criterios de calidad y diseño de los emisarios. Sin embargo a la fecha se cuenta con nuevas mediciones, numerosos muestreos, trabajos de campo y avances en la Ingeniería del Proyecto que enriquecen, o permiten establecer con mayor precisión, los datos básicos utilizados en el estudio antecedente.

Se estudió el impacto de un contaminante bacteriológico, más precisamente E. coli debido a su impacto potencial sobre la salud pública, junto con una sustancia conservativa o sin decaimiento que pudiera estar presente en el efluente. Esto es debido a que se verifica que la variable bacteriológica es el factor limitante de la zona afectada, es decir, la responsable de los alcances de la pluma.

Se adoptó conservadoramente un T90 de 4,4 horas (máximo valor de las campañas realizadas sobre el emisario existente) y una concentración de efluente $2,4 \times 10^7$ NMP/100ml (conservador, percentil 75° de las 103 muestras analizadas).

MODELACIÓN MATEMÁTICA EMISARIOS - CONCLUSIONES

De los resultados con el modelo actualizado se concluye:

- La dilución aumenta con el caudal medio del río. A una distancia de 100 m de los emisarios se mantiene por encima de 20:1 para el percentil 10° (90% del tiempo). La mediana de las diluciones (percentil 50°) es siempre elevada con un mínimo de 40:1
- En lo que respecta al Uso III - Apta para actividades recreativas sin contacto directo (o contacto secundario) - resultan aun menores a las indicadas en el informe antecedente y se mantienen relativamente constante en los distintos meses. Para Riachuelo esta zona de excedencia es de unos 10 km de largo por 2 km de ancho, mientras que en Berazategui es de unos 9 km por 2,5 km, con un amplio margen de distancia a las tomas de agua o la costa cercana.
- En lo que respecta al Uso I - Apta para consumo humano con tratamiento convencional - las zonas afectadas en donde no se alcanza el estándar de calidad se mantienen, al igual que para el Uso III, constantes en los distintos periodos. Para Riachuelo la zona de excedencia es de unos 13 km de largo por 2 km de ancho, mientras que en Berazategui es de unos 12 km por 3 km. Las plumas en cuestión se ubican lejos de la costa y tomas de agua con un amplio margen.
- Durante las Sudestadas si bien se generan excursiones más largas que las habituales, hay mayor dilución respecto de las condiciones normales y no se produce ningún efecto en las tomas de agua o costa a lo largo de todo el evento.
- En las bajantes extraordinarias el alcance de la pluma hacia la desembocadura de río es un poco mayor al habitual, sin afectar las tomas de agua o costa cercana a lo largo de todo el evento.

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN