



INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS

SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS

REPÚBLICA ARGENTINA

**PUERTO
BUENOS AIRES**

**ESTUDIO DE IMPACTO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE BUENOS
SOBRE LA TOMA DE AGUA DE AYSA**

ESTUDIO SOBRE EUTROFIZACIÓN



Algas en Dársena de puerto Madero, Noviembre de 2012



**Proyecto LHA366
Informe LHA 07-366-19
Ezeiza, Setiembre de 2019**

Laboratorio de Hidráulica

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE

Ing. Pablo SPALLETTI

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

a/c Ing. Julio C. DE LÍO

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA

Ing. Julio C. DE LÍO

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

Jefe del Programa de Hidráulica Computacional

EQUIPO DE TRABAJO

Ing. Martín SABAROTS GERBEC

Ing. Pablo GARCÍA

ESTUDIO SOBRE EUTROFIZACIÓN

RESUMEN

Se presenta un estudio para determinar la probabilidad de que se generen efectos de eutrofización debido a la nueva configuración del puerto de Buenos Aires.

Descriptores temáticos: eutrofización, calidad del agua

Descriptores geográficos e institucionales: Franja Costera, Río de la Plata, Puerto de Buenos Aires, Administración General de Puertos

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	DATOS DE CALIDAD DE AGUA	5
2.1	Nutriente limitante	5
2.2	Fuentes de datos	5
2.3	Relación PT/NT	6
2.4	Campaña CTUA 1997	7
2.5	Datos AASA 1996/97	9
2.6	Datos AGP 2017/18	12
2.7	Campaña AGP 2019	12
2.8	Síntesis de datos	16
3	MODELACIÓN	17
3.1	Modelo hidrodinámico	17
3.2	Modelo de transporte de PT	18
3.3	Cálculo de clorofila-a	23
3.4	Estado trófico	26

4	RESULTADOS	27
4.1	Escenarios de proyecto	27
4.2	Aplicación del modelo	28
5	CONCLUSIONES	37

1 INTRODUCCIÓN

El área portuaria es receptora de efluentes y flujos ingresantes desde su boca, que pueden aportar en ocasiones cantidades significativas de nutrientes. Los efectos de la permanencia de estas aguas en recintos semiconfinados durante un período prolongado, especialmente en época estival y de aguas bajas, suelen favorecer el crecimiento algal masivo, con eventos de eutrofización de las aguas. La probabilidad de generación de los fenómenos de eutrofización, conceptualmente, se incrementa a medida que aumenta el tiempo en que las aguas permanecen en un entorno con condiciones de aporte de nutrientes, temperatura e irradiación solar favorables, por lo cual cuanto mayor sea el tiempo de residencia, existen mayores posibilidades de que los mismos ocurran.

La Administración General de Puertos (AGP) encargó al INA llevar a cabo estudios para determinar si la ampliación del puerto de Buenos Aires puede generar condiciones de eutrofización debido a las nuevas condiciones hidrodinámicas. Para responder a este interrogante se planteó una metodología basada en la modelación numérica. Específicamente, se utilizó el modelo hidrodinámico 3D, implementado durante los estudios hidráulicos para la ampliación del puerto de Buenos Aires, como base para un modelo de transporte del nutriente limitante del crecimiento algal (Fósforo Total – PT), el cual se relacionó con la concentración de clorofila-a (indicador de la biomasa de fitoplancton), parámetro empleado para definir el estado trófico.

La organización del Informe es como sigue:

- En el capítulo 2 se describen los datos de base utilizados para caracterizar las condiciones actuales de calidad del agua.
- En capítulo 3 se describe la implementación del modelo y su utilización para representar las condiciones actuales del puerto.
- En el capítulo 4 se aplica el modelo para la situación de proyecto del puerto.
- En el capítulo 5 se desarrollan las conclusiones del estudio.

2 DATOS DE CALIDAD DE AGUA

2.1 Nutriente limitante

La posibilidad de que se produzca eutrofización en un cuerpo de agua depende críticamente del aporte de nutrientes, ya que representan el insumo limitante de la bioproductividad. Los nutrientes necesarios para la producción de algas son diversos, aunque los mayoritarios son carbono, nitrógeno y fósforo, además del oxígeno y el hidrógeno que se obtienen directamente del agua. Todos los elementos citados son necesarios para lograr la síntesis de biomasa, pero no en la misma proporción. Además, tampoco se encuentran igualmente disponibles en la naturaleza. El carbono, así como el azufre, el magnesio, el calcio, etc., siempre existen en concentraciones superiores a las requeridas por las especies fotosintetizadoras. Sólo unos pocos de los nutrientes nombrados pueden ser deficitarios. Los mayores limitantes son el nitrógeno y el fósforo.

Normalmente, el contenido de estos dos elementos en la materia viva presenta una relación aproximada N:P = 14:1. Pero, a pesar de la mayor necesidad de nitrógeno, éste no sólo se encuentra combinado con el agua, sino que se cuenta con la atmósfera como una fuente prácticamente ilimitada. El fósforo, por el contrario, es normalmente deficitario, en parte porque los compuestos de fósforo son altamente insolubles y, por otra parte, porque no existe una fuente adicional que satisfaga el déficit. En consecuencia, el fósforo es generalmente el nutriente limitante.

En el trabajo de Salas & Martino¹ se muestran casos donde, a partir de relaciones entre nitrógeno y fósforo mayores a 6, el fósforo se convierte en el nutriente limitante. Más adelante se verificará esta relación en el interior del recinto portuario, indicando precisamente que el fósforo limita en el presente estudio.

2.2 Fuentes de datos

Con el fin de caracterizar las condiciones actuales y validar los resultados del modelo de transporte, se utilizaron datos de calidad de agua de distintas fuentes:

- CTUA 1997: Campaña de mediciones en el interior del puerto realizada por el Centro de Tecnologías y Usos del Agua (CTUA) del INA², en el marco de estudios para la ampliación del puerto.

¹ Salas, H. and Martino, P.1991. A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. Water Research. Volume 25, Issue 3, March 1991, Pages 341-350

² Instituto Nacional del Agua. 1997. Muestreo de agua, sedimentos y biota en los canales de acceso Norte y Sur al Puerto de Buenos Aires, Dársenas "A" a "F" y canal de pasaje de las mismas. Informe Final.

- AASA 1996/97: Datos de calidad de agua y caudales de los conductos pluvio-cloacales que descargan al puerto medidos por Aguas Argentinas SA.
- AGP 2017/18: Datos de calidad de agua efectuados durante los dragados.
- AGP 2019: Campaña realizada ad-hoc para el presente proyecto.

Estas bases de datos se describen brevemente a continuación.

2.3 Relación PT/NT

La Figura 2.1 muestra los valores de fósforo total (PT) y el nitrógeno total (NT) registrados en diferentes campañas en el interior del recinto del Puerto de Buenos Aires. Se observa que en la mayoría de puntos analizados la relación entre el NT y el PT es superior a 6 (línea gris), mostrando que el fósforo es el nutriente limitante. En las secciones siguientes se analizan los valores de fósforo total (PT) registrados en las diferentes campañas.

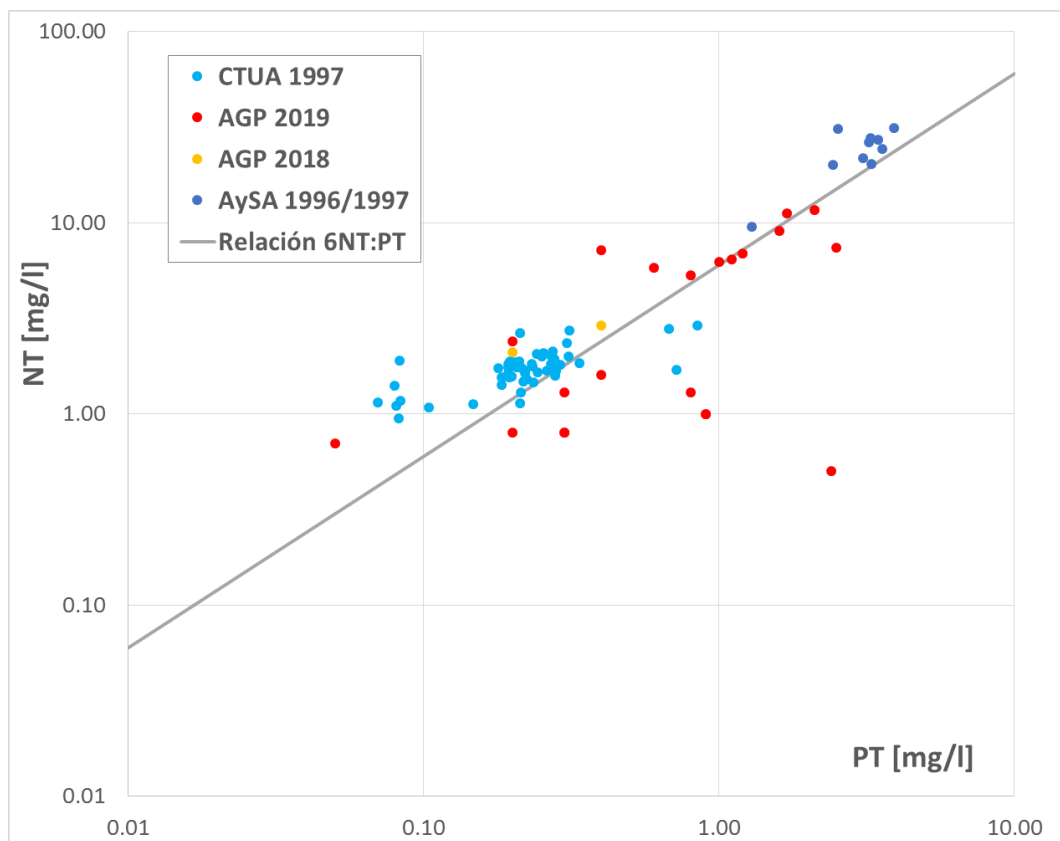


Figura 2.1. Relación entre Fósforo Total (PT) y Nitrógeno Total (NT) en el interior del recinto del Puerto de Buenos Aires

2.4 Campaña CTUA 1997

Durante la campaña CTUA 1997 se efectuaron mediciones de PT en los puntos indicados en la Figura 2.2, que incluyen todas las dársenas, el Antepuerto, el Canal de Pasaje y el Canal de Acceso. En cada punto se tomaron datos en tres posiciones verticales: capa superficial, media e inferior. La Figura 2.3, Figura 2.4 y Figura 2.5 muestra los resultados para las tres capas. Se observa que no hay cambios significativos en la vertical. También resultan relativamente homogéneas las distribuciones horizontales. El valor medio es del orden de 0,2 mg/l.

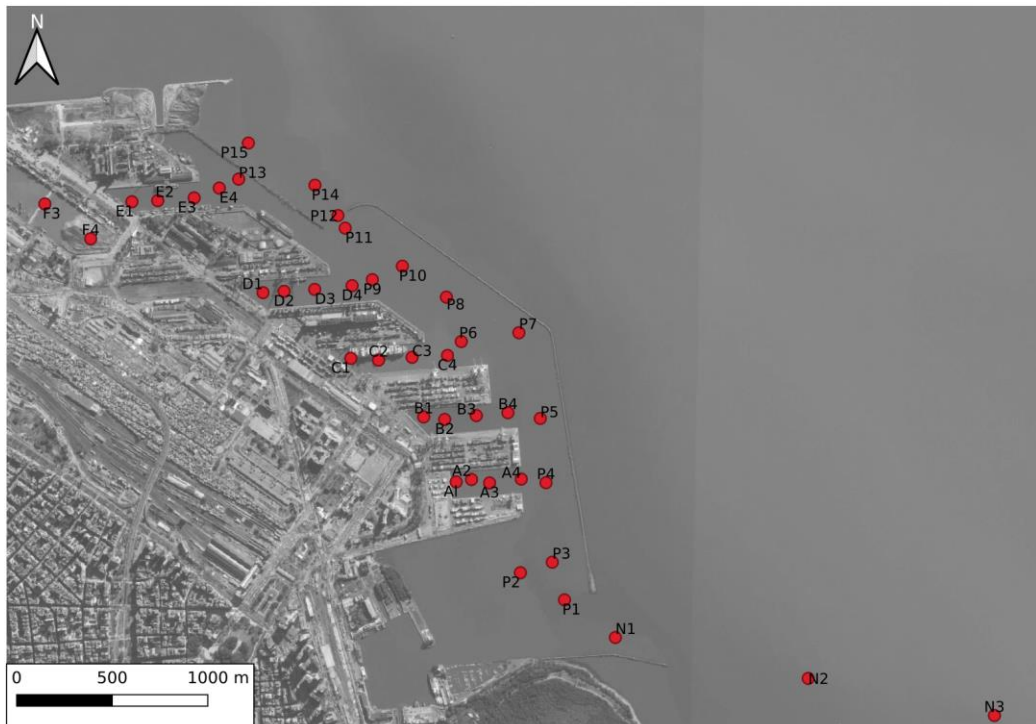


Figura 2.2. Localización de puntos de medición en la campaña CTUA 1997.



Figura 2.3. Datos PT en capa superior. Campaña CTUA 1997.

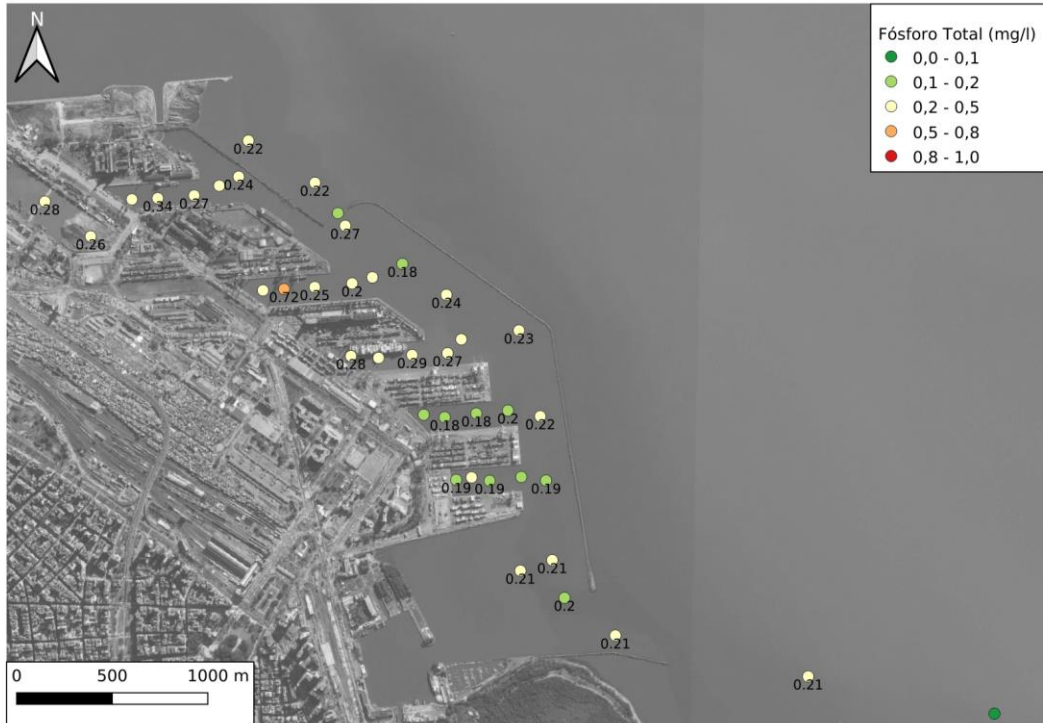


Figura 2.4. Datos PT en capa media. Campaña CTUA 1997.

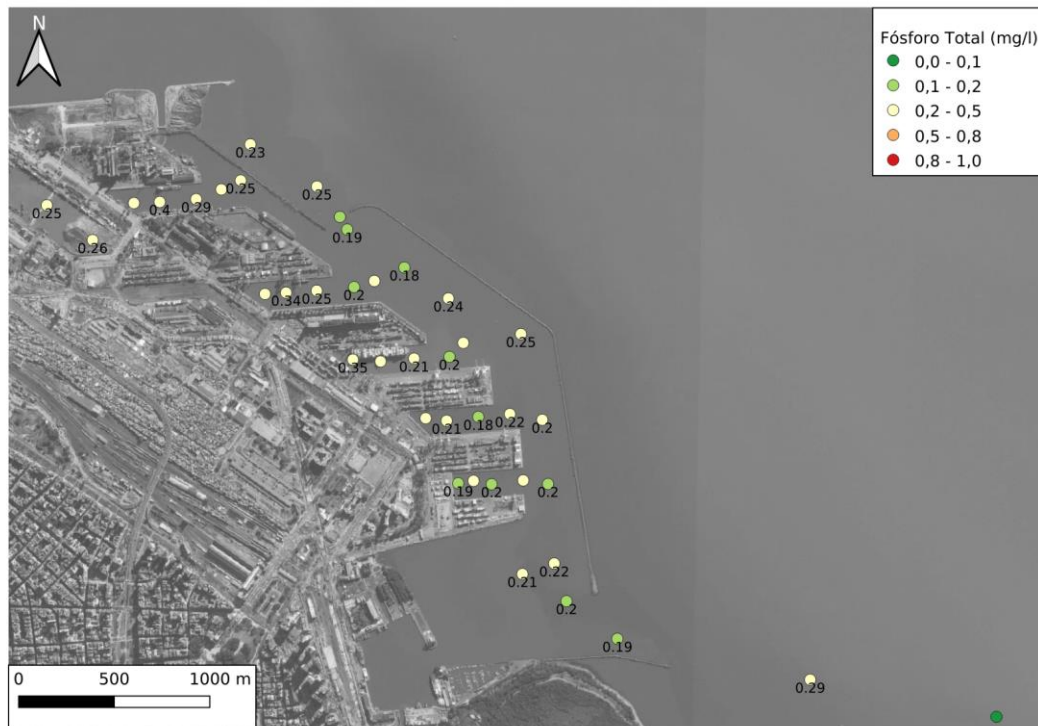


Figura 2.5. Datos PT en capa superior. Campaña CTUA 1997.

2.5 Datos AySA 1996/97

La Tabla 2.1 presenta datos de caudal y PT medidos en los dos conjuntos de conductos de descarga (denominado genéricamente Triducto): Doble Madero y Triple Madero (Figura 2.6). Adicionalmente, en la Tabla 2.2 y la Tabla 2.3 se muestran datos de caudales en ambos conductos determinados en años anteriores, que resultan consistentes con los de la Tabla 2.1.



Figura 2.6. Ubicación de la descarga del Triducto.

Tabla 2.1. Mediciones AySA de PT en la descarga

Fecha de extracción	Hora extracción	Código de sitio	Denominación del sitio	Caudal (m ³ /s)	PT (mg/l)
3/18/1996	11:35	D125	Doble Madero	0.67	1.29
10/10/1996	15:10	D125	Doble Madero	0.88	2.53
12/18/1996	18:10	D125	Doble Madero	1.05	3.57
2/13/1997	16:30	D125	Doble Madero	0.16	3.28
4/7/1997	12:15	D125	Doble Madero	0.93	3.08
8/26/1997	17:30	D125	Doble Madero	1.55	
3/18/1996	12:36	D130	Triple Madero	2.09	3.45
10/8/1996	19:00	D130	Triple Madero	1.86	3.90
12/18/1996	18:50	D130	Triple Madero	1.94	3.26
2/13/1997	17:00	D130	Triple Madero	2.34	3.21
3/31/1997	18:00	D130	Triple Madero	2.73	2.43
8/26/1997	16:16	D130	Triple Madero	3.00	

Tabla 2.2. Caudales medidos por AySA - Conducto Doble Madero (D125)

Fecha	Caudal (m³/s)
25-10-95	1.54
20-12-95	0.40
18-03-96	0.67
10-10-96	0.88
18-12-96	1.05
13-02-97	0.16
07-04-97	0.92
26-08-97	1.54

Tabla 2.3. Caudales medidos por AySA - Conducto Triple Madero (D130)

Fecha	Caudal (m³/s)
18-04-94	4.57
02-05-94	4.19
10-05-94	1.90
12-05-94	3.83
24-05-94	3.74
31-05-94	5.77
13-06-94	3.29
14-06-94	4.39
21-06-94	0.38
11-07-94	5.55
12-07-94	3.92
16-10-94	1.31
18-10-94	6.00
17-04-95	3.78
08-08-95	1.07
27-09-95	1.68
25-10-95	2.35
20-12-95	0.83

Fecha	Caudal (m³/s)
18-03-96	2.08
08-10-96	1.85
18-12-96	1.93
13-02-97	2.34
31-03-97	2.73
26-08-97	3.16

2.6 Datos AGP 2017/18

Durante las tareas de dragado realizadas entre octubre de 2017 y julio de 2018 se registraron valores de concentración de PT, las cuales se presentan en la Tabla 2.4. No se contó con la ubicación precisa de la toma de muestra. Se observa que los valores informados son significativamente menores a los de la campaña CTUA 1997, variando entre 0,01 y 0,09 mg/l.

Tabla 2.4. Datos AGP 2017/18

Fecha	Fósforo total (mg/l)					
	A	B	C	D	E	Espigones
20/10/17	0.07	0.06	0.07	0.05	0.05	0.05
02/02/18	0.07	0.06	0.02	0.05	0.04	0.01
02/03/18	0.05	0.02	0.03	0.02	0.06	0.09
04/04/18	0.04	0.06	0.05	0.07	0.05	0.07
15/05/18	0.01	0.09	0.05	0.08	0.09	0.06
14/06/18	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01
14/07/18	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.06

2.7 Campaña AGP 2019

En enero de 2019 se realizaron mediciones de calidad de agua en el marco del monitoreo ambiental de la expansión del puerto. Como datos de interés para este estudio, en la Tabla 2.5 se muestran las mediciones de concentración de PT en la zona de descarga del Triducto

(Triple Madero) y en el Antepuerto. Este último es compatible con lo medido durante la campaña CTUA 1997.

Tabla 2.5. Mediciones de AGP en enero de 2019

Fecha	Descripción/Ubicación	Parámetro	Concentración
22/01/2019	AGUA DE TRIDUCTO	Fósforo total	0,4 mg/l
22/01/2019	AGUA ANTEPUERTO YACHT	Fósforo total	0,2 mg/l

Como parte del presente estudio, durante agosto de 2019 se llevó a cabo una campaña de mediciones de concentraciones de PT y clorofila-a (Cl-a). Los puntos de medición se indican en la Figura 2.7. Las concentraciones de PT se presentan en la Tabla 2.6 y se grafican en la Figura 2.8 (con un detalle de la zona de descarga pluvio-cloacal en la Figura 2.9). Se observa consistencia con los valores medidos durante la campaña CTUA 1997. No se detectó Cl-a con un límite de detección de 1 µg/l.



Figura 2.7. Ubicación de puntos de medición en la campaña AGP 2019

Tabla 2.6. Campaña AGP 2019

Fecha	Punto	PT (mg/l)
01/08/2019	DA	0,4

Fecha	Punto	PT (mg/l)
01/08/2019	DB	0,3
01/08/2019	DC	0,3
01/08/2019	DD	0,3
01/08/2019	DE	0,2
01/08/2019	P3	0,9
01/08/2019	P2	0,8
01/08/2019	11	0,6
01/08/2019	08	2,1
01/08/2019	12	0,9
01/08/2019	13	2,4
01/08/2019	09	0,4
01/08/2019	10	0,2
01/08/2019	P1	<0.2
02/08/2019	01	1,2
02/08/2019	02	2,5
02/08/2019	03	1,7
02/08/2019	04	1,6
02/08/2019	05	1,1
02/08/2019	06	0,8
02/08/2019	07	1,0



Figura 2.8. Concentraciones de PT (mg/l) en la campaña AGP 2019

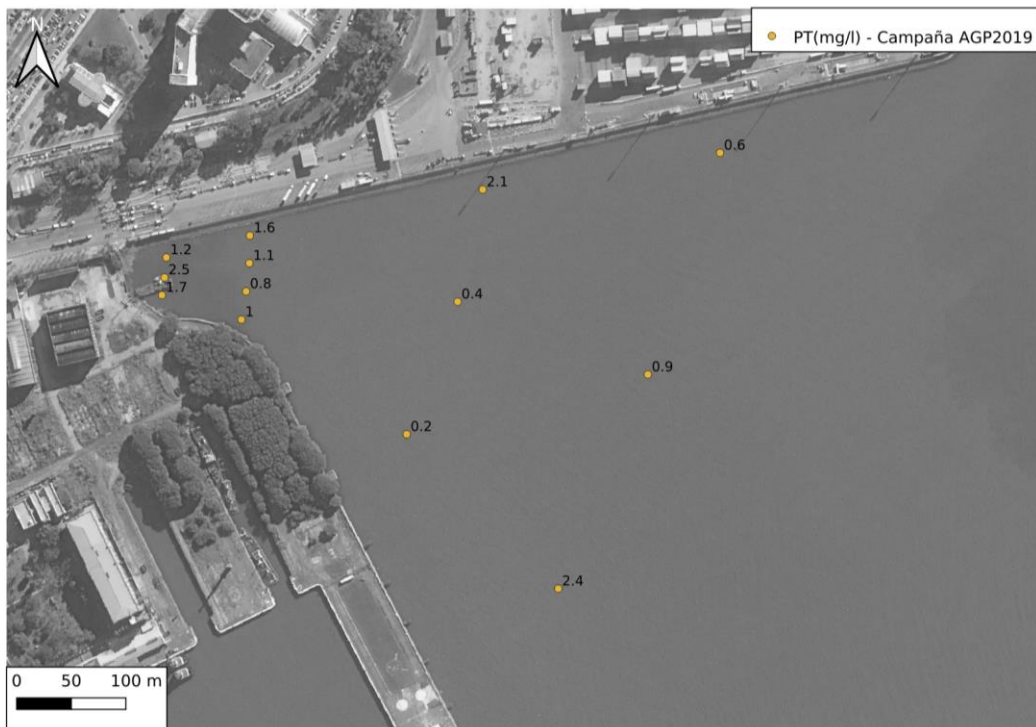


Figura 2.9. Detalle de concentraciones de PT (mg/l) en torno a la descarga de los conductos pluvio-cloacales durante la campaña AGP 2019

2.8 Síntesis de datos

Dada la compatibilidad general entre las mediciones de PT de las campañas CTUA 1997 y AGP 2019, esos datos se tomaron como base interpretativa del estado de calidad del puerto. Se descartaron los datos AGP 2017/18 por resultar consistentemente muy bajos respecto de los anteriores, lo cual los torna poco confiables. En la Figura 2.10 se representa esa base de datos por sector del puerto, donde se han incluido envolventes para caracterizar el rango de concentraciones de PT esperables en cada uno.

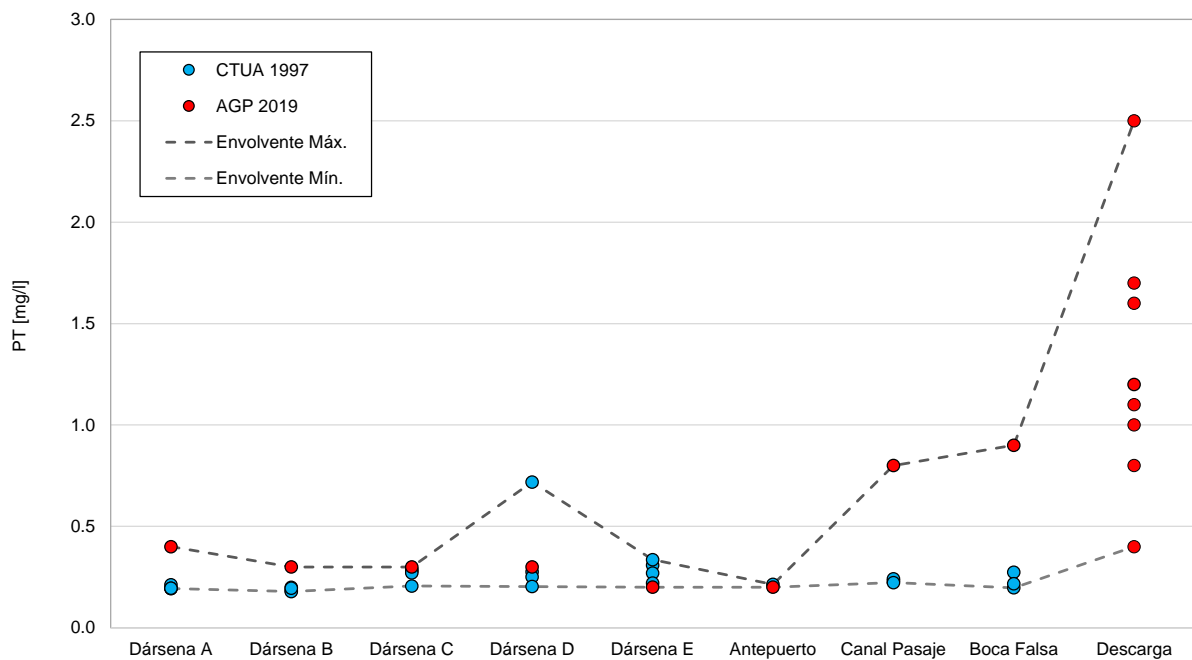


Figura 2.10. Caracterización de concentraciones de PT en los distintos sectores del puerto

Por otro lado, se tomaron los datos de AySA 1996/1997 para caracterizar las condiciones de las descargas pluvio-cloacales. En base a los datos de la Tabla 2.2 y de la Tabla 2.3, se determinó un caudal medio de 3,93 m³/s. La concentración media de PT obtenida, ponderada con los caudales, fue de 3,08 mg/l (Tabla 2.1).

3 MODELACIÓN

3.1 Modelo hidrodinámico

Se utilizó el modelo matemático hidrodinámico tridimensional del puerto de Buenos Aires desarrollado durante los estudios hidráulicos para la ampliación del puerto, incluyendo la estratificación térmica provocada por la descarga de la central eléctrica, el cual ya ha sido calibrado. El modelo se basa en el sistema de modelación Delft3D, desarrollado por Deltares-DelftHydraulics en los Países Bajos.

El dominio de modelación se muestra en la Figura 3.1. Se utiliza una malla regular con un tamaño medio de elementos de 10 m, pero con mayor densidad en la zona del puerto. La condición de borde es la onda de marea. Las dos centrales térmicas instaladas en el puerto (Puerto Nuevo – CPN – y Nuevo Puerto – CNP) captan agua para su sistema de refrigeración desde el propio puerto, a través de sendas obras de toma ubicadas ambas en la dársena E; por su parte, la descarga térmica de la CPN tiene lugar en el frente del 5° espigón (Figura 3.2).

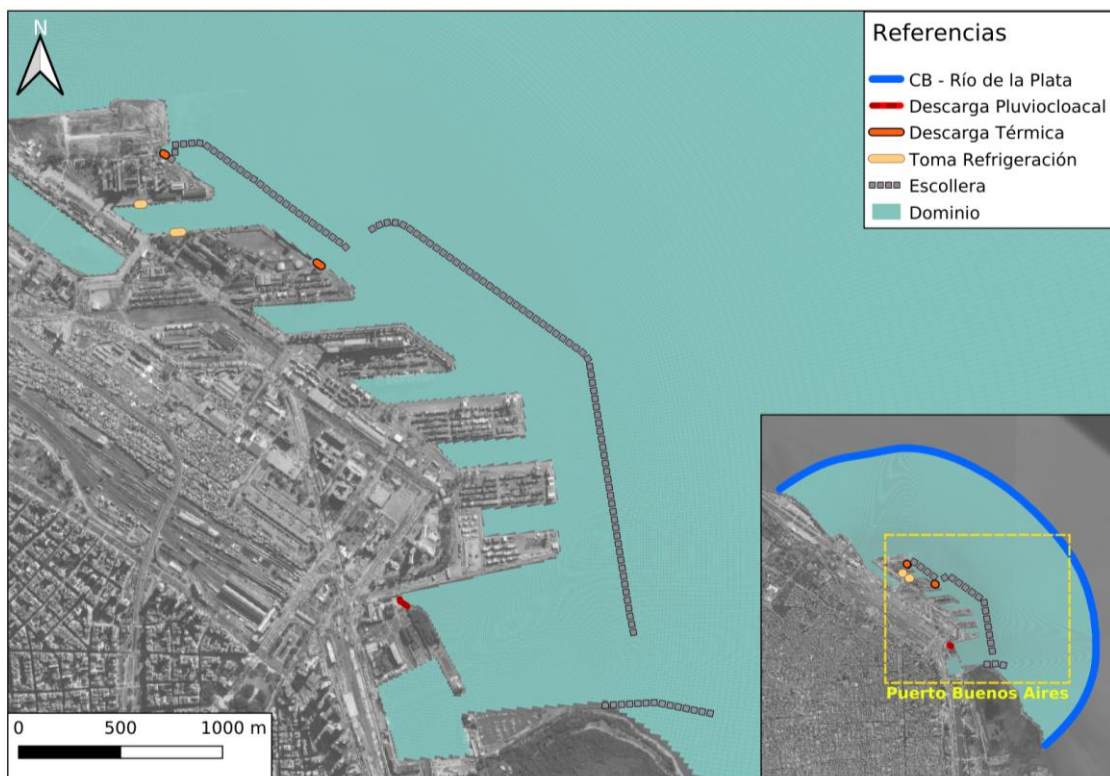


Figura 3.1. Dominio de modelación

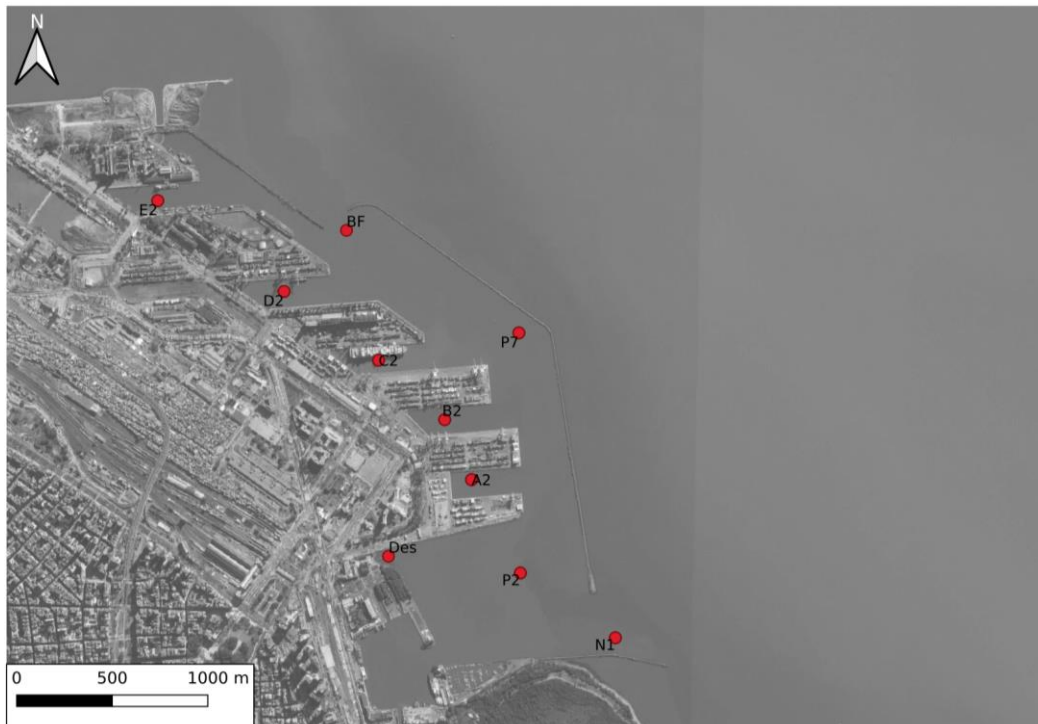
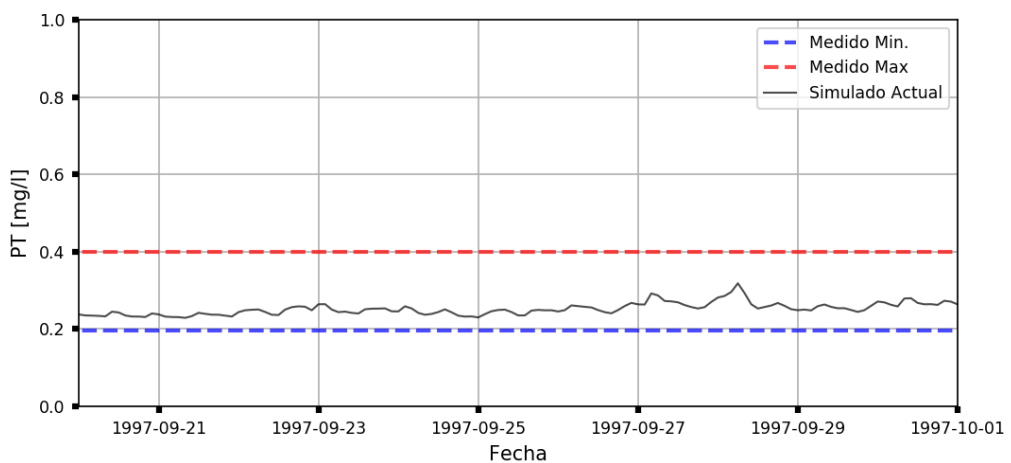
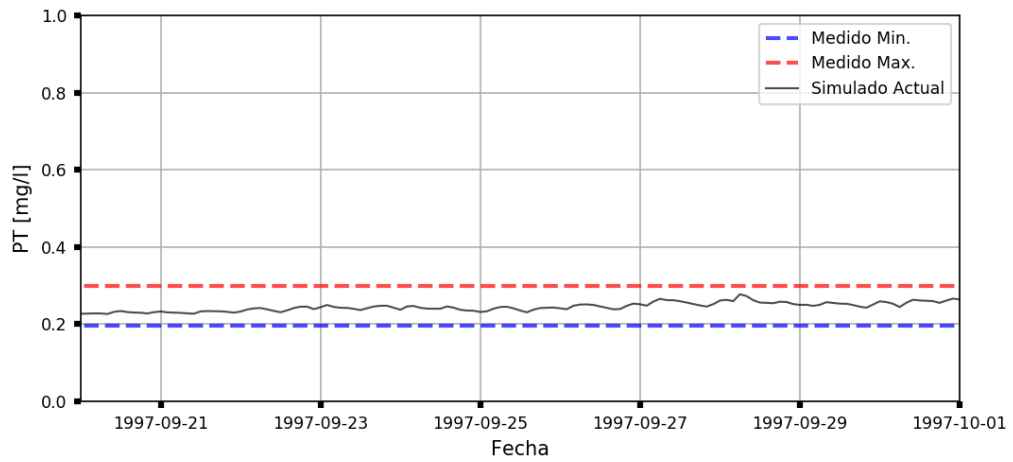


Figura 3.3. Puntos de comparación

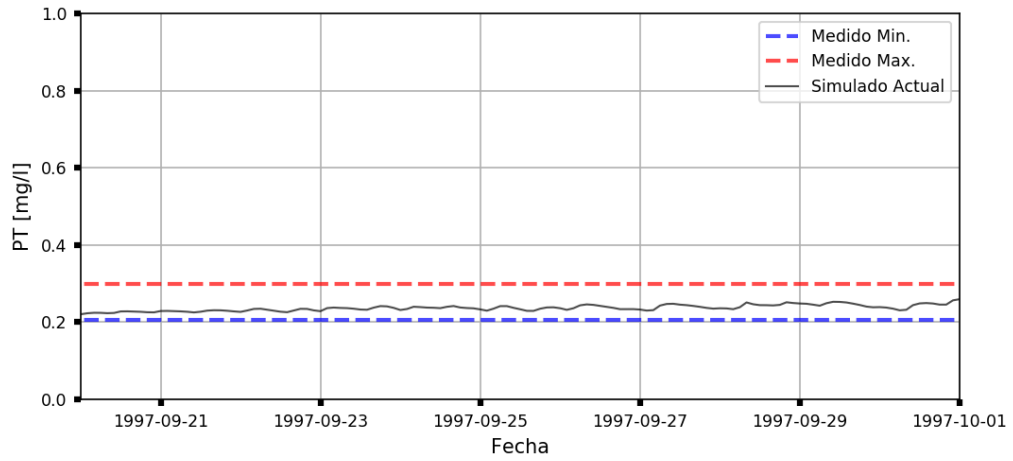
La Figura 3.4 muestra las comparaciones, donde los valores medidos se han representado como una banda, que constituye el rango de variabilidad establecido en la Figura 2.10. Se observa una alta consistencia general entre los cálculos y los datos de campo, en el sentido de que las series temporales tienden a mantenerse dentro de la banda (o a lo sumo muy cerca). Por lo tanto, el modelo de transporte se considera validado.



