

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 km<sup>2</sup> de superficie total - 14,5 millones de habitantes.

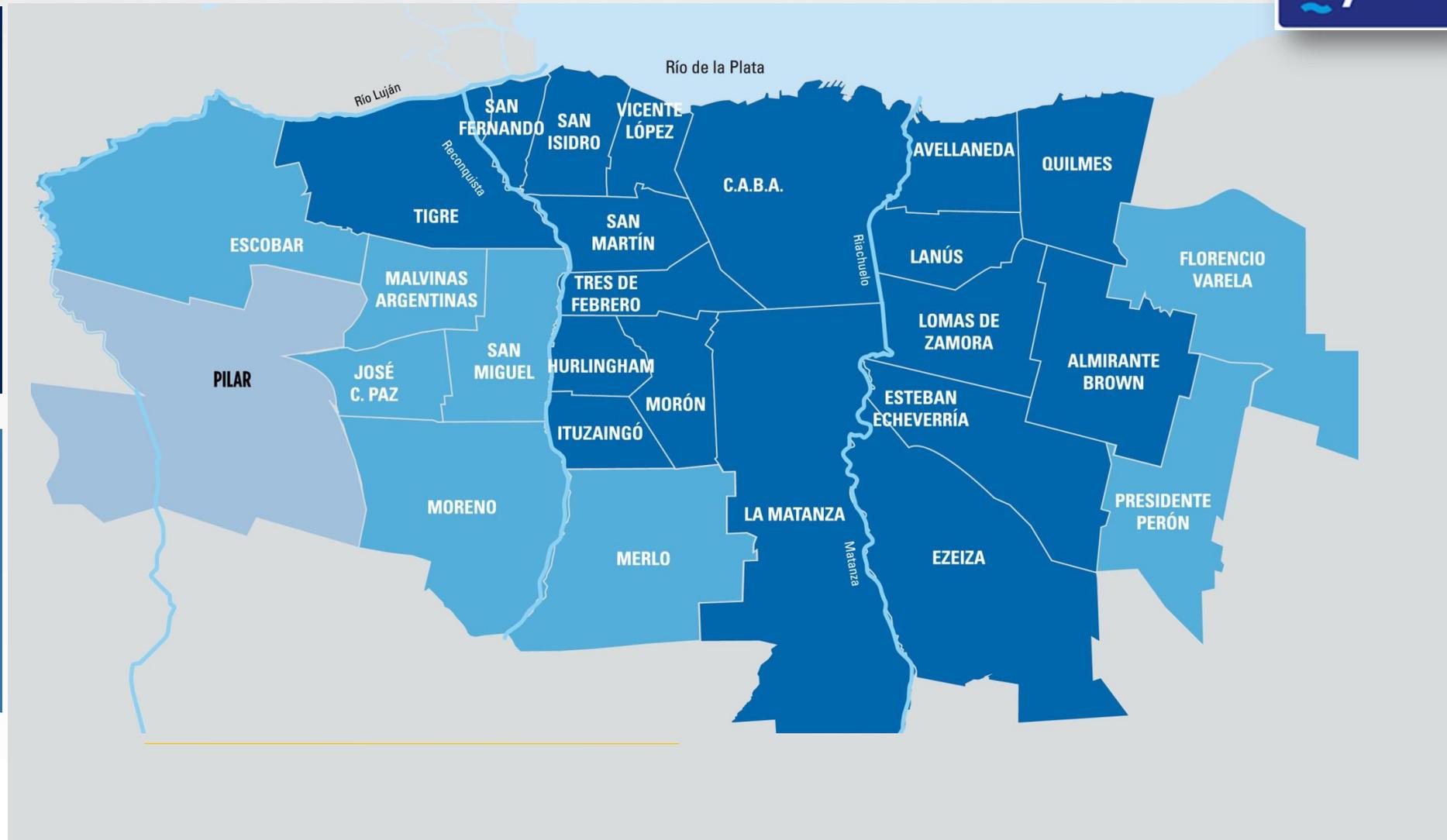
aysa

### Sistema de Agua:

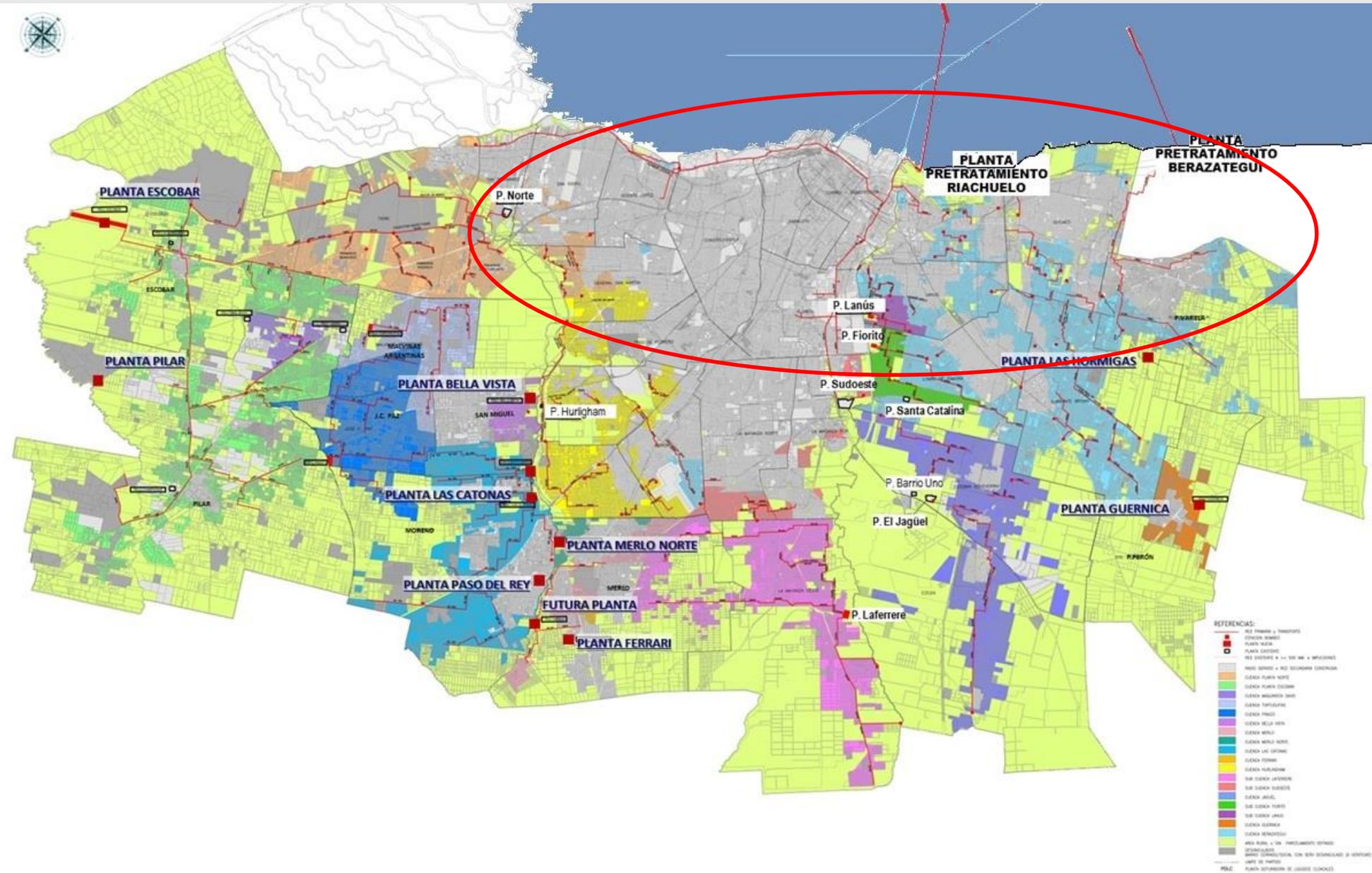
- ✓ 3 Plantas Potabilizadoras (85%)
- ✓ 750 perforaciones agua subterránea (15%)
- ✓ Producción: 6 millones de m<sup>3</sup>/día
- ✓ 24.000 km de redes de agua
- ✓ 11 millones de habitantes servidos

### Sistema de Saneamiento:

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



Área de acción: Ciudad de Buenos Aires y 26 Municipios del Conurbano Bonaerense.  
3.304 km<sup>2</sup> de superficie total - 14,5 millones de habitantes.



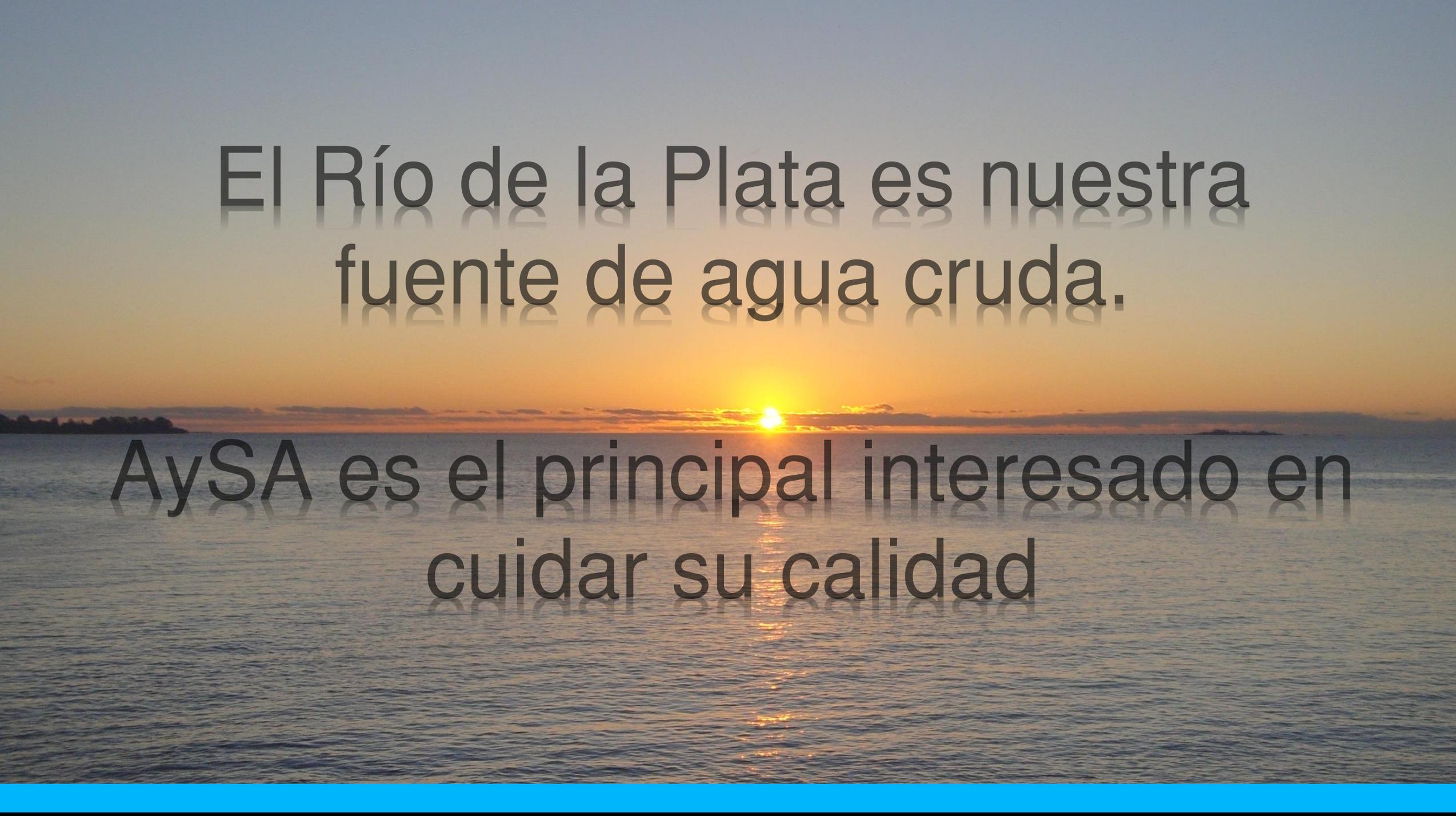


200 Km.

40 Km.

# ZONA DE ESTUDIO



A sunset over a body of water. The sun is low on the horizon, creating a bright orange glow that reflects on the water's surface. The sky transitions from a pale blue at the top to a deep orange near the horizon. The water is dark blue with gentle ripples.

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



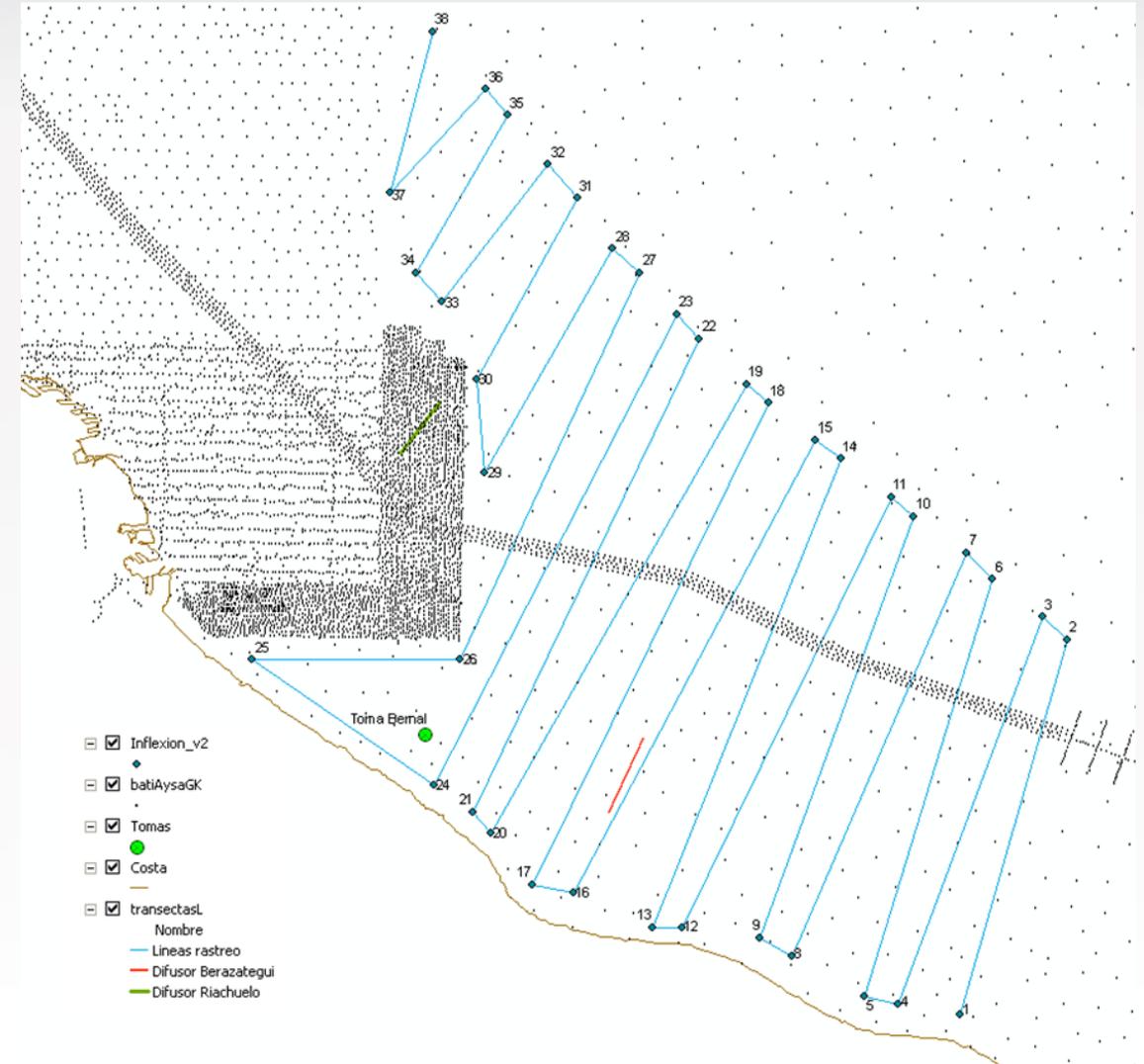
# Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

- 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

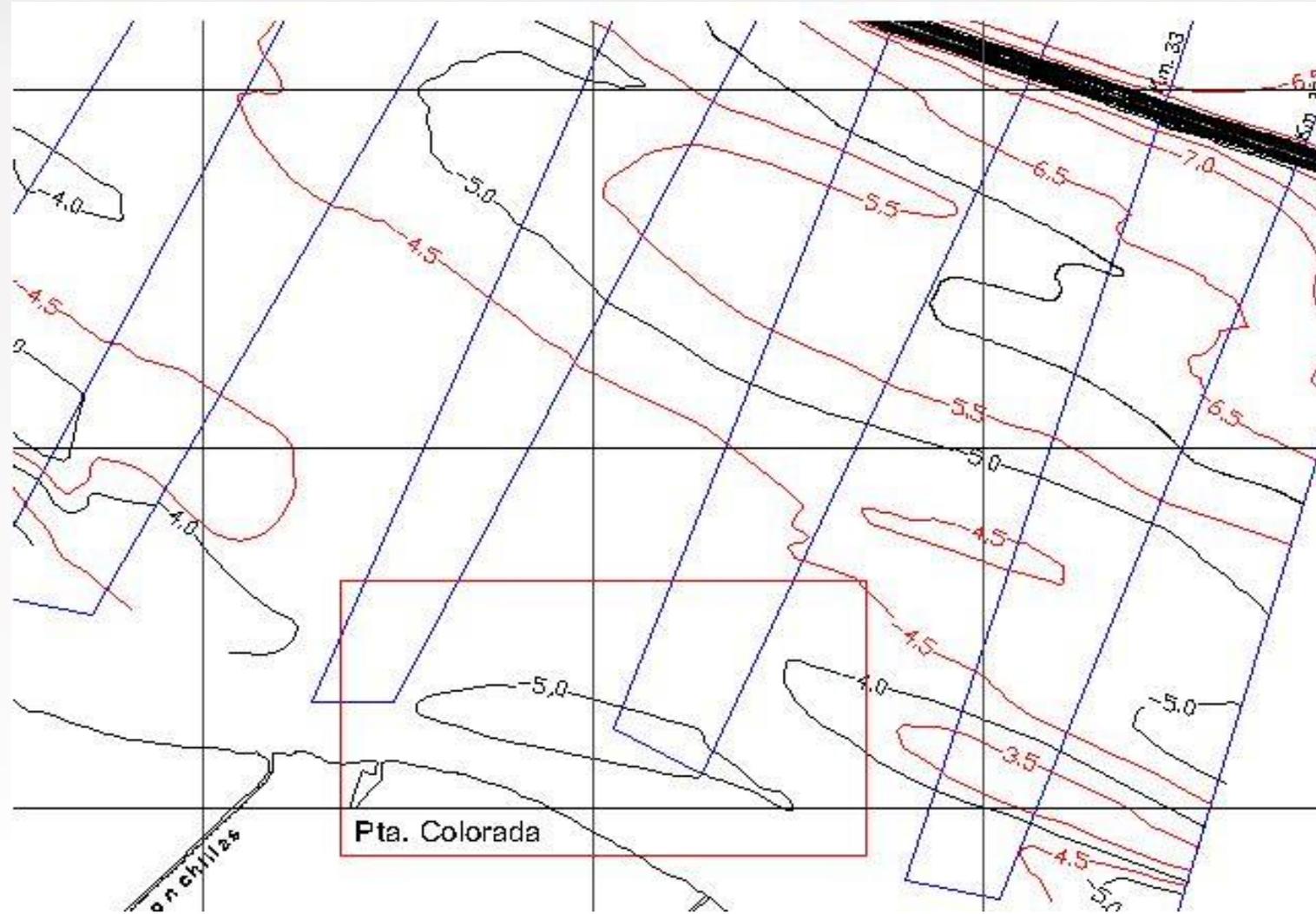
## Batimetrías

- 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

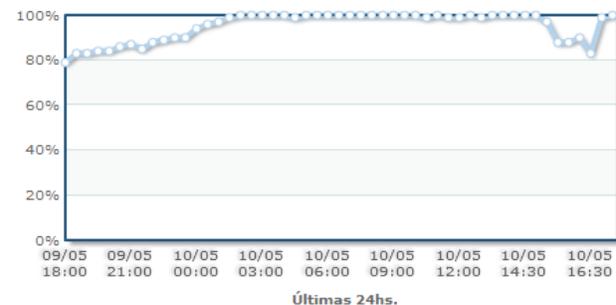
## Estaciones Meteorológicas



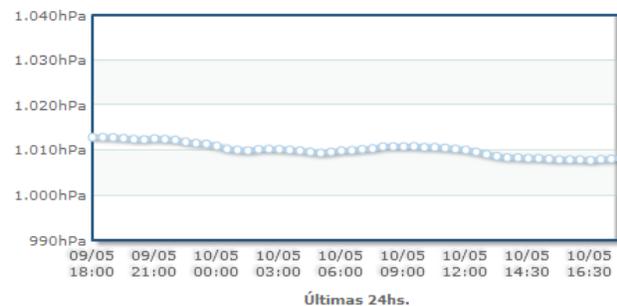
Temperatura



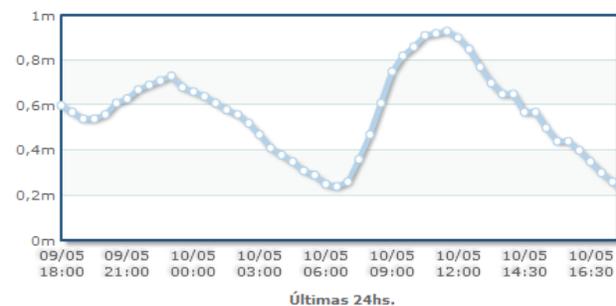
Humedad del Aire



Presión Atmosférica



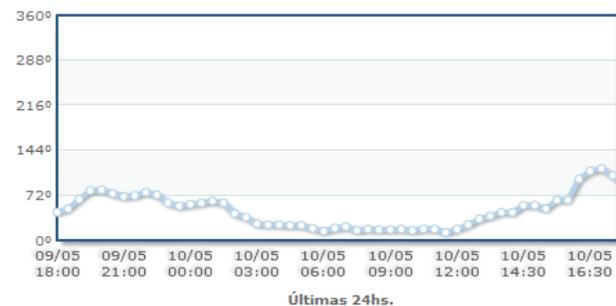
Nivel del Río



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:

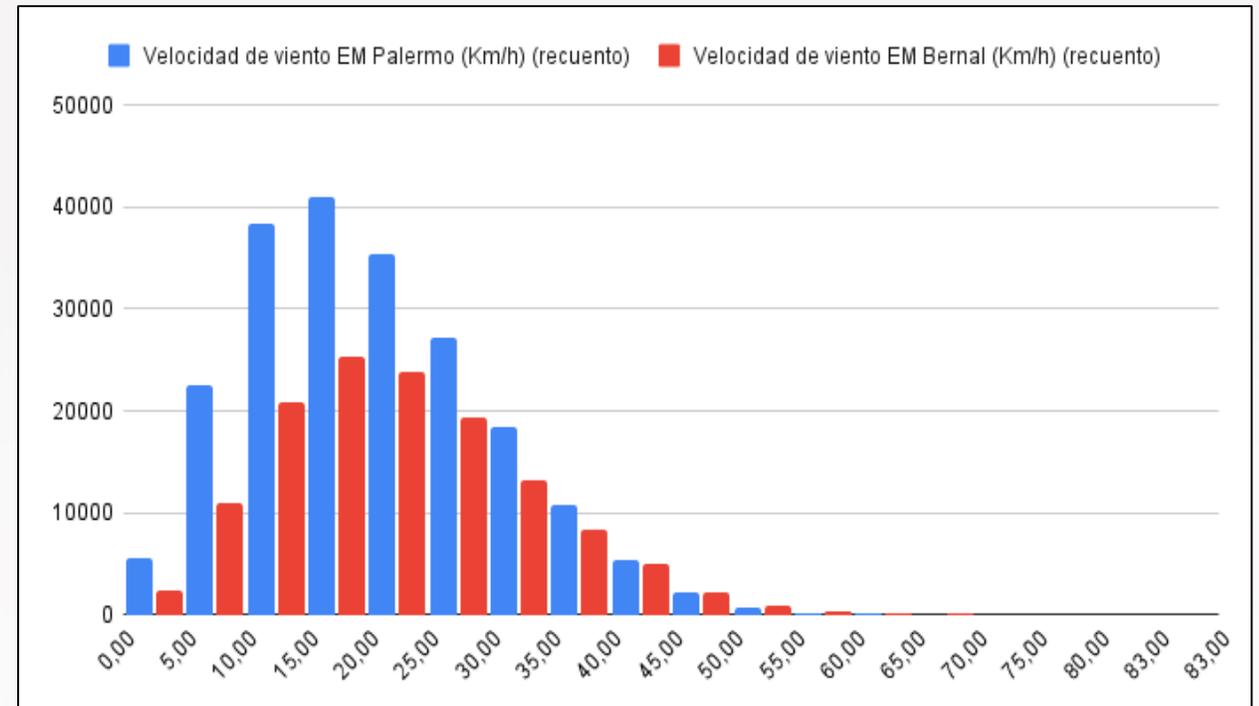
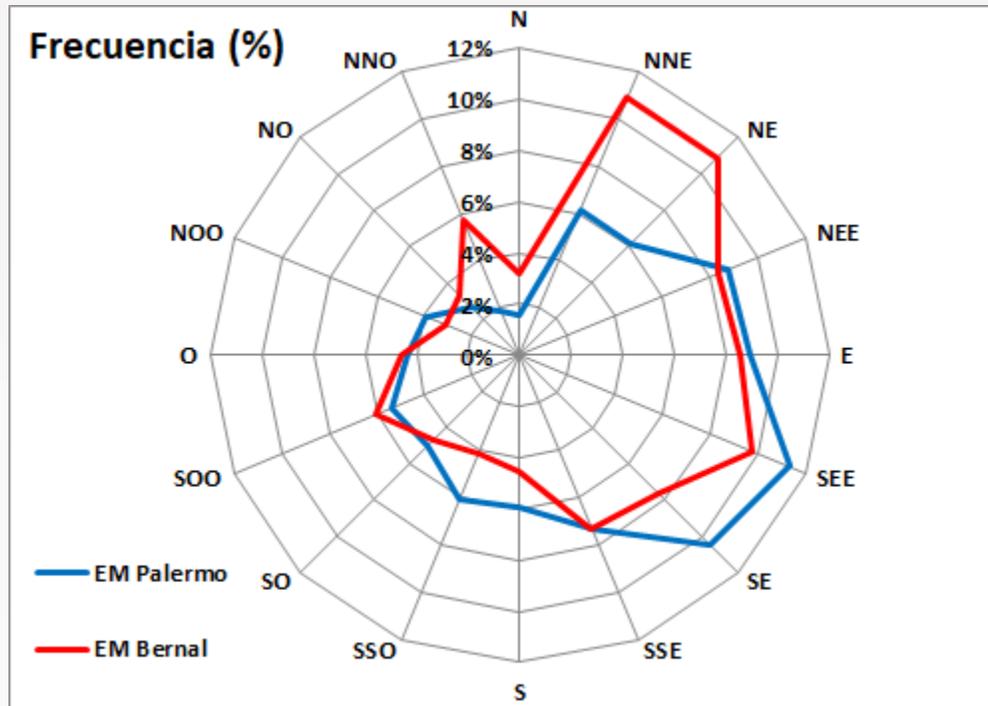
- Velocidad del viento.
- Dirección del viento.
- Temperatura.
- Humedad relativa ambiente.
- Presión atmosférica.
- Radiación solar.
- Nivel de precipitaciones.
- Nivel del río (altura de marea).

**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

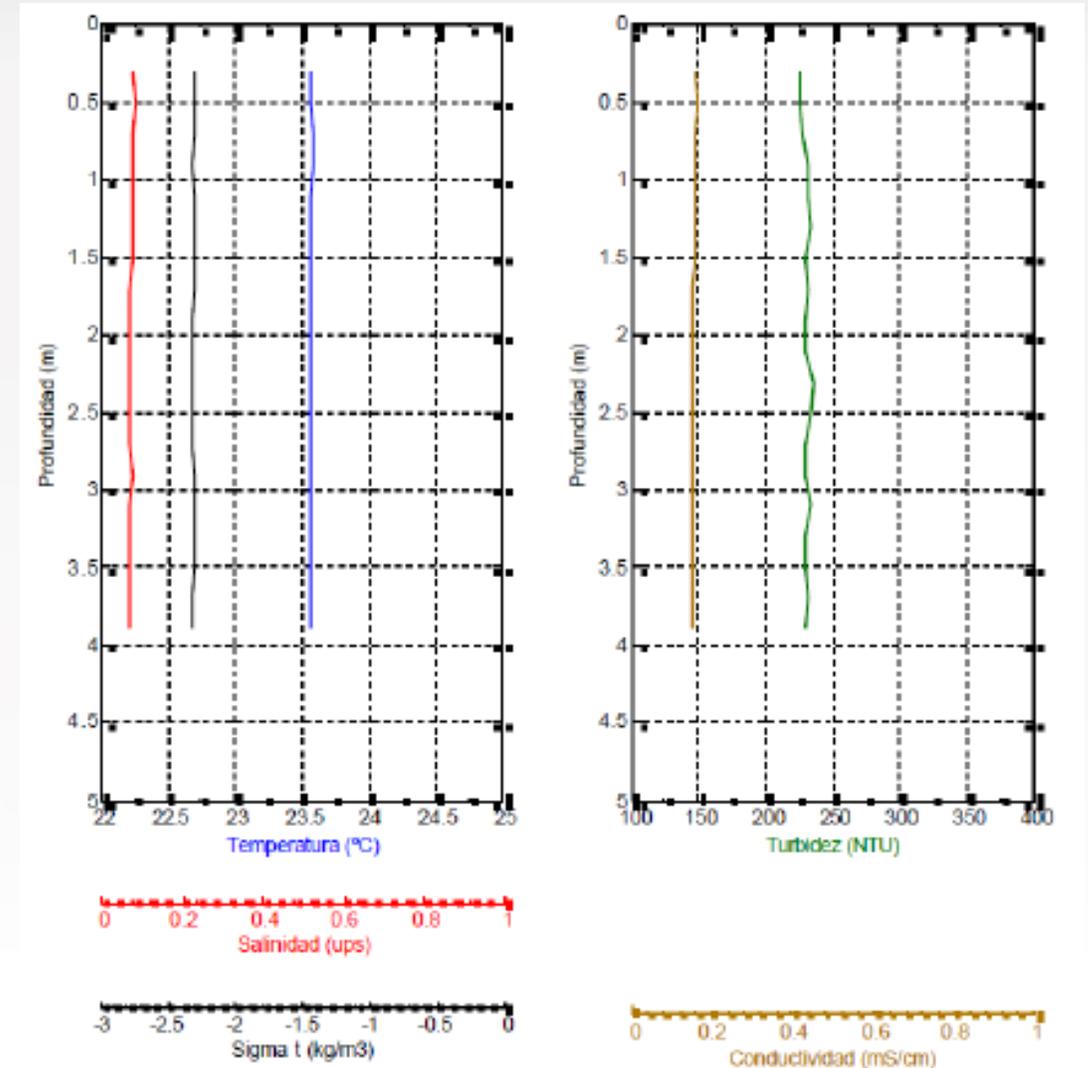
## Histograma de dirección y velocidad del viento



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

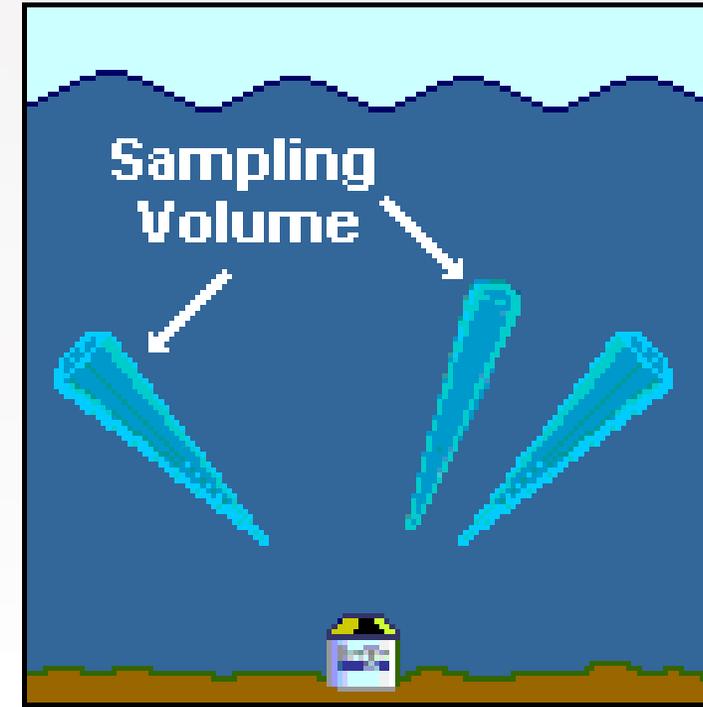
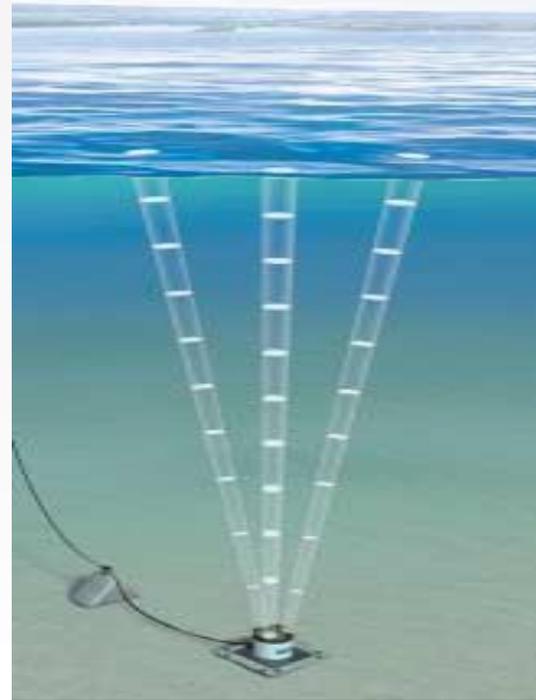
Nro	Coordenadas	Profundidad (m)	Ancho de la capa (m)	Nro de celdas sumergidas	Sensores adicionales
ADCP1	34°25'17.82"S 58°14'57.24"O	2.4	0.5	~ 3	
ADCP2	34°31'42.30"S 58° 7'45.12"O	3.7	0.5	~ 6	Turbiedad Olas
ADCP3	34°40'22.56"S 58°13'26.88"O	5.0	0.6	~ 7	
ADCP4	34°43'11.76"S 57°58'33.12"O	7.0	0.8	~ 8	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

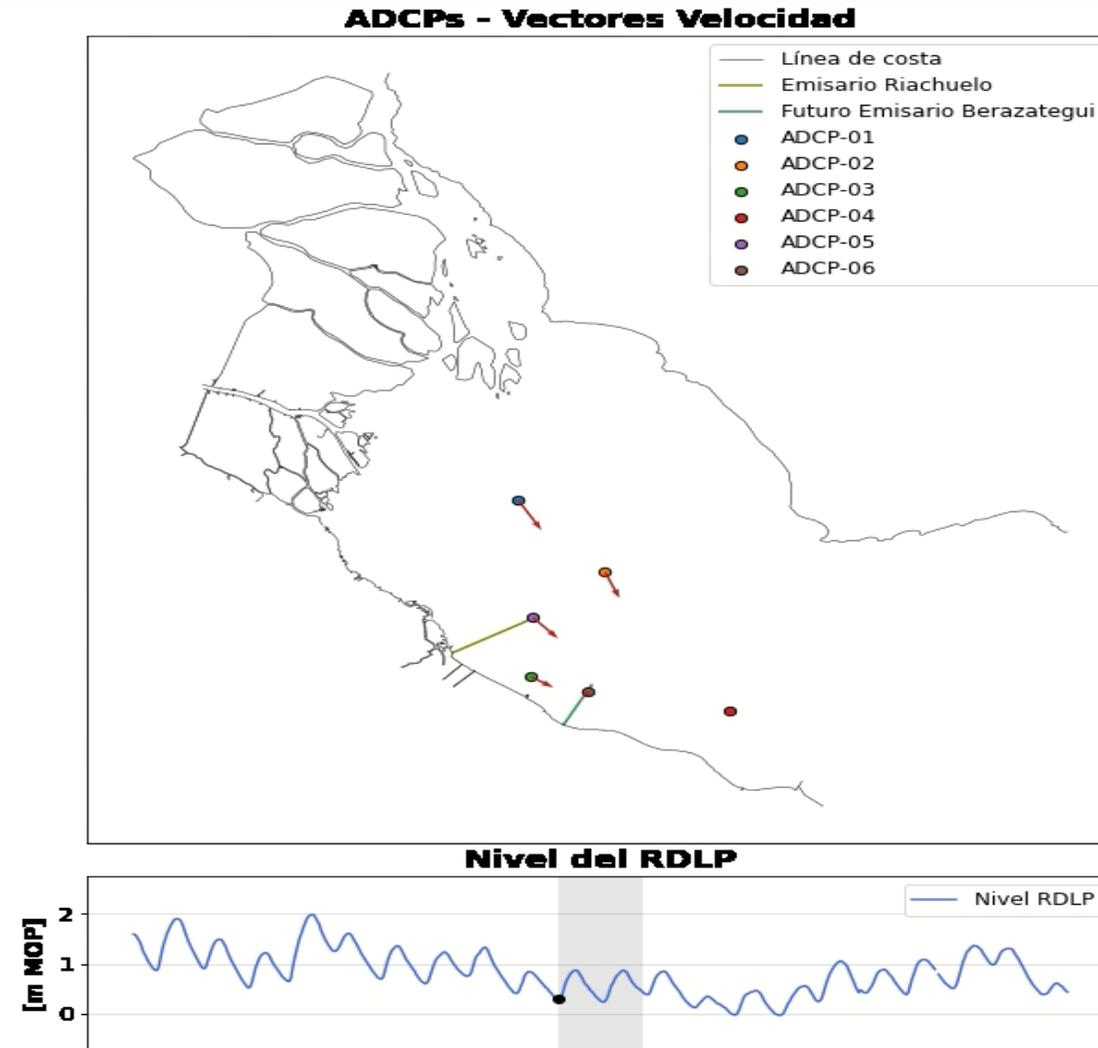
## Medidores de Velocidad y Dirección de Corriente - ADCP

- 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.