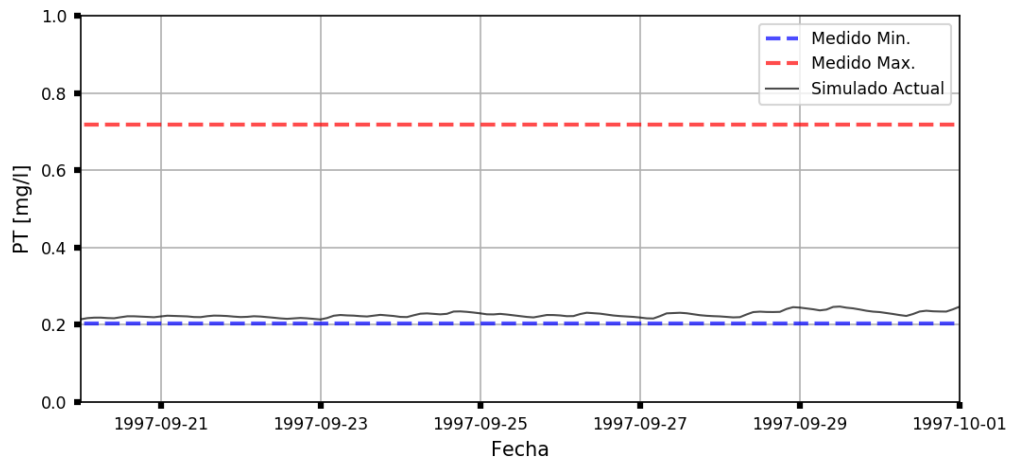
a) A2 – Dársena A



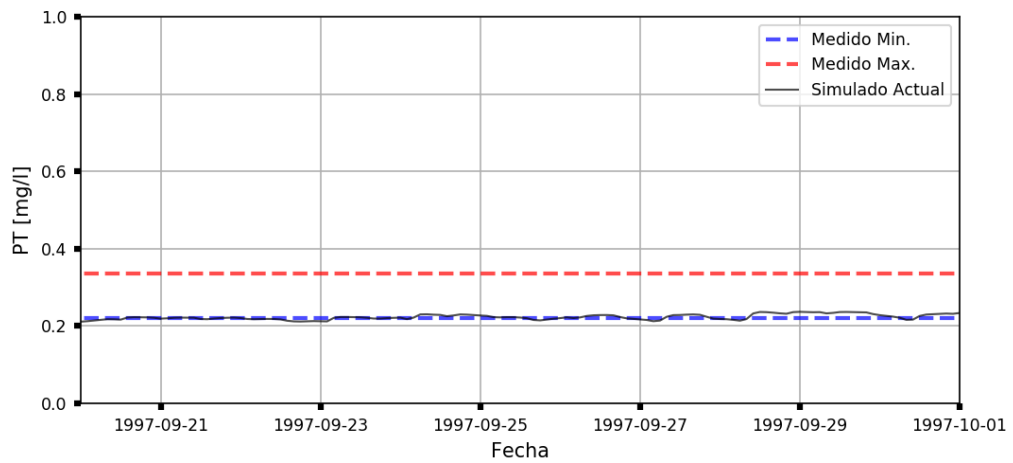
b) B2 – Dársena B



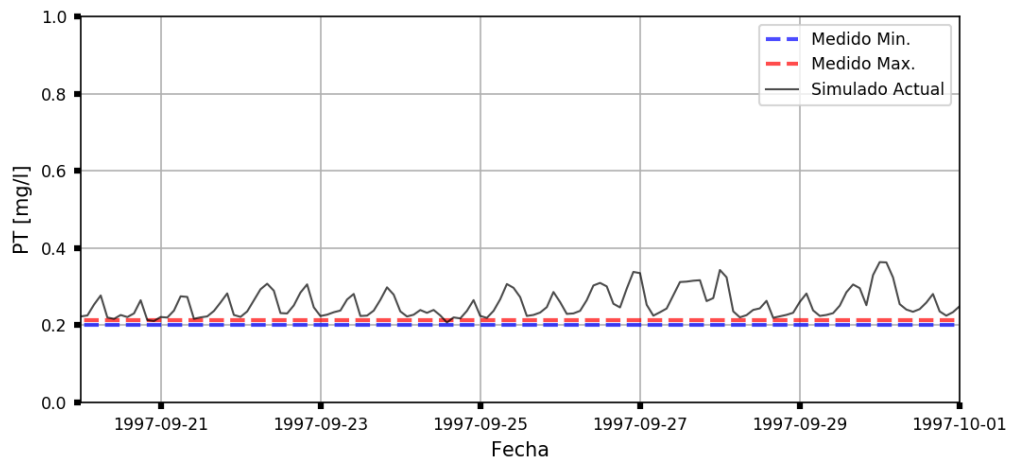
c) C2 – Dársena C



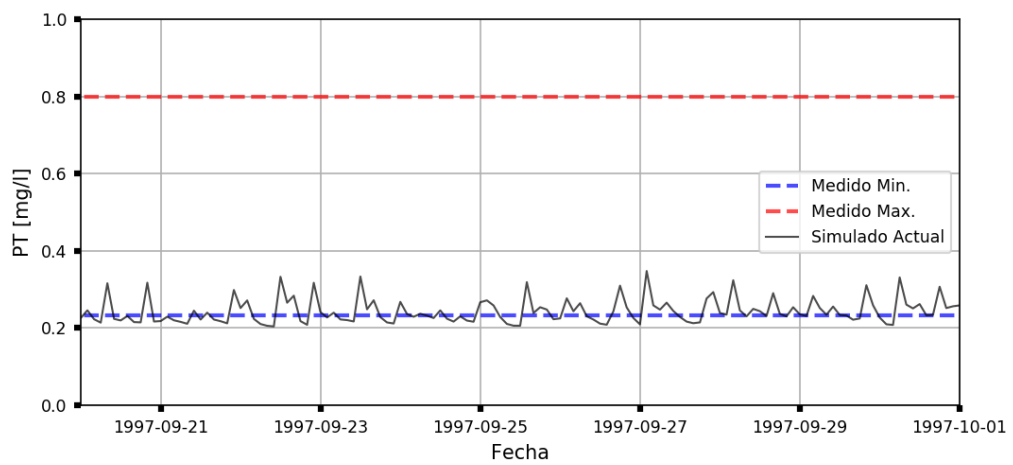
d) D2 – Dársena D



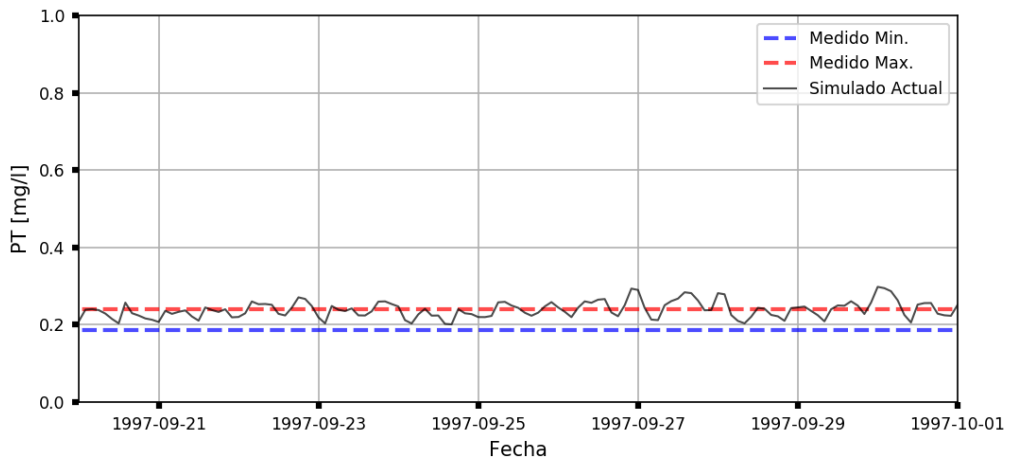
e) E2 – Dársena E



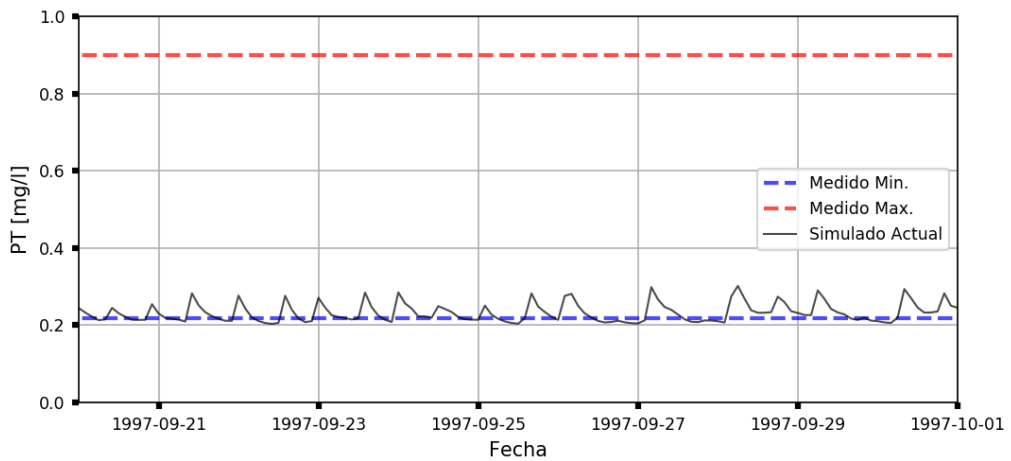
f) P2 – Antepuerto



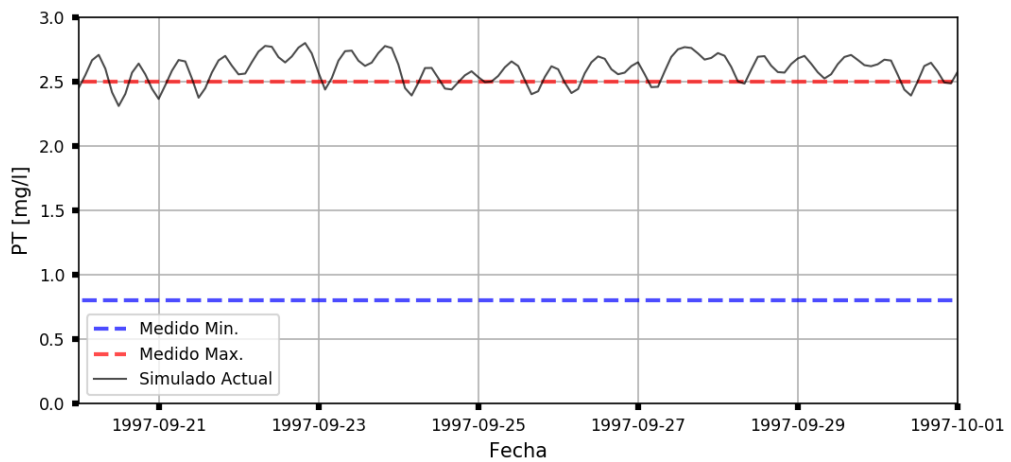
g) P7 – Canal de Pasaje



h) N1 – Boca Principal



i) BF – Boca Falsa



j) Des – Descarga cloacal

Figura 3.4. Comparación de concentraciones calculadas y medidas

La Figura 3.5 muestra el mapa de concentraciones medias temporales de PT para la configuración original del puerto que surge de la modelación.



Figura 3.5. Mapa de concentraciones medias de PT para puerto original

3.3 Cálculo de clorofila-a

En la bibliografía pueden encontrarse relaciones empíricas entre la concentración de PT y la de Cl-a para lagos templados³ y lagos cálidos tropicales⁴. Ahora bien, estas relaciones pueden sobrestimar la concentración de Cl-a asociada a una dada concentración de PT en ambientes más dinámicos que un lago. Esto se verificó en el embalse de Yacyretá⁵, donde se desarrollaron dos relaciones propias en base a mediciones: una representativa del promedio y otra de la envolvente de valores máximos (Figura 3.6). La primera puede considerarse representativa de condiciones normales, mientras que la segunda se interpreta

³ Toman, R.V., Mueller, J.A., 1987, "Principles of Surface Water Quality Modeling and Control", Harper Collins Publishers.

⁴ Salas, H. and Martino, P.1991. A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. Water Research. Volume 25, Issue 3, March 1991, Pages 341-350

⁵ Menéndez, A. N., Alvarez Tagliabúe, C. U., García, P. E., Jaime, P., "Modelación del estado trófico del embalse de Yacyretá". Informe INA-LHA 10-225-04, Comitente: Entidad Binacional Yacyretá, julio de 2005.

como correspondiente a condiciones extremas que incentivan el crecimiento algal (en particular, situaciones persistentes de altas temperaturas).

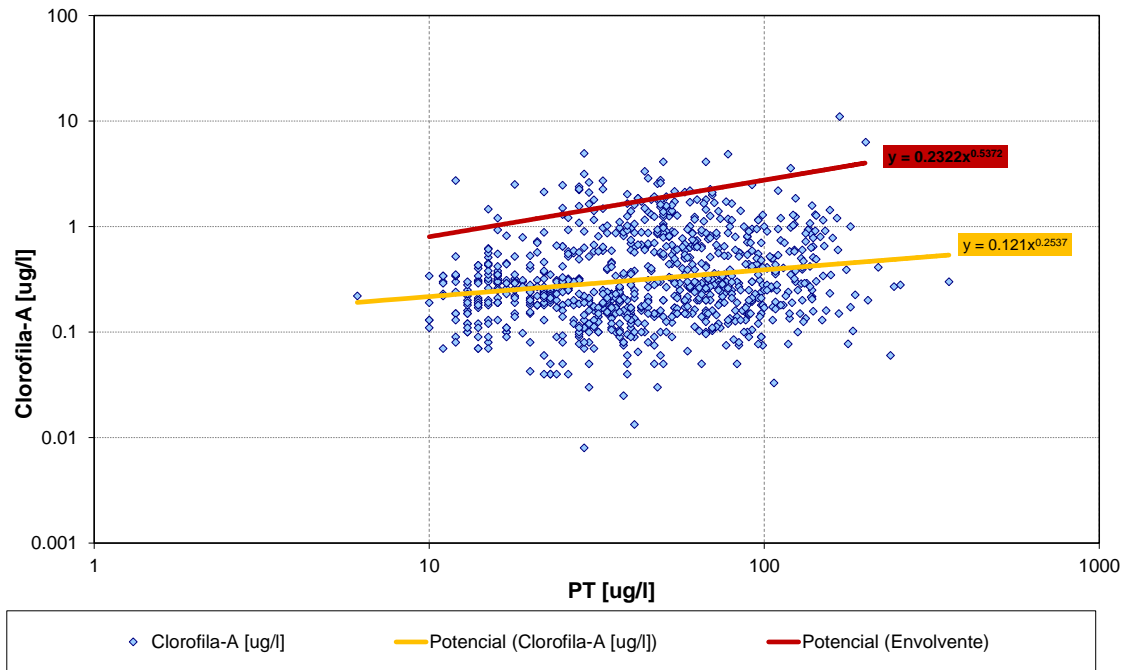


Figura 3.6. Relaciones medias y envolvente entre PT y Cl-a

Se asoció el puerto de Buenos Aires a un ambiente de reservorio, al cual se le pueden aplicar entonces las relaciones que surgen del embalse de Yacyretá. Dado que el objetivo es establecer el estado trófico (ver próxima sección), estas relaciones se aplicaron para obtener las distribuciones de concentraciones medias temporales de Cl-a a partir de concentraciones medias temporales de PT, ya que el estado trófico se desarrolla sobre una escala de tiempo relativamente larga (sobre la cual el sistema biológico tiene tiempo de ajustarse a las condiciones físicas).

La Figura 3.7 muestra el mapa de Cl-a resultante para el escenario normal (aplicación de relación promedio). Se observa que las concentraciones caen por debajo de 1 µg/l, lo cual es consistente con las mediciones efectuadas que indican valores inferiores a ese límite. Por su parte, la Figura 3.8 presenta el mapa asociado al escenario extremo (aplicación de la relación envolvente de máximos).

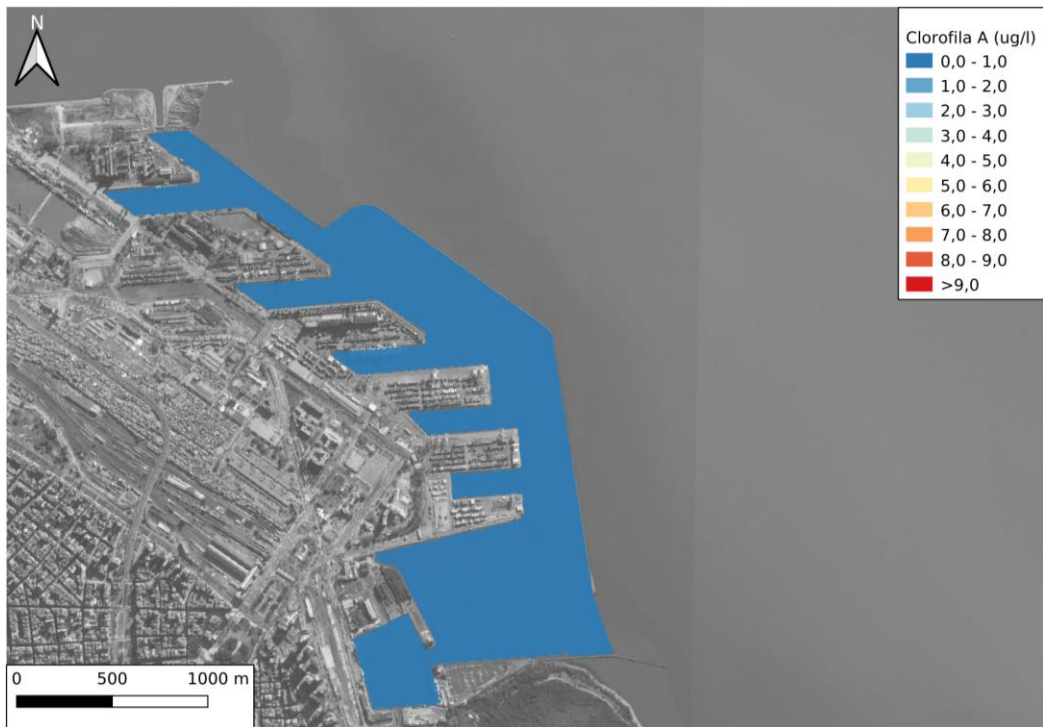


Figura 3.7. Mapa de concentraciones medias de Cl-a para puerto original – escenario normal



Figura 3.8. Mapa de concentraciones medias de Cl-a para puerto original – escenario extremo

3.4 Estado trófico

Existen criterios simples para establecer condiciones de eutrofización a partir de la concentración media de Cl-a. Si bien se trata de criterios incompletos, ya que esa condición trófica está determinada también por otros parámetros, constituye un indicador razonable a priori.

Chapra & Tarapchak⁶ establecieron que para un embalse en zona templada la condición de eutrofización es que la Cl-a debe superar 9 µg/l. Por su parte, la CEPIS⁷ plantea para lagos cálidos tropicales el umbral de 70 µg/l.

Conservadoramente, para este estudio se considerará que existe peligro de eutrofización para concentraciones de Cl-a que superen 9 µg/l. De acuerdo a lo presentado en la sección anterior, esto implica que no hay peligro de eutrofización para la configuración actual en condiciones normales (Figura 3.7), pero que podría producirse alguna floración algal en la zona de descarga del triducto bajo condiciones extremas (Figura 3.8). Esta posibilidad queda reflejada en la fotografía presentada en la Figura 3.9, donde se aprecia una floración algal producida en Puerto Madero, zona cercana a la de estudio.



Figura 3.9. Floración algal en dársena de Puerto Madero. Noviembre de 2012.

⁶ Toman, R.V., Mueller, J.A., 1987, "Principles of Surface Water Quality Modeling and Control", Harper Collins Publishers

⁷ Salas, H. and Martino, P.1991. A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. Water Research. Volume 25, Issue 3, March 1991, Pages 341-350

4 RESULTADOS

4.1 Escenarios de proyecto

Se estudiaron dos escenarios de proyecto del puerto, considerados como Etapa 1 y Etapa 2 del proyecto definitivo, que fueron descritos en los estudios anteriores. Estos se muestran en la Figura 4.1.

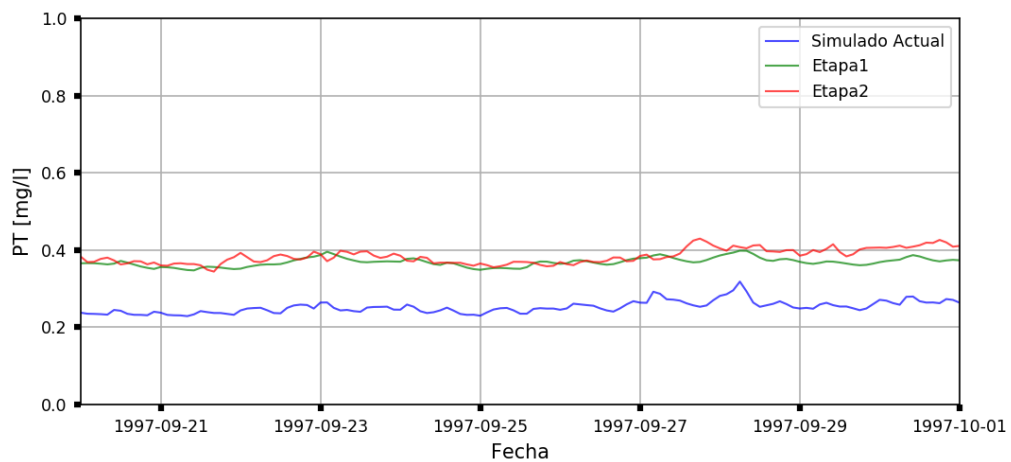


Figura 4.1. Escenarios de configuración del puerto.

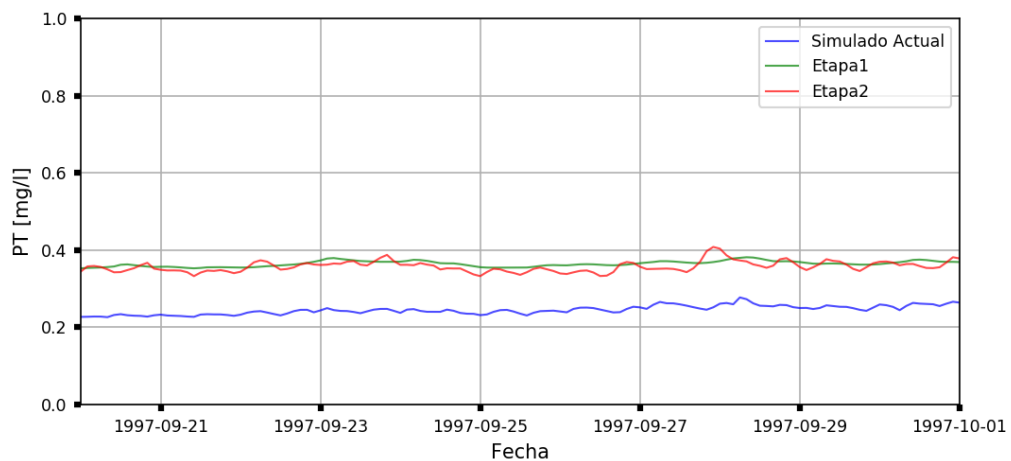
4.2 Aplicación del modelo

Se aplicó el sistema de modelación de PT/Cl-a/Eutrofización presentado en el capítulo anterior a los escenarios de proyecto para establecer el peligro de eutrofización.

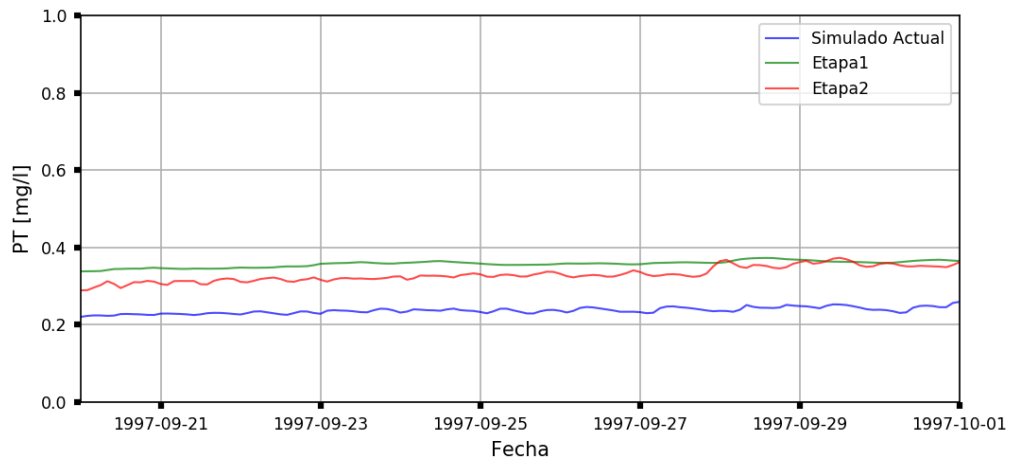
La Figura 4.2 muestra las series temporales de PT (téngase en cuenta que la dársena D es rellanada en la condición futura). Se observa que en general se produce un incremento de las concentraciones respecto de la configuración original del puerto. La Figura 4.3 muestra el mapa de concentraciones medias temporales de PT para los escenarios de proyecto.