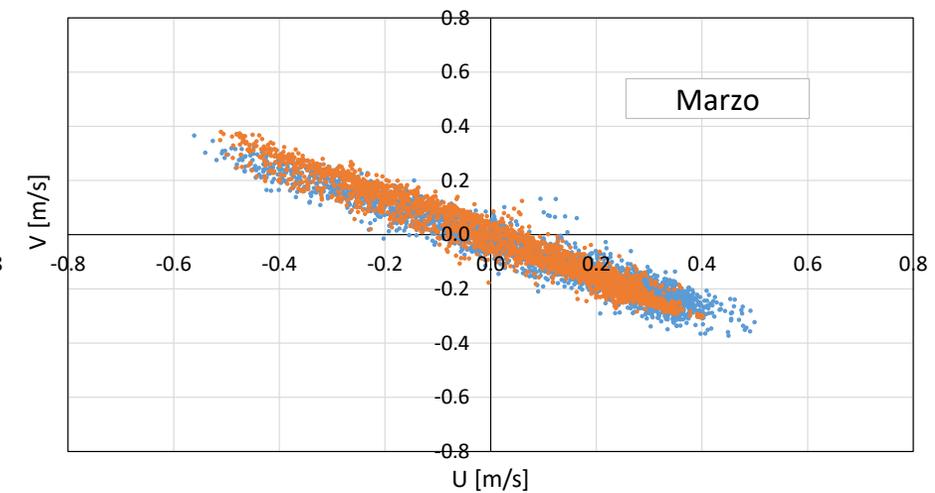
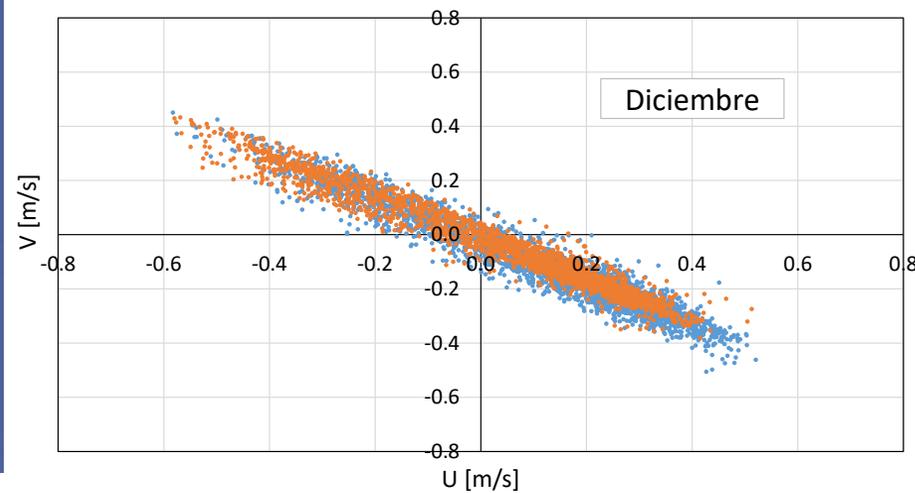
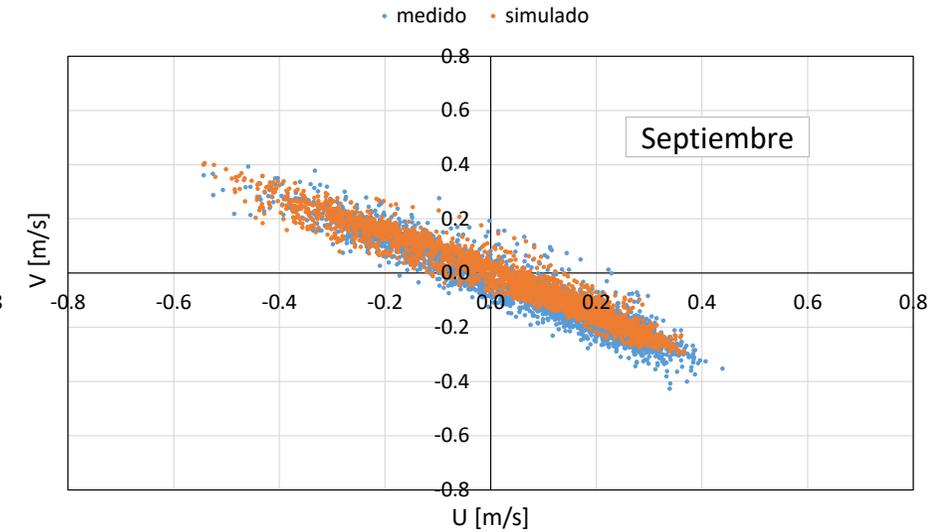
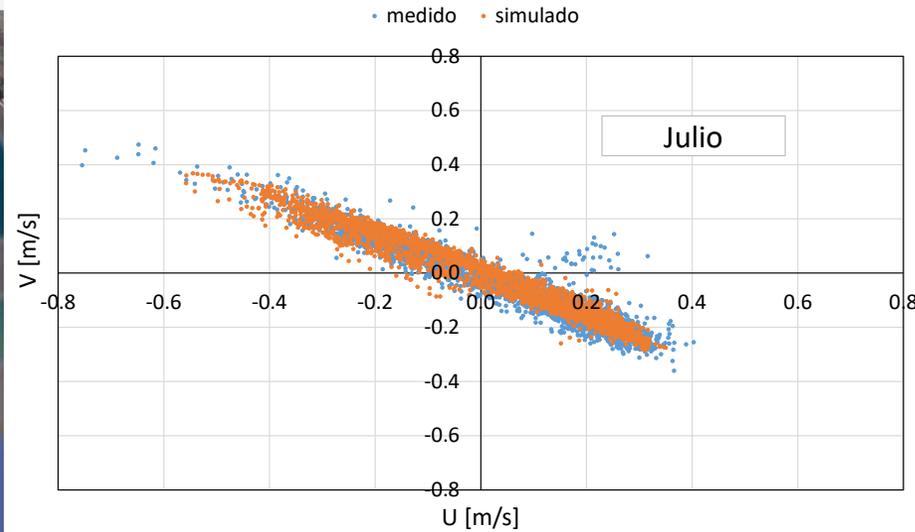
# Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

## Medidores de Velocidad y Dirección de Corriente - ADCP



# Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

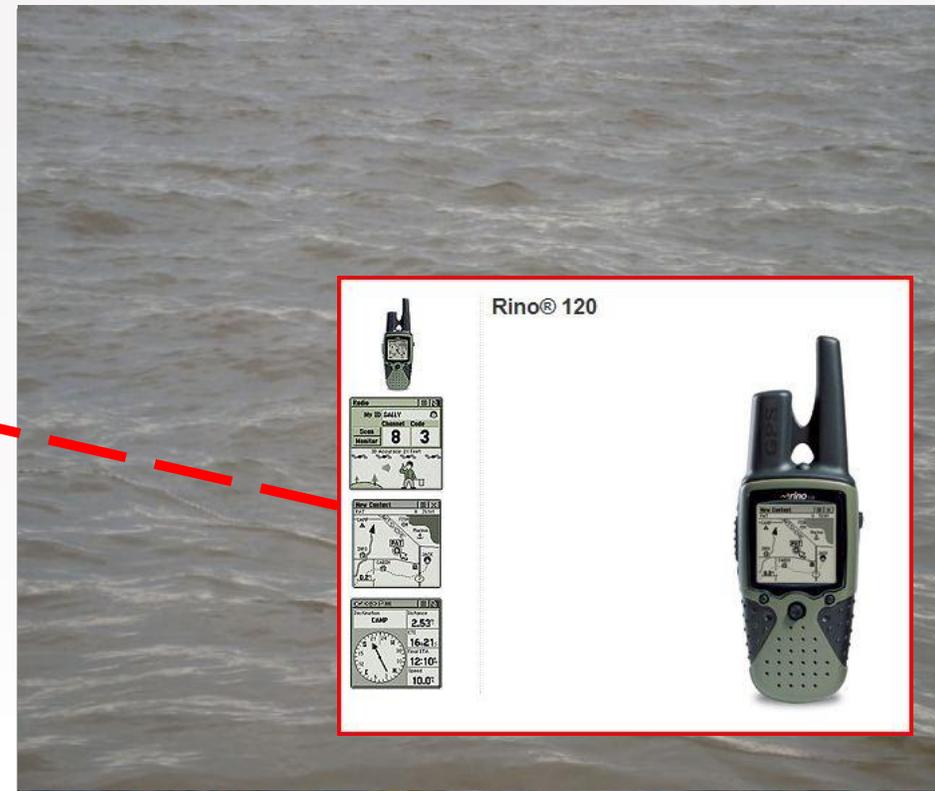
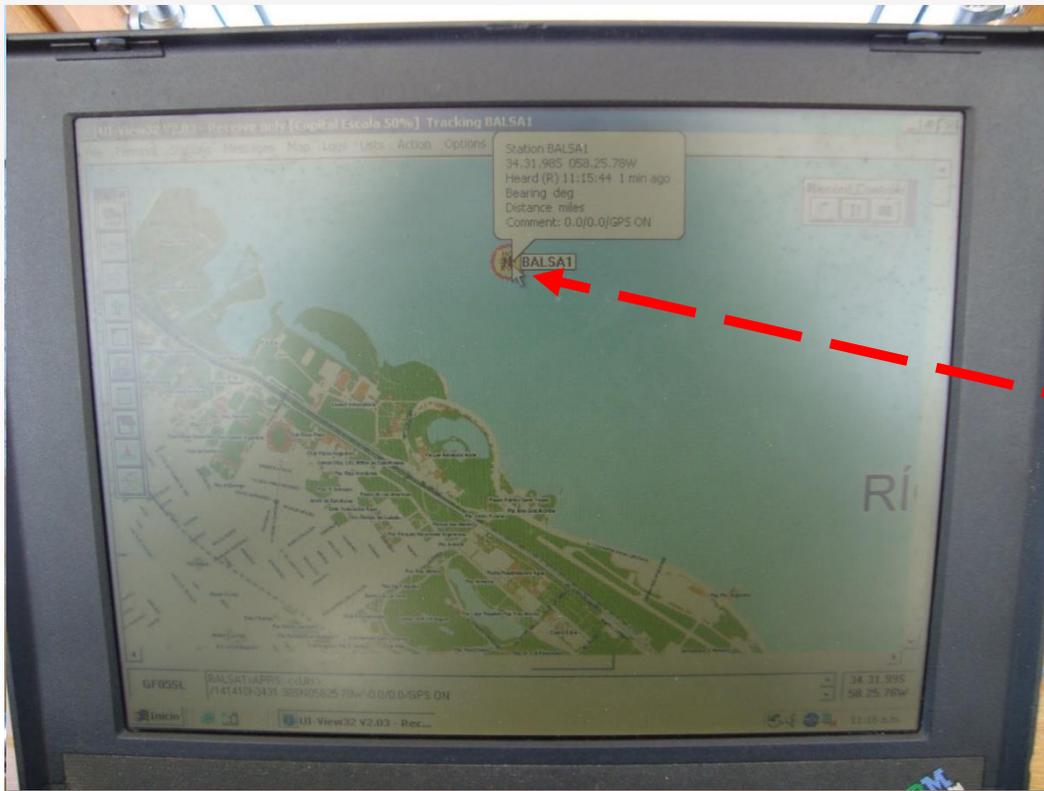
## Gráfico Polar de la Dirección de la Corriente