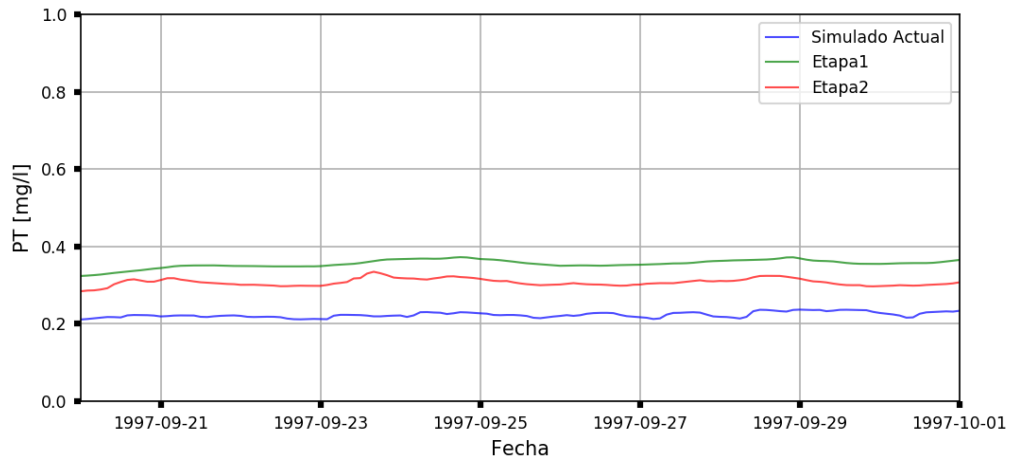
a) A2 – Dársena A



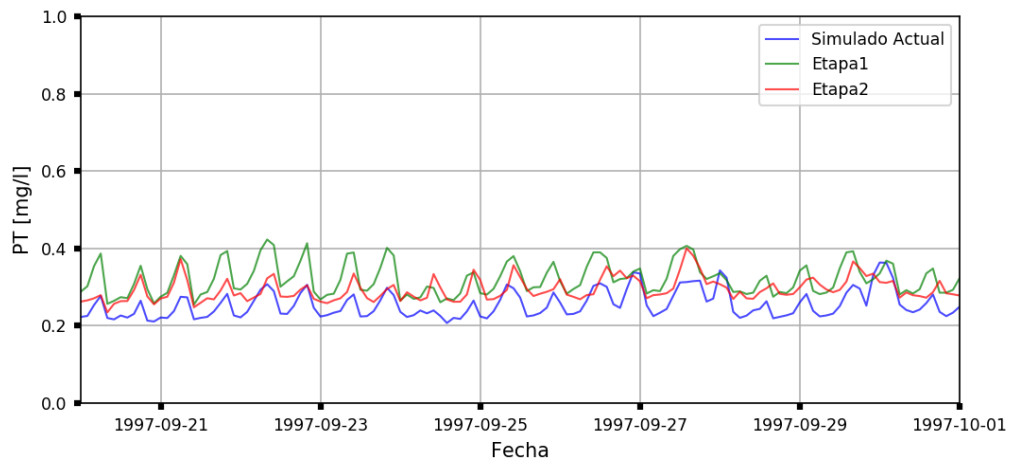
b) B2 – Dársena B



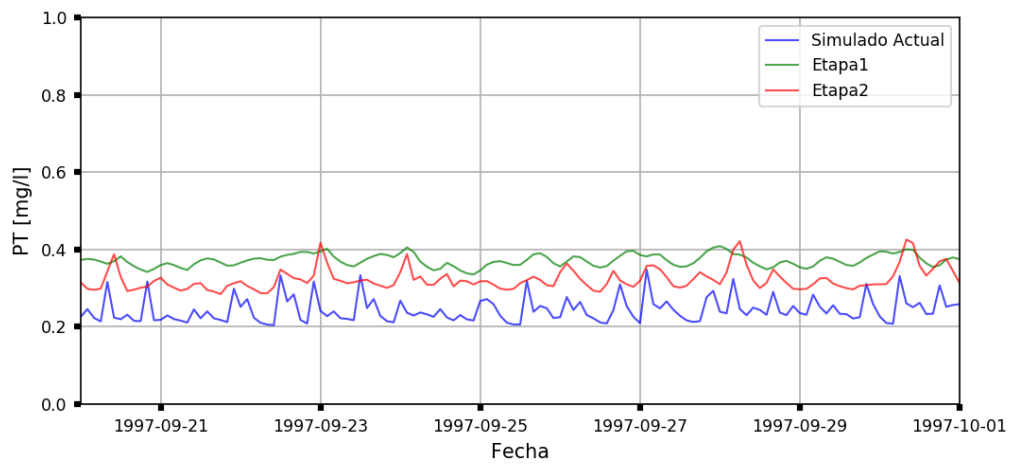
c) C2 – Dársena C



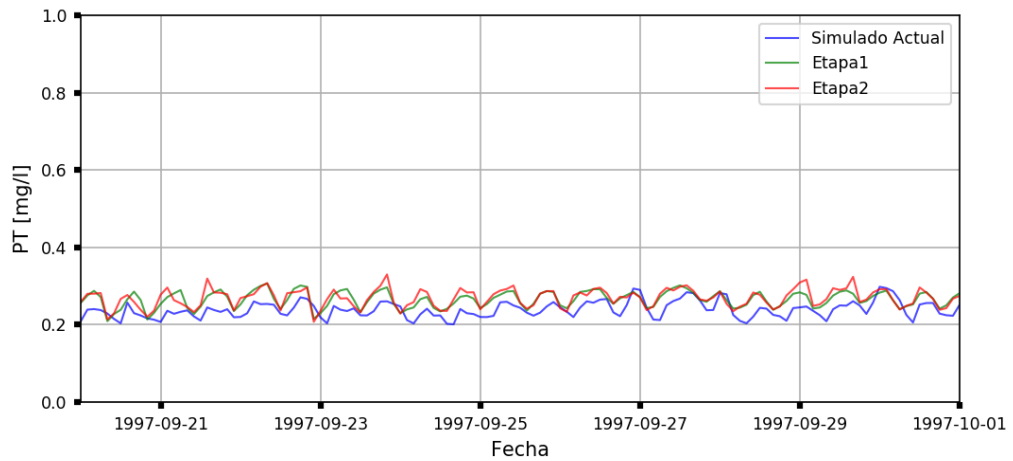
d) E2 – Dársena E



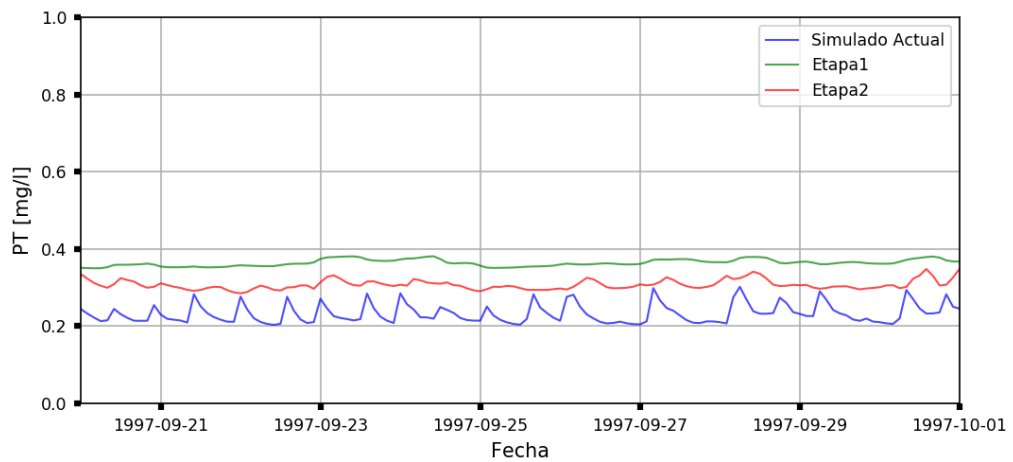
e) P2 – Antepuerto



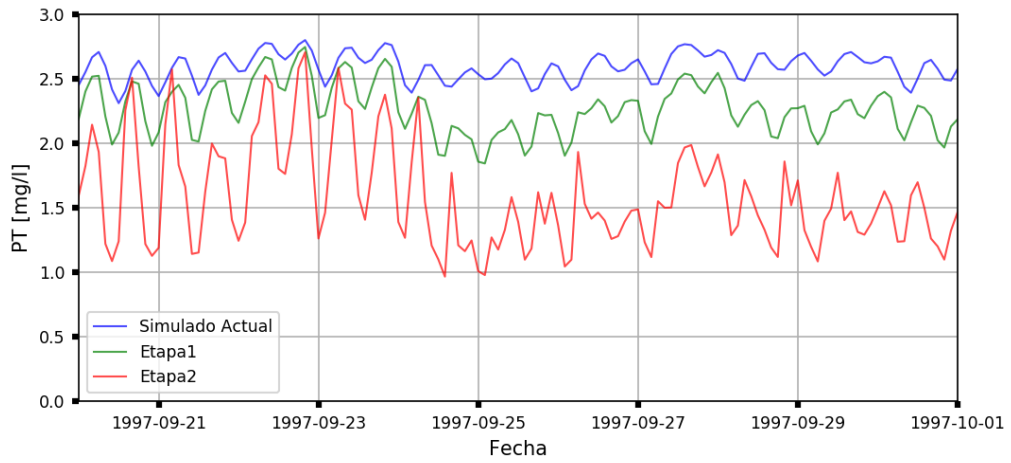
f) P7 – Canal de Pasaje



g) N1 – Boca Principal

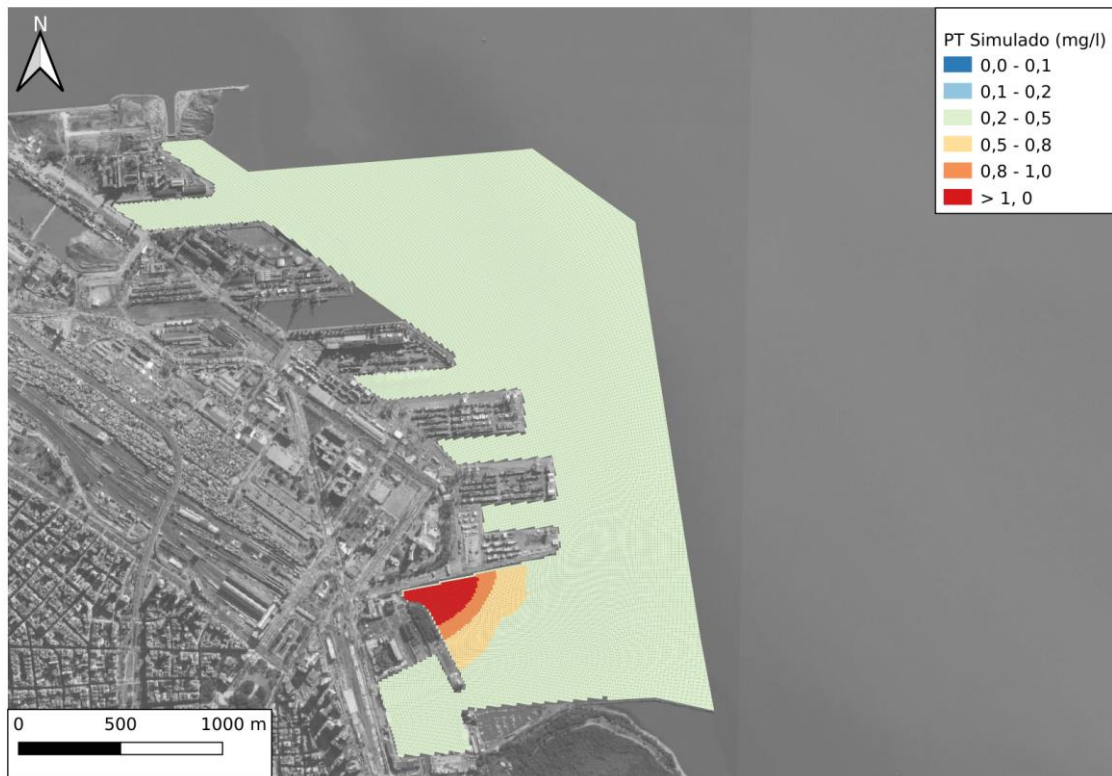


h) BF – Boca Falsa

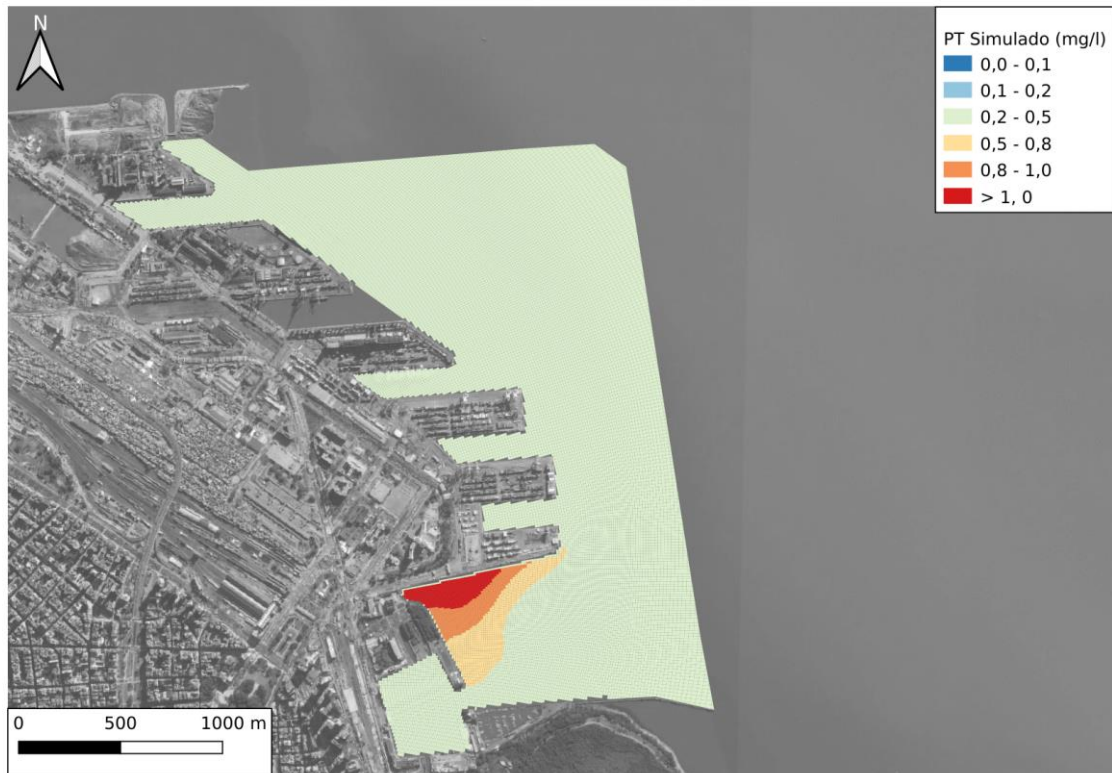


i) Des – Descarga cloacal

Figura 4.2. Concentraciones de PT para escenarios de proyecto



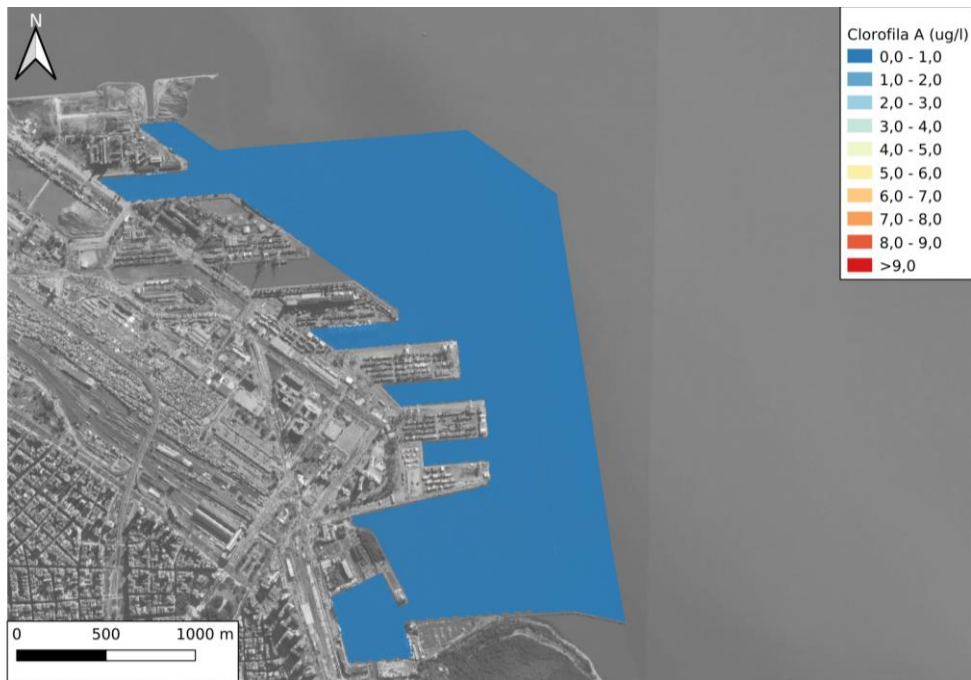
a) Etapa 1



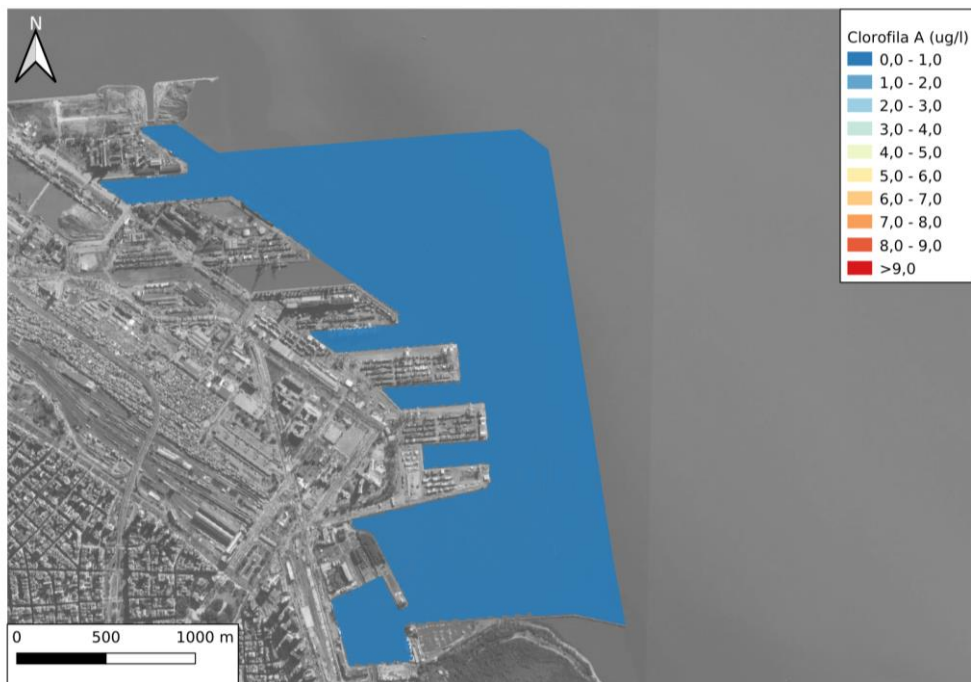
b) Etapa 2

Figura 4.3. Mapa de concentraciones medias de PT para escenarios de proyecto

La Figura 4.4 muestra el mapa de Cl-a para el escenario normal. Se observa que las concentraciones caen por debajo de $1 \mu\text{g/l}$ para ambas etapas de proyecto, como para el puerto original. Por su parte, la Figura 4.5 presenta el mapa asociado al escenario extremo. De acuerdo al criterio de peligro de eutrofización adoptado (concentraciones de Cl-a mayores a $9 \mu\text{g/l}$), de estos mapas se concluye que para el puerto proyectado no hay peligro de eutrofización en condiciones normales, pero que, como para el puerto original, podría producirse alguna floración algal en la zona de descarga del triducto bajo condiciones extremas.

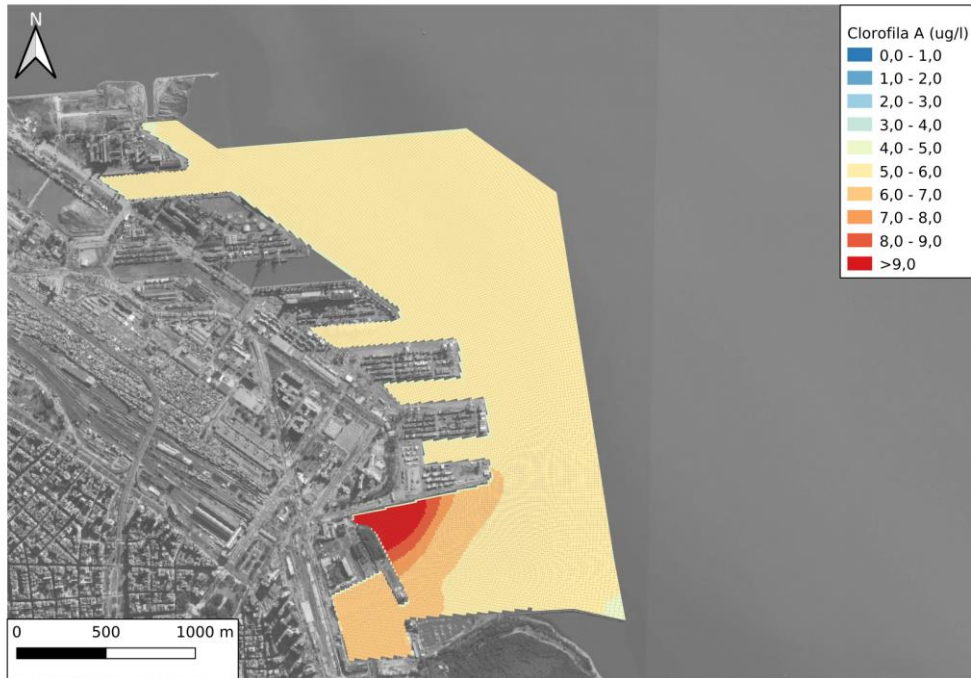


a) Etapa 1

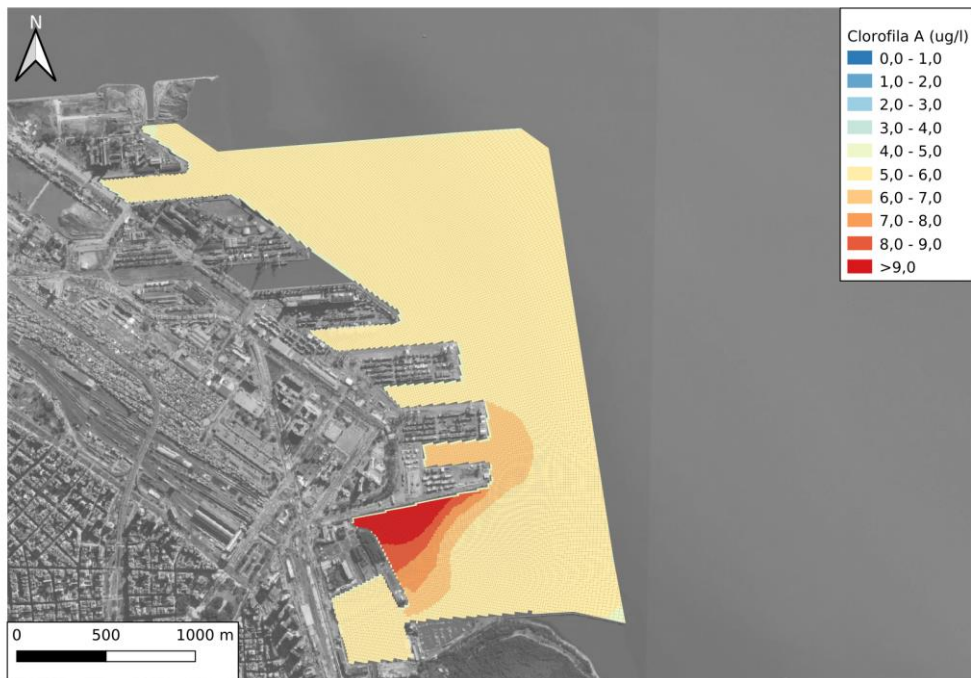


b) Etapa 2

Figura 4.4. Mapa de concentraciones medias de Cl-a para puerto proyectado – escenario normal



a) Etapa 1



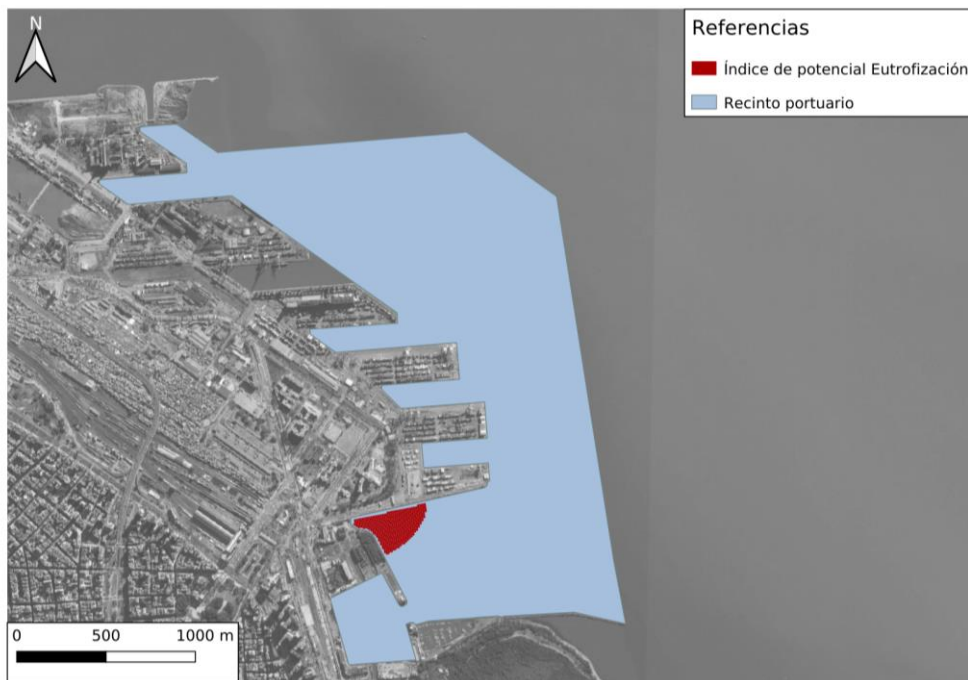
b) Etapa 2

Figura 4.5. Mapa de concentraciones medias de Cl-a para puerto proyectado – escenario extremo

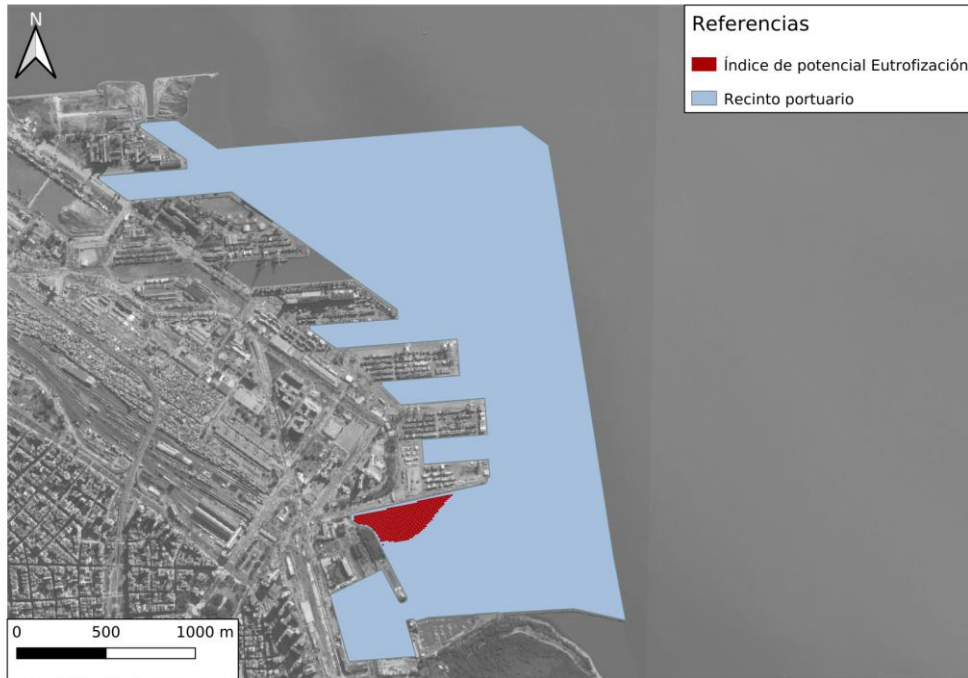
Como síntesis, en la Figura 4.6 se delimitan las zonas de potencial eutrofización para las tres configuraciones portuarias (original y proyectadas), donde se observa gran similitud, con cambios menores en la forma y el área potencialmente afectada.



a) Configuración original



b) Etapa 1



c) Etapa 2

Figura 4.6. Zonificación de áreas con potenciales problemas de eutrofización en condiciones extremas

5 CONCLUSIONES

El estudio efectuado permite concluir que no es esperable ningún cambio significativo en la condición trófica del puerto de Buenos Aires debido a su ampliación. En particular, no se detectó peligro de eutrofización en condiciones normales. Para condiciones extremas (altas temperaturas persistentes) podría surgir un peligro de eutrofización en la descarga del triducto pluvio-cloacal de AySA tanto para el puerto original como para el proyectado, sin cambio significativo en la extensión de la zona crítica.