# 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.

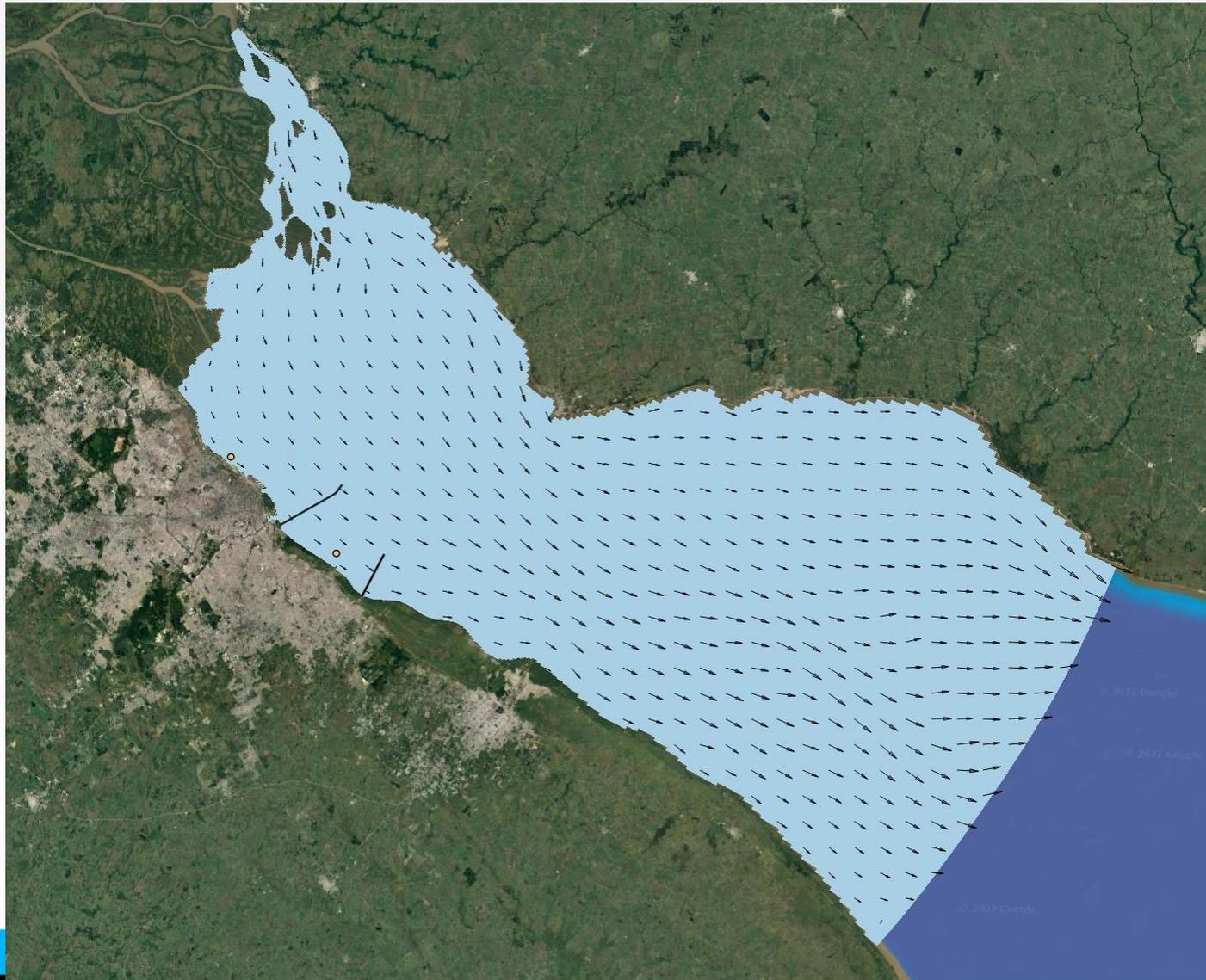


# Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata



# Recolección de Datos Hidrometeorológicos del Río de la Plata

## Campo de velocidades de corriente



# Diseño de los Emisarios Riachuelo y Berazategui

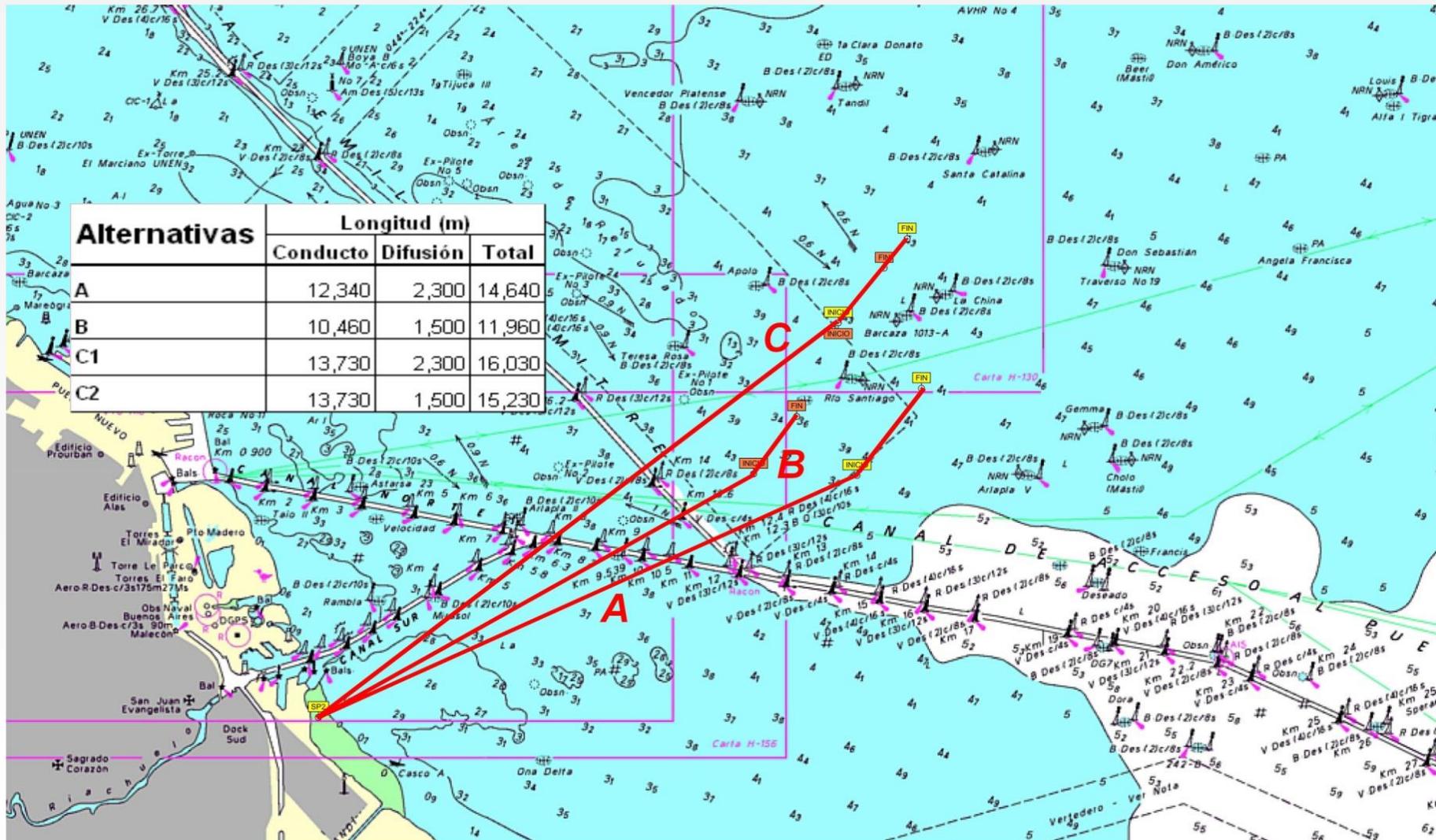
## Alternativas de Emisario y Difusores

Outfall	Diffuser length (m)	Coordinates (Lat, Long)	
		Start	End
<b>Riachuelo</b>			
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
<b>Berazategui</b>			
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



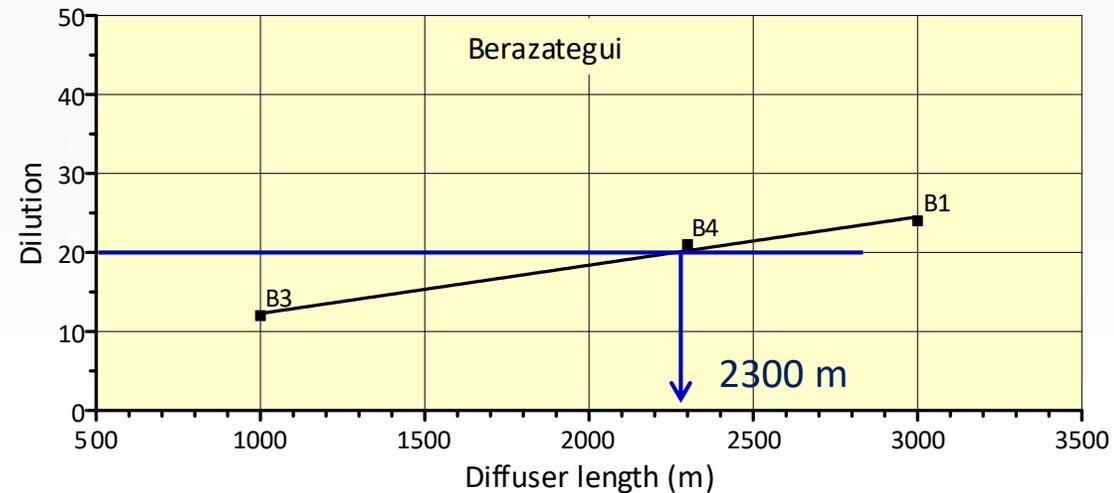
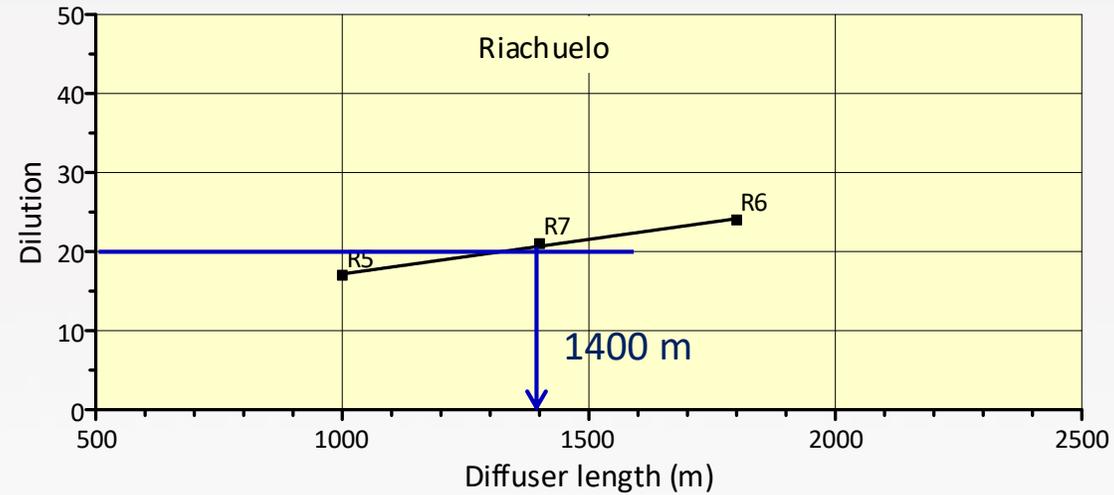
# Diseño de los Emisarios Riachuelo y Berazategui

## Alternativas de Emisario y Difusores - Riachuelo



# Diseño de los Emisarios Riachuelo y Berazategui

## Alternativas de Emisario y Difusores - Riachuelo

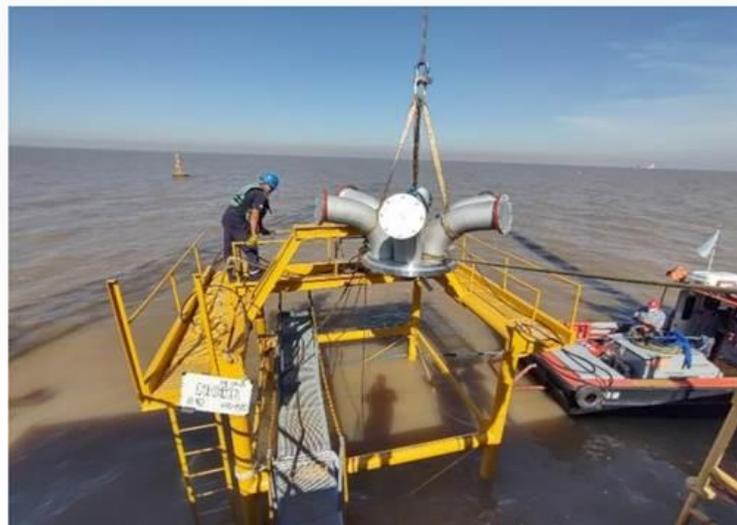
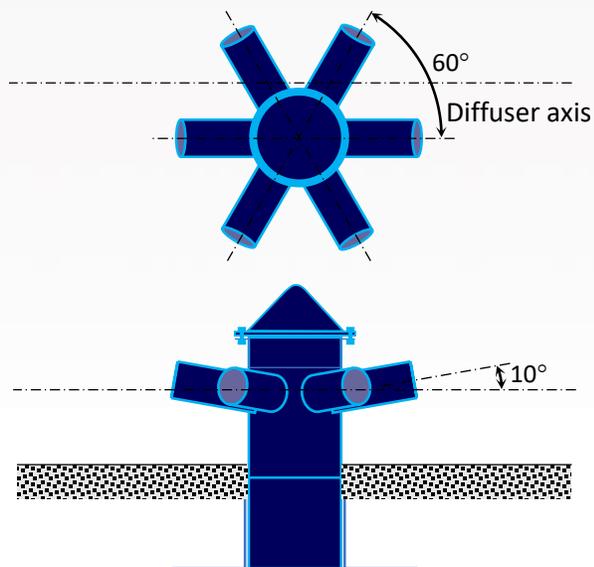


Criterio de Dilución: Dilución de Campo cercano > 20:1 para el 90% del tiempo

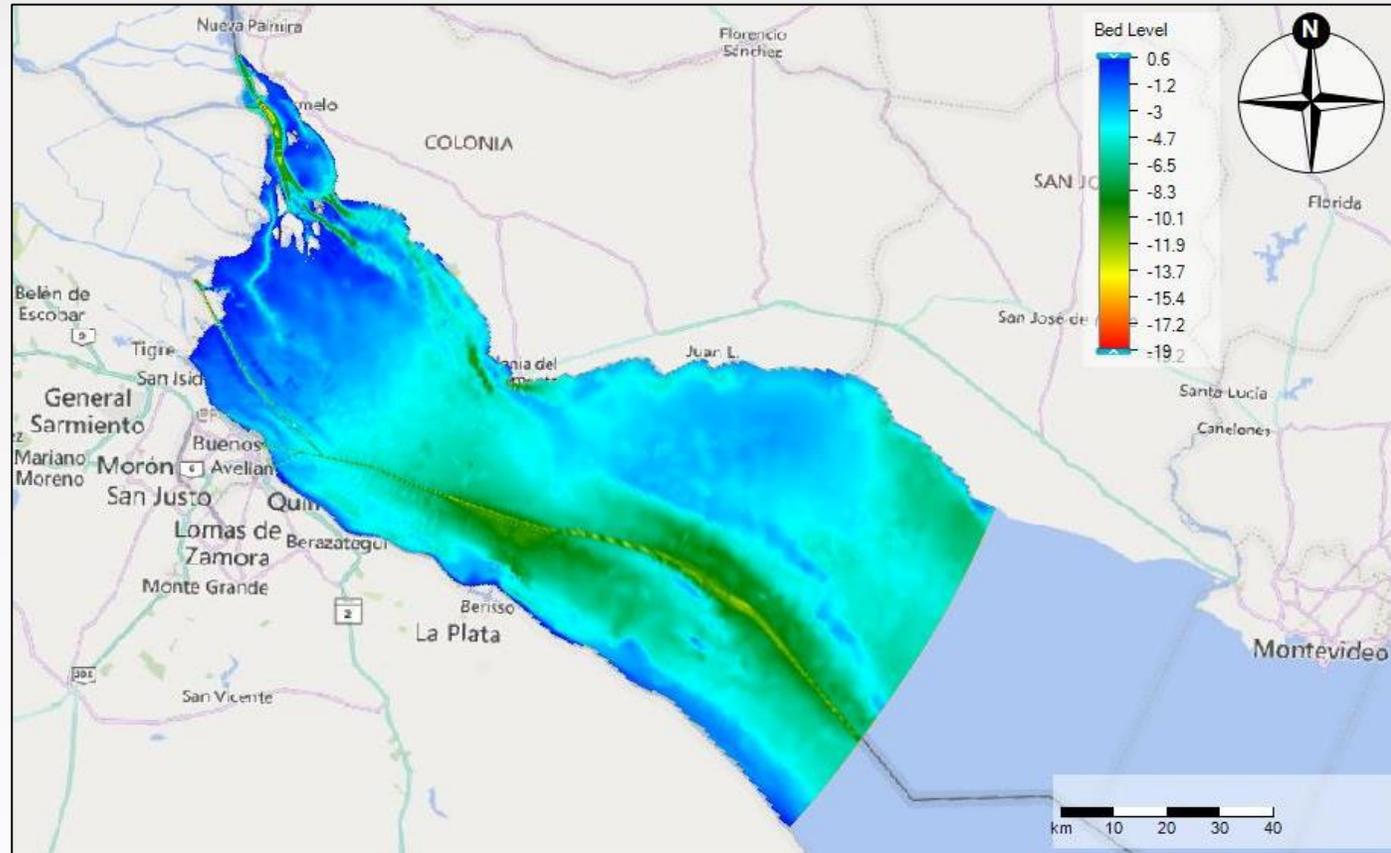
# Diseño de los Emisarios Riachuelo y Berazategui

## 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



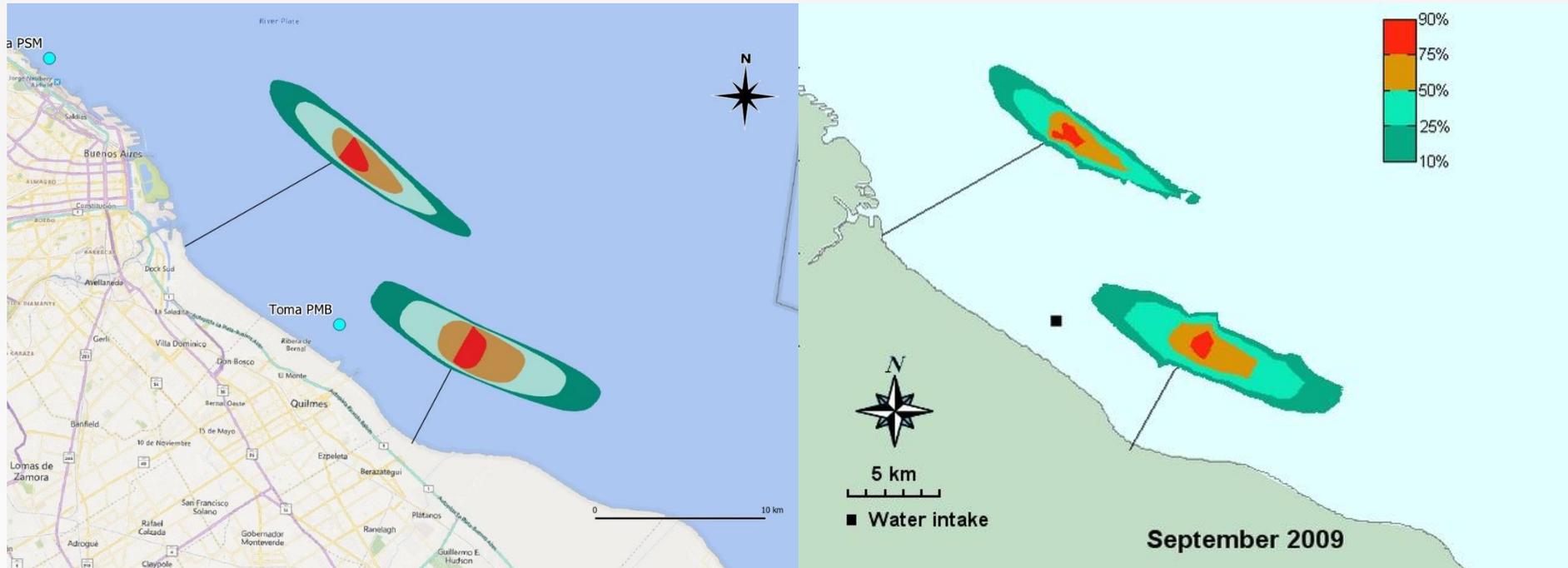
# Dominio del modelo matemático



- 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)



Modelo AySA

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

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

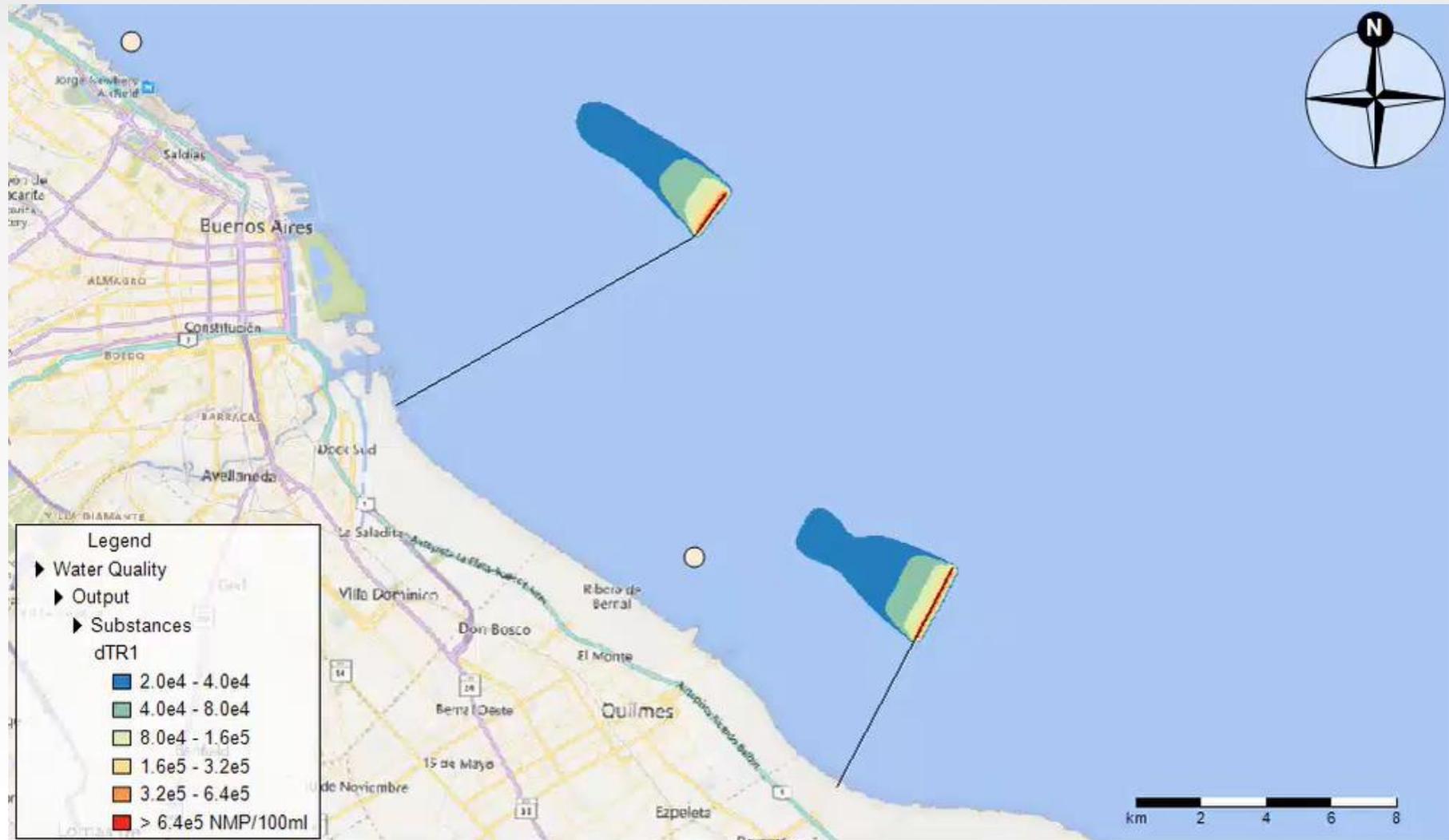
## CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA

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)

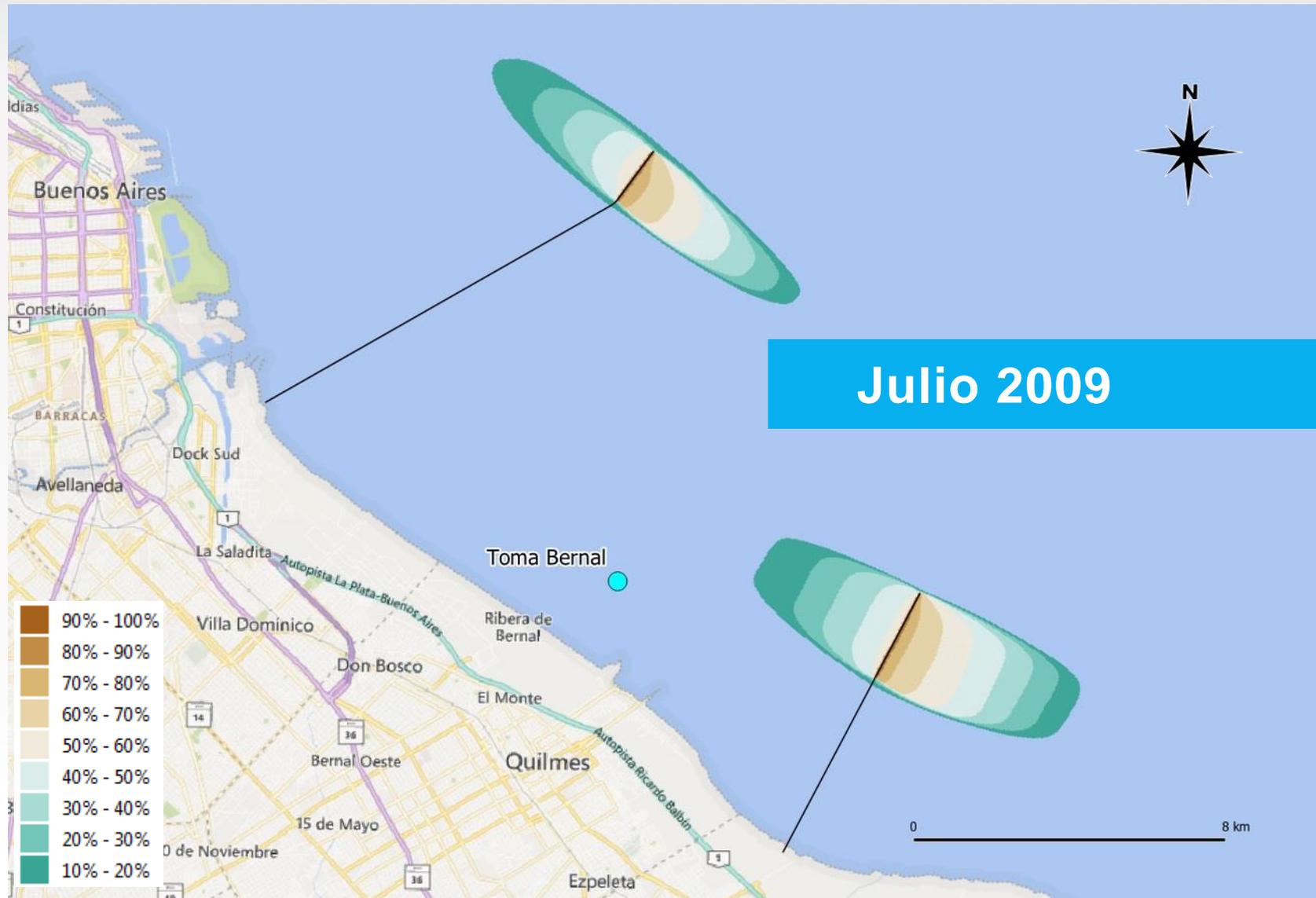
La tasa de decaimiento usualmente se expresa en términos del  $T_{90}$ , que es el tiempo en que toma al 90% de las bacterias en morir.

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.



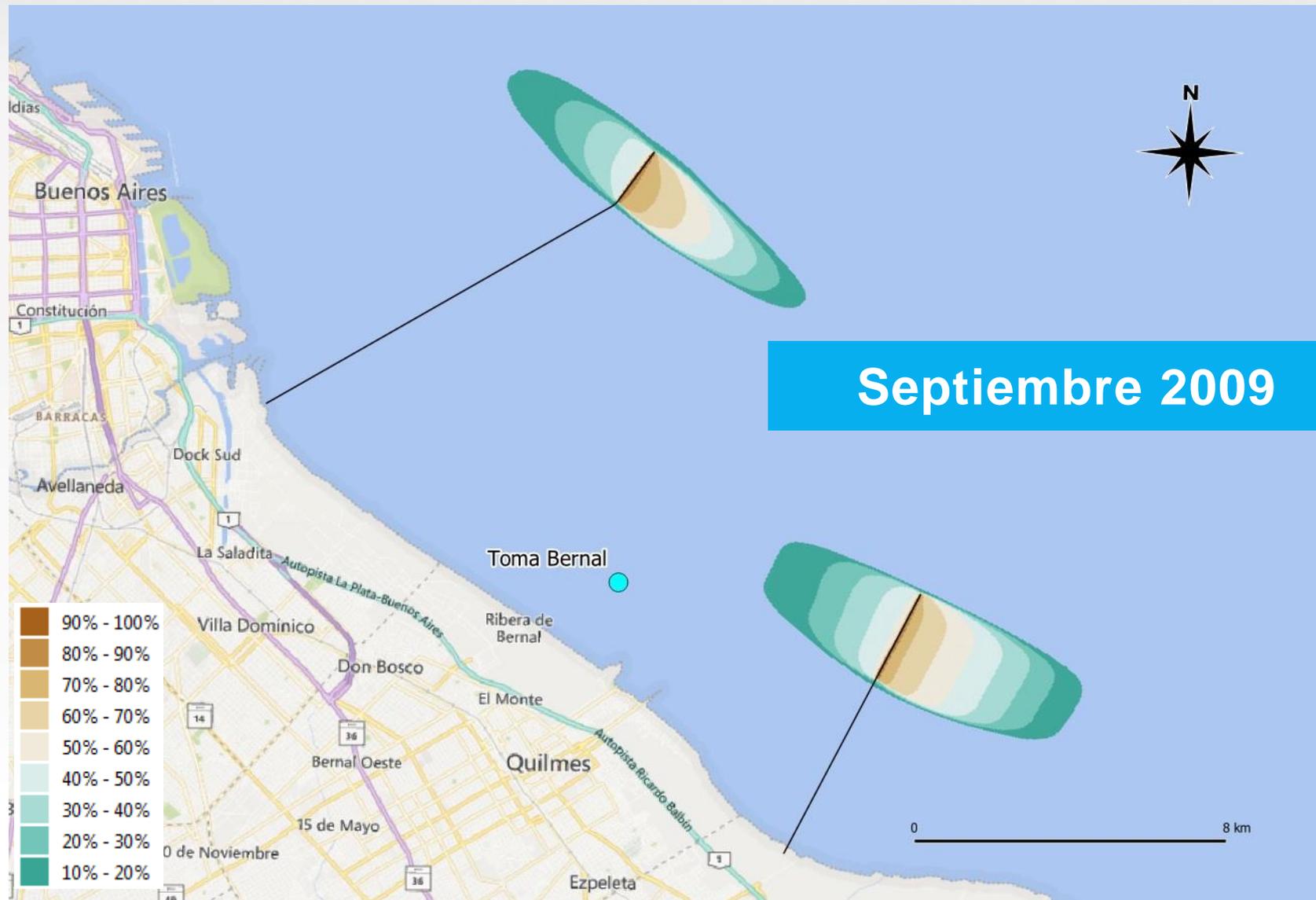
*Resultados presentados por los autores de dichos ensayos. El rango informado (entre 1,6 y 4,4 horas), comprende campañas diurnas y nocturnas en distintas estaciones del año*

# RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO



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

# RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO



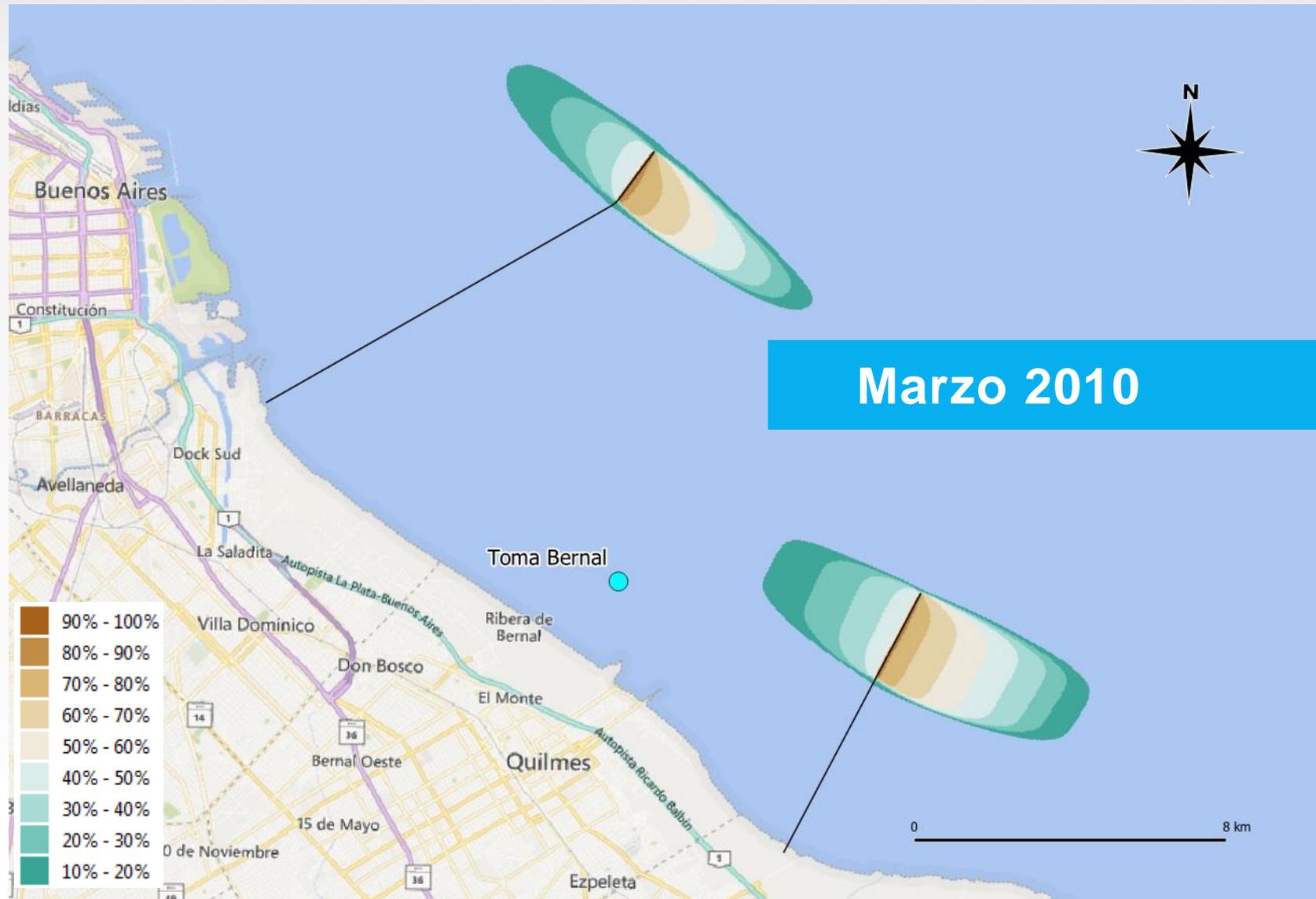
Frecuencia de concentraciones de *E. Coli* mayores a 20.000 NMP/100 ml

# RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO



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

# RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO



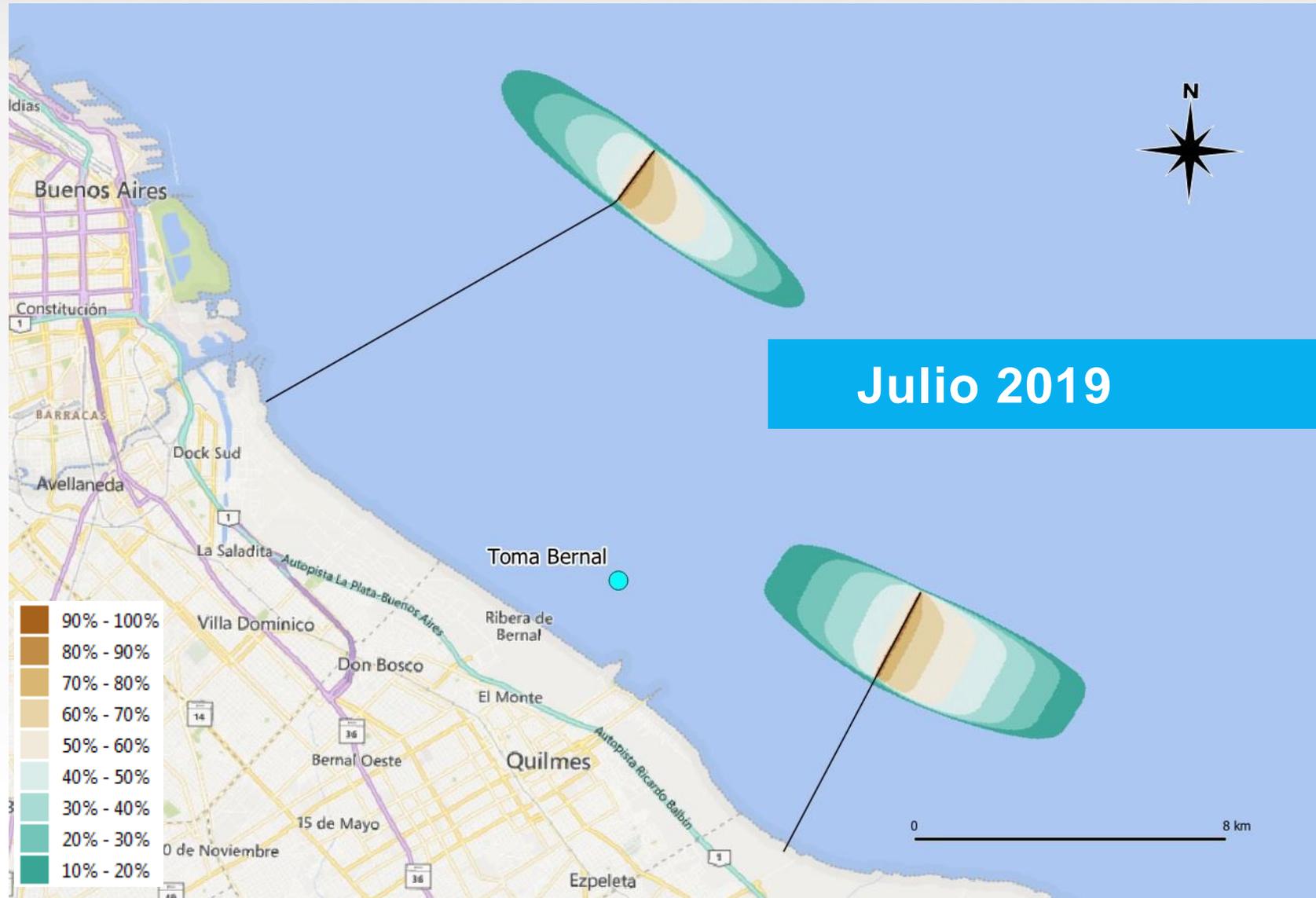
Frecuencia de concentraciones de *E. Coli* mayores a 20.000 NMP/100 ml

# RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO



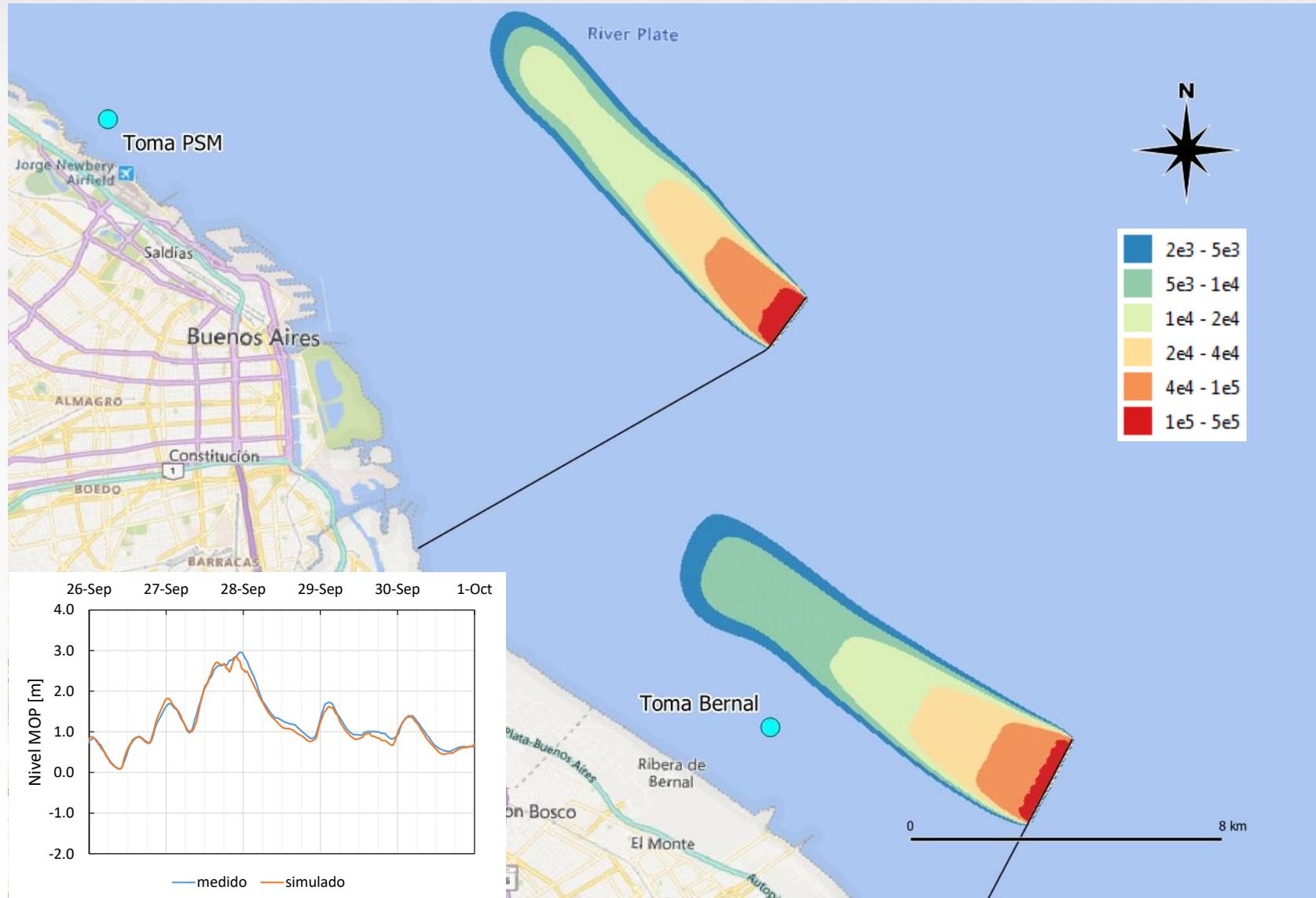
Frecuencia de concentraciones de *E. Coli* mayores a 20.000 NMP/100 ml

# RESULTADOS MODELO ACTUALIZADO

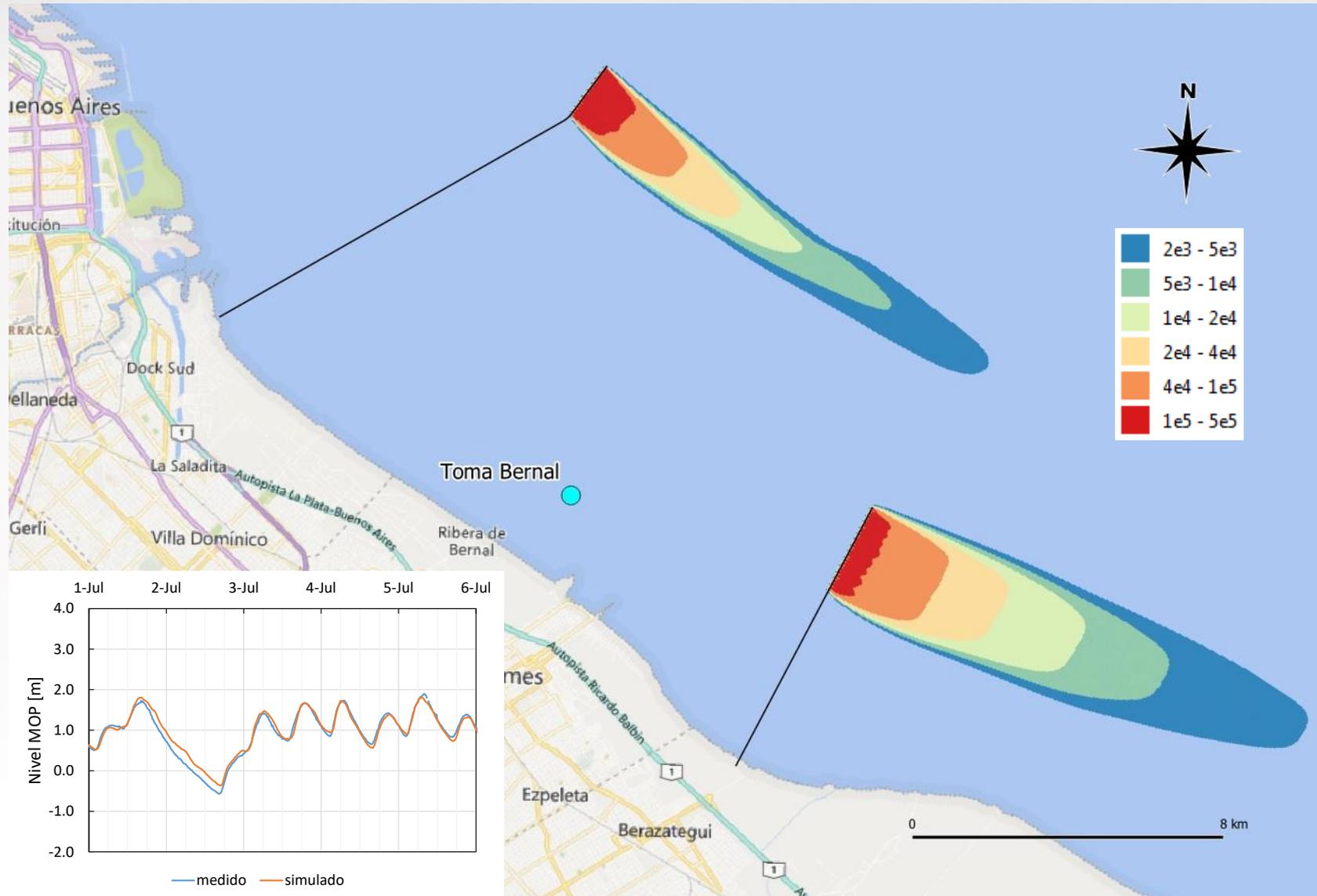


Frecuencia de concentraciones de *E. Coli* mayores a 20.000 NMP/100 ml

# 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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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.

# Plan de Monitoreo Ambiental Operativo

El Plan monitoreo contempla:

- 19 puntos sobre el emisario Berazategui.
- 15 puntos en correspondencia con el emisario Riachuelo.
- 8 puntos de muestreo de sedimentos (4 por cada emisario).
- Frecuencia, 12 muestreos al año.

Entre 2010 y 2019 se realizaron 147 campañas de muestreo.

- Organismos vivos microscópicos (Bacterias y Plancton).
- Composición mayoritaria del agua e indicadores macros de calidad: iones mayoritarios, salinidad (expresada como Conductividad), pH, nutrientes, Turbiedad, Oxígeno Disuelto, % de Saturación de O.D.
- Composición de materia orgánica de origen natural: Color, DQO, Carbono Orgánico disuelto, UV 254, DBO.
- Impacto de Compuestos orgánicos antropogénicos: Plaguicidas, herbicidas, Compuestos orgánicos sintéticos y Volátiles; PCBs e Hidrocarburos aromáticos polinucleados.
- Metales pesados de origen natural y antropogénico en la fase disuelta y en la particulada.

En agua: **223,305 determinaciones** (sin contar zoo y fitoplancton).

En sedimentos: **18,634 determinaciones**



Puntos de muestreo línea de base Emisarios Planta Riachuelo y Berazategui

**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN**