



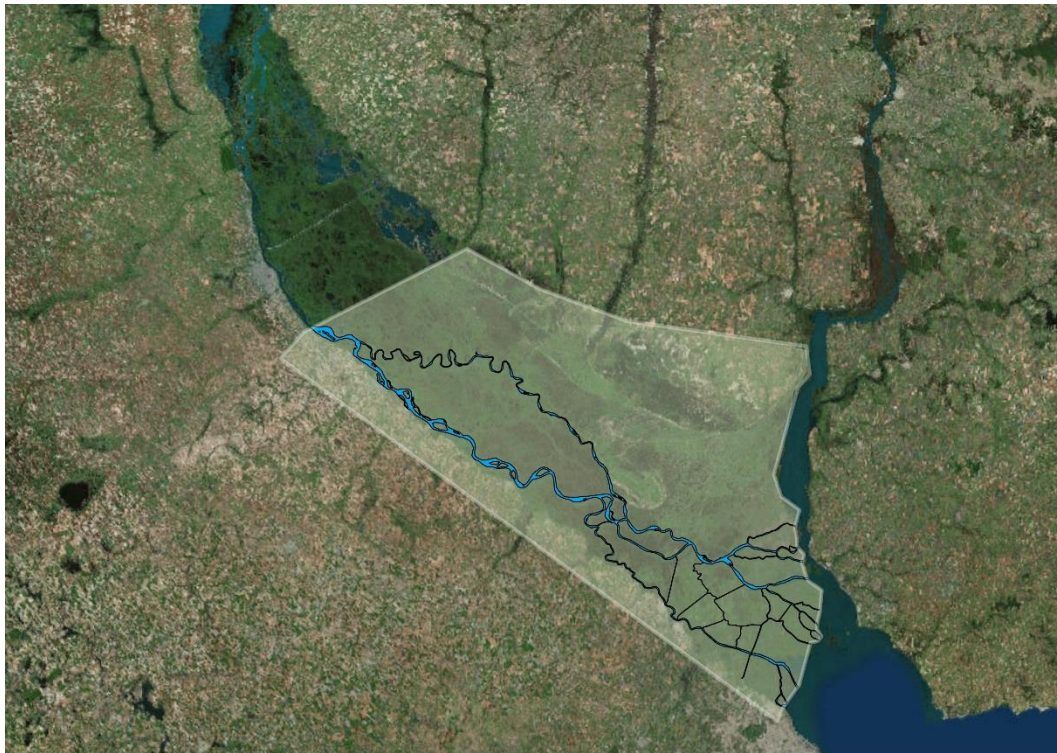
Secretaría de Infraestructura
y Política Hídrica
Ministerio del Interior,
Obras Públicas y Vivienda
Presidencia de la Nación



**INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y POLÍTICA HÍDRICA
REPÚBLICA ARGENTINA**

DELTA DEL PARANÁ

MODELACIÓN BIDIMENSIONAL DEL DELTA DE PARANÁ EN DELFT3D FM



Diciembre de 2018

SECRETARIO DE INFRAESTRUCTURA Y POLÍTICA HÍDRICA

Ing. Pablo BERECIARTUA

PRESIDENTE DEL INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

Ing. Pablo SPALLETTI

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

Ing. Julio C. DE LÍO A/C

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. Martin SABAROTS GERBEC

Ing. Pablo E. GARCÍA

Mayra MORALE

DELTA DEL PARANÁ

MODELACION BIDIMENSIONAL DEL DELTA DEL PARANÁ

RESUMEN

En el presente informe se describe el armado y desarrollo de la modelación hidrodinámica bidimensional de un área del delta del río Paraná. La modelación tiene por objeto evaluar intervenciones antrópicas basadas en propuestas para la mejora integral del Delta.

En este sentido se detalla la metodología de elaboración del modelo, la validación y los resultados obtenidos de simulaciones que contemplan algunas de las mencionadas intervenciones.

Descriptor temático: Modelación hidrodinámica, Delta.

Descriptor geográfico e institucional: Delta del Paraná, Argentina.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Contexto.....	5
1.2. Área de estudio.....	5
1.3. Objetivo.....	6
2. MODELACIÓN.....	7
2.1. Desarrollo del modelo.....	7
2.2. Dominio.....	7
2.3. Malla	8
2.4. Topobatemetría.	10
2.5. Coeficiente de rugosidad.	11
2.6. Condiciones de contorno	12
2.7. Turbulencia	16
2.8. Paso de tiempo	16
3. Simulaciones.	17
3.1. Definiciones generales	17
3.2. Validación.....	20
4. RESULTADOS	26
4.1. Niveles.....	26
4.2. Áreas de afectación.....	28
4.3. Profundidad del agua.....	29
5. CONCLUSIONES.....	35
REFERENCIAS.....	36

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto

En el marco del proyecto “Delta del Paraná: Proyectos estratégicos para el Desarrollo Sustentable”, producto del convenio de colaboración acordado entre Argentina (representado técnicamente por el Instituto Nacional del Agua) y Holanda (con responsabilidad técnica por parte de Deltares) se plantea la modelación bidimensional del Delta del Paraná en el software *Delft3D Flexible Mesh*.

1.2. Área de estudio

El Delta del río Paraná comprende un área aproximada de 17.500 km² (

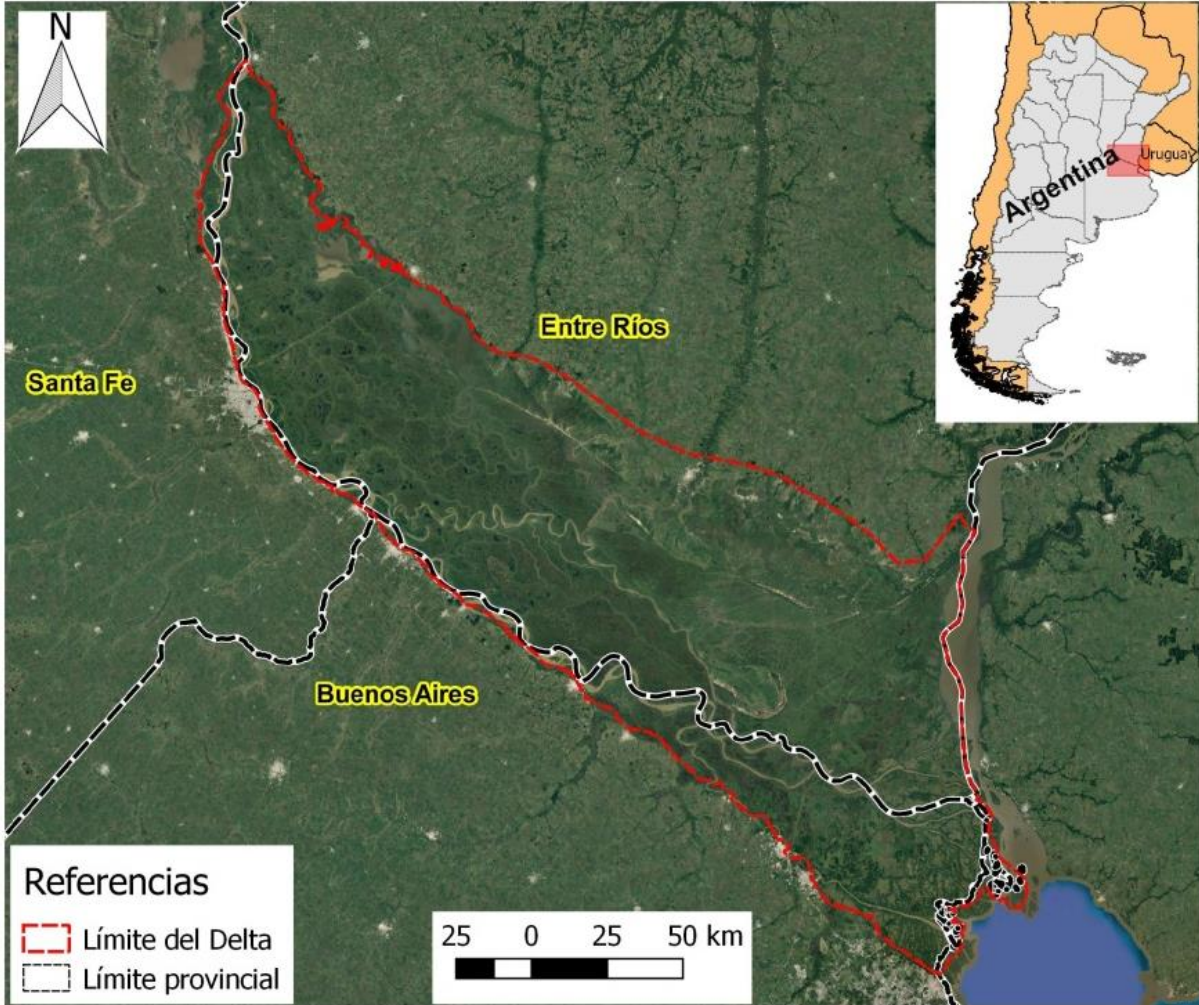


Figura 1.1) en la cual existen un gran número de cursos de agua navegables, entre ellos la principal vía fluvial comercial de Argentina y países limítrofes. Además, en el territorio insular se desarrolla una importante actividad agrícola-ganadera-forestal que colabora con la economía local. Desde el punto de vista ambiental, el delta contiene un reducto de humedales únicos que resultan determinantes en distintos procesos hidrológicos, biológicos y geomorfológicos.

Con estas características, tanto las inundaciones por crecidas o sudestadas como las bajantes extremas, son críticas no solo para la población local y los ecosistemas comprendidos en el Delta, sino también, para todos los actores vinculados a sus circuitos comerciales y productivos (Sabarots Gerbec, et al, 2018).

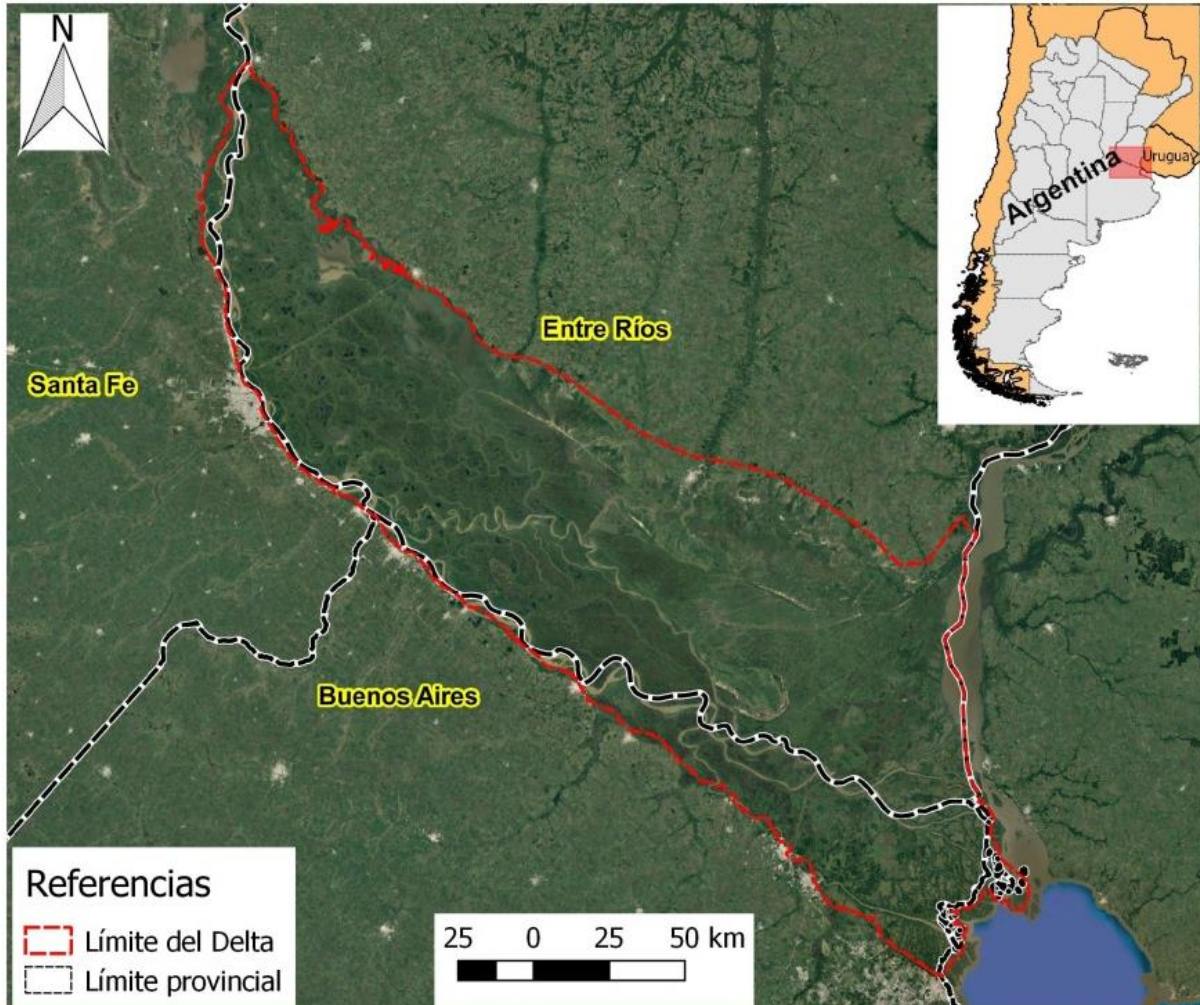


Figura 1.1: Localización de zona de estudio.

1.3. Objetivo.

Existen actualmente ideas y propuestas de diferentes sectores basadas en mejoras de las zonas inundables e infraestructura que permita evitar o mitigar estos efectos de inundaciones para mejorar la producción o habitabilidad del Delta. Las mismas están descritas en el informe de Castro L., “Delta del Paraná: Proyectos estratégicos para el desarrollo sustentable”.

Este trabajo pretende describir la primera etapa del proceso de modelación 2D que se realiza con el objetivo de evaluar el impacto de las intervenciones antrópicas, principalmente infraestructura, en el Delta del Paraná.

2. MODELACIÓN

2.1. Desarrollo del modelo

Este trabajo se llevó a cabo en un período de siete semanas. Es el producto del trabajo conjunto del Instituto Nacional del Agua (INA) (Argentina) y Deltares (Holanda).

Como aportes iniciales, el INA proporcionó información previa necesaria para la modelación (batimetrías, secciones de cursos, mediciones de variables hidrométricas) mientras que Deltares el *Software* de Modelación.

2.2. Dominio

El dominio del modelo se definió por un límite al noroeste, iniciando con una línea transversal al Río Paraná de un ancho de 83 km (aprox) ubicada a la altura de la ciudad de Arroyo Seco y se extiende hasta el frente del Delta incluyendo las áreas del delta bonaerense y Entrerriano (**Figura 2.1**).

La exclusión del Delta superior del dominio fue una decisión asociada al volumen de datos a procesar. En una primera etapa ante la incertidumbre de la posibilidad de manejo de datos con la versión actual del *Delft3D FM* se recortó el dominio con el fin de obtener un volumen de datos que posibilite su manejo. Se pretende incluir la zona en etapas próximas.

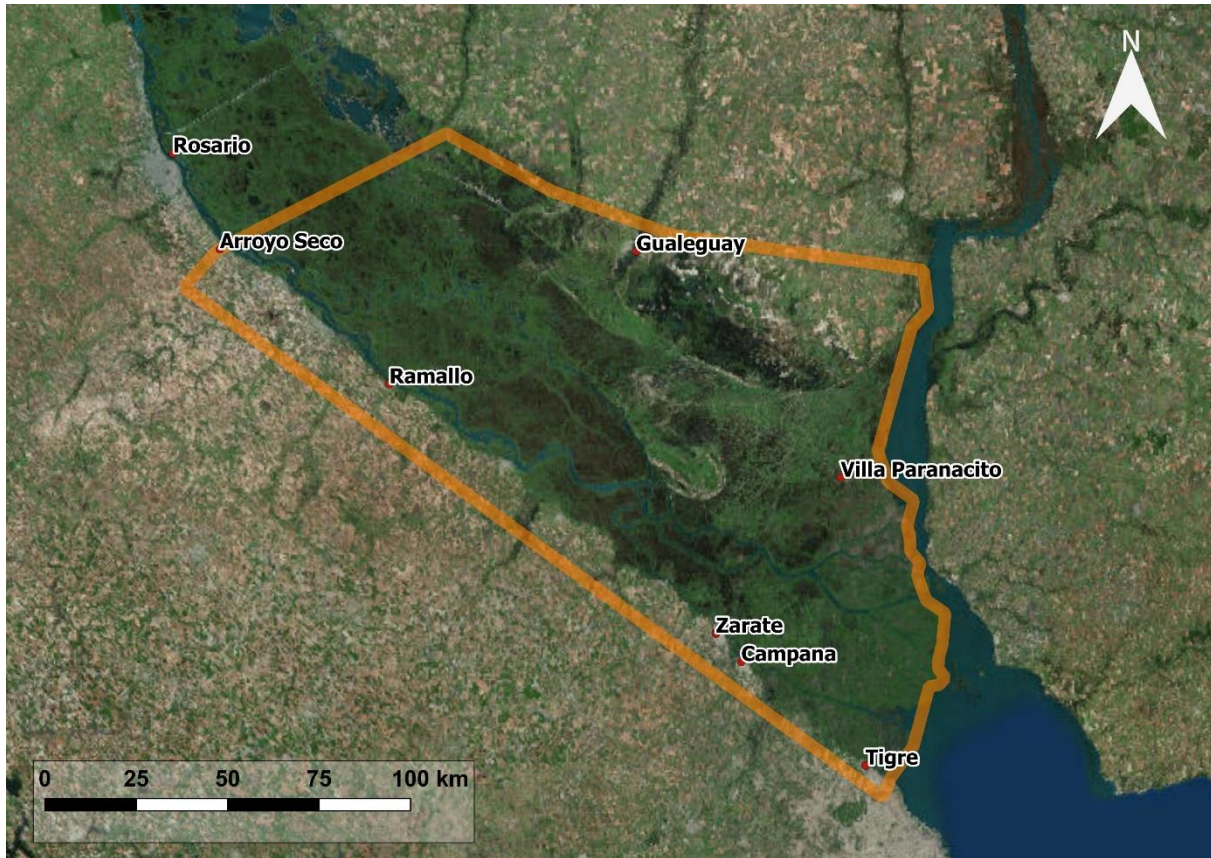


Figura 2.1: Dominio de modelo 2D.

2.3. Malla

Se desarrolló una malla flexible en el dominio definido (**Figura 2.2**).

Las celdas en los principales cursos de agua se ejecutaron con forma de cuadriláteros con lados cercanos a los 170 m en el lado más extenso y 90 m en los más pequeños, en la planicie se definieron celdas cuadradas de 350 m de lado y en la unión de ambos se ejecutaron celdas triangulares cuyos tamaños varían entre 40 m y 350 m de lado (**Figura 2.3**).

La malla fue construida en diferentes versiones del *software*. Los cursos de agua fueron discretizados en la versión de desarrollo de *Delft3DFM: Deltares-D-Flow FM 1.2.2.58301M*, mientras que la zona de planicie en la aplicación *RGFGRID* de *Delft3D 4.04.01*. Posteriormente la unión entre planicie y cursos de agua se ejecutó a partir de la definición de polígonos de unión en la interfaz gráfica de *Delft3D FM Suite 1.4.6.40270*. Finalmente se realizaron retoques de forma manual en las celdas para conseguir las características de ortogonalidad, longitud de lado y relación de aspecto necesarias para el funcionamiento del modelo.

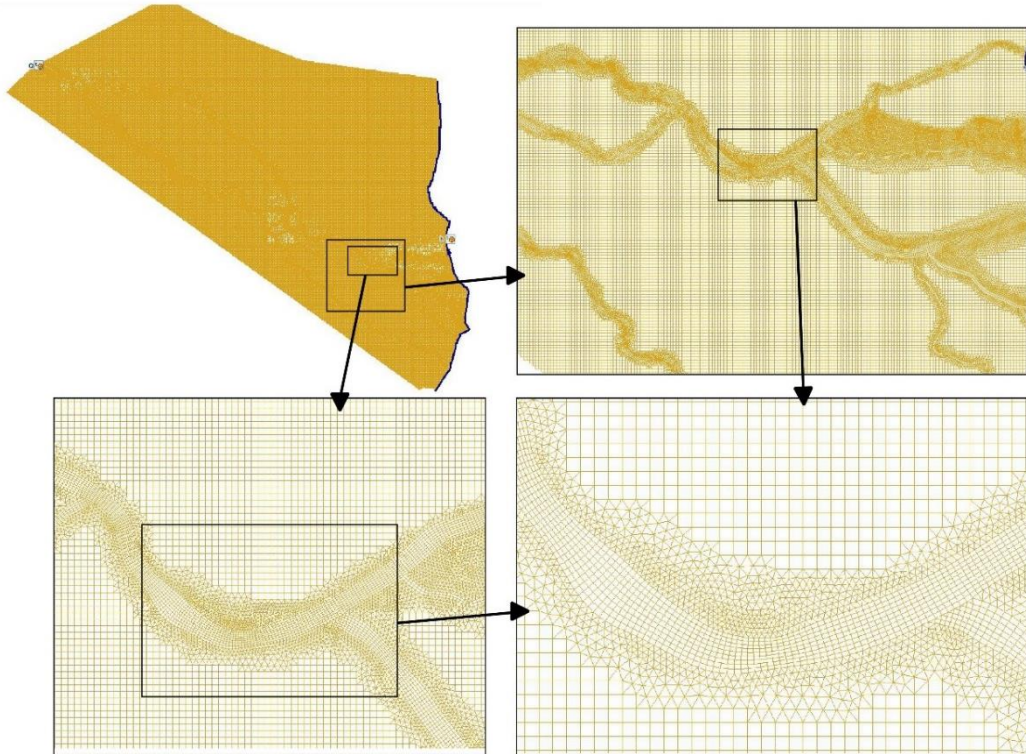


Figura 2.2: malla flexible utilizada den modelo 2D

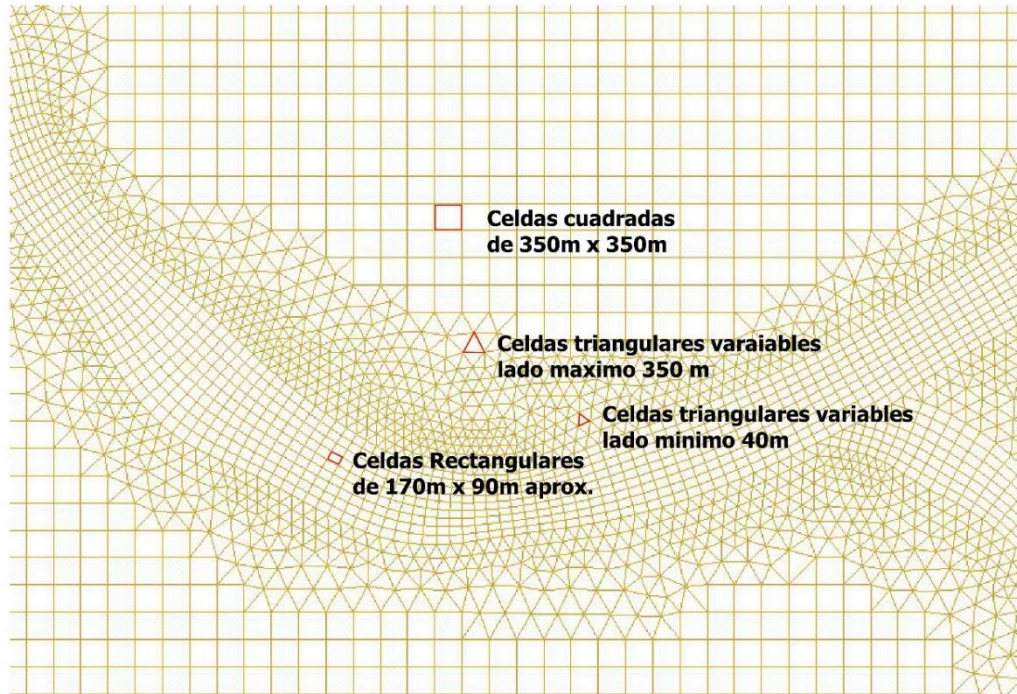


Figura 2.3: Descripción de celdas y características en malla flexible de modelo 2D

2.4. Topobatemetría.

La topobatemetría fue tomada del modelo digital de elevación (MDE) realizado en el INA (**Figura 2.4**) a partir de diferentes fuentes de datos (*Sabarots Gerbec, et al, 2017*). Estos datos fueron procesados con la versión *Delatares- D-Flow FM 1.2.2.58301M* y fueron definidos en un formato útil para su utilización en el modelo.

Se bajó la resolución de la topobatemetría en la planicie a 100 m mientras que en los cursos de agua se mantuvo en 10 m.

Debido al volumen de datos resultaba difícil la manipulación de los mismos desde la versión *Delft3D FM Suite 1.4.6.40270*, por lo que la topobatemetría fue incorporada a la modelación al inicio de las corridas, y no en la interfaz gráfica del *software*.

Se generó un archivo de texto externo y se asociaron los puntos topobatemétricos a la malla mediante un comando como proceso inicial de la corrida. Esto generó un aumento en los tiempos de simulación.

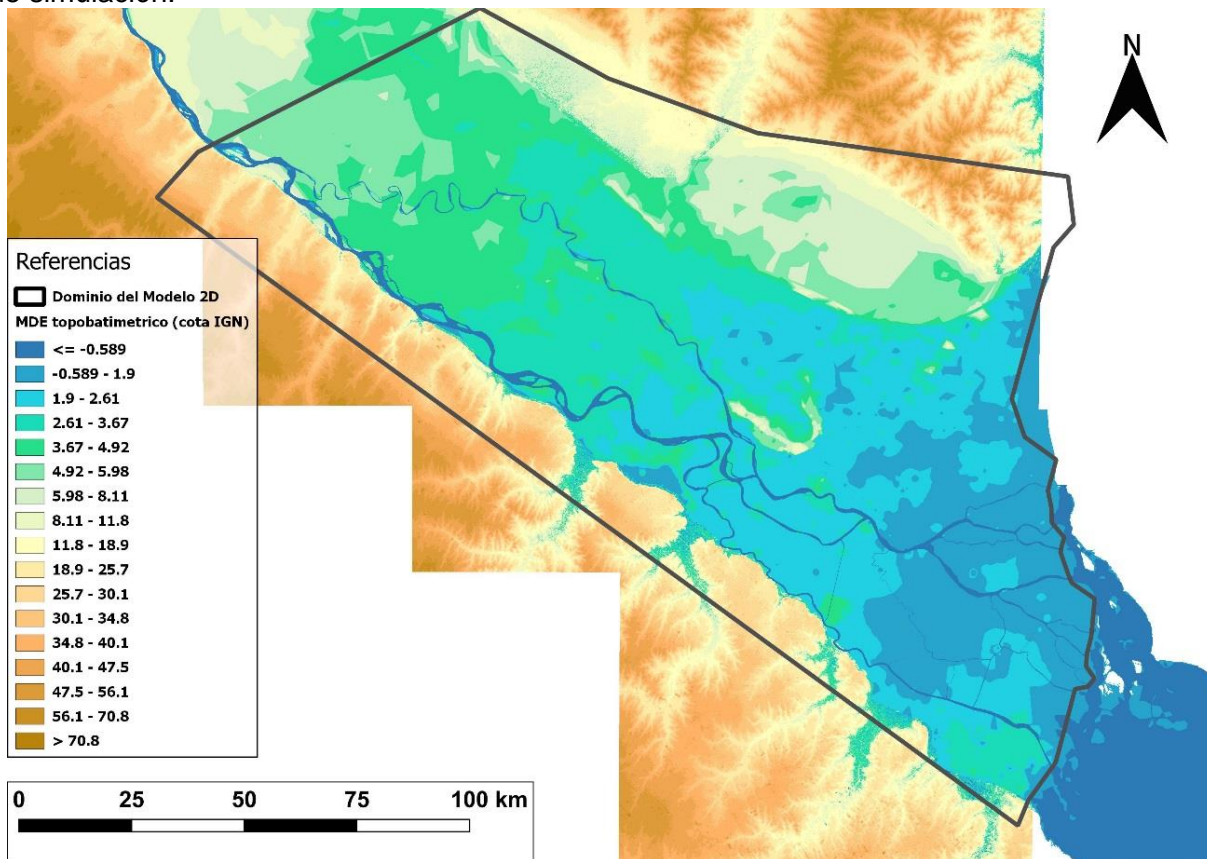


Figura 2.4: Modelo digital de terreno

2.5. Coeficiente de rugosidad.

Los coeficientes de rugosidad fueron definidos basándose en estudios antecedentes de modelación en diferentes zonas del Delta del Paraná. (Basiel, et al, 2015) y con correcciones respecto a las características propias de esta modelación.

Finalmente los valores de coeficientes de *manning* utilizados fueron: 0.015 para cursos de agua y 0.1 en planicie (Figura 2.5 y Figura 2.6).

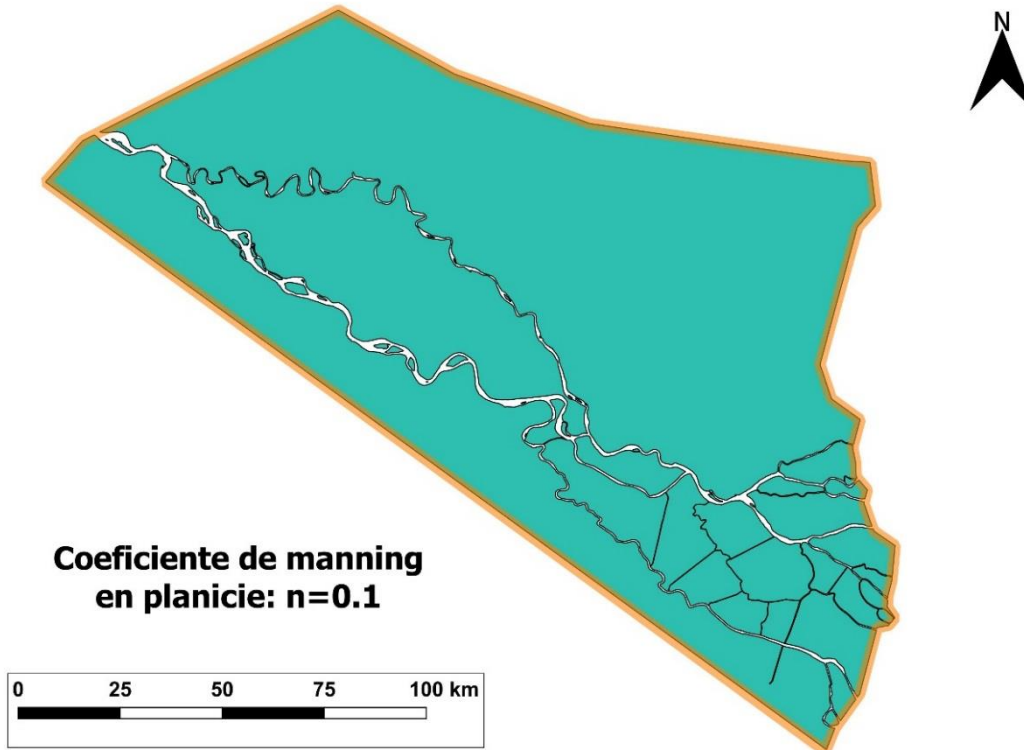


Figura 2.5: Zona del dominio definida como planicie

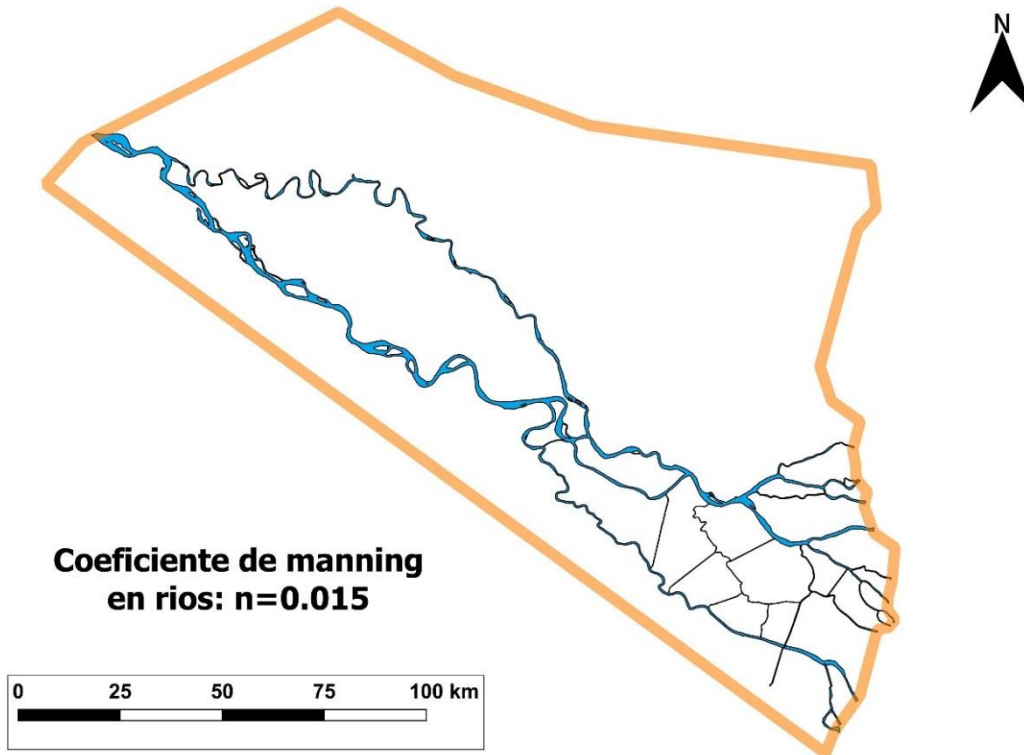


Figura 2.6: Zona del dominio definida como cursos de agua.

Debido a la necesidad de especificar diferentes zonas con sus correspondientes coeficientes de rugosidad, al igual que la topobatimetria, estos coeficientes fueron incorporados al modelo al inicio de cada corrida. Llamando a un archivo de texto, definiendo polígonos y sus coeficientes.

2.6. Condiciones de contorno

Se utilizó como condiciones de borde caudales de ingreso en el Rio Paraná a la altura de Arroyo Seco y niveles en el frente del Delta.

El modelo 1D elaborado por el INA (*Sabarots Gerbec, 2014*) permitió asignar las condiciones de contorno aguas arriba (caudales) a partir de las series obtenidas de las simulaciones entre Marzo de 1902 y Junio de 2018. A partir de los valores modelados se conformó la siguiente curva de caudales clasificados (**Figura 2.7**) a la altura de Rosario.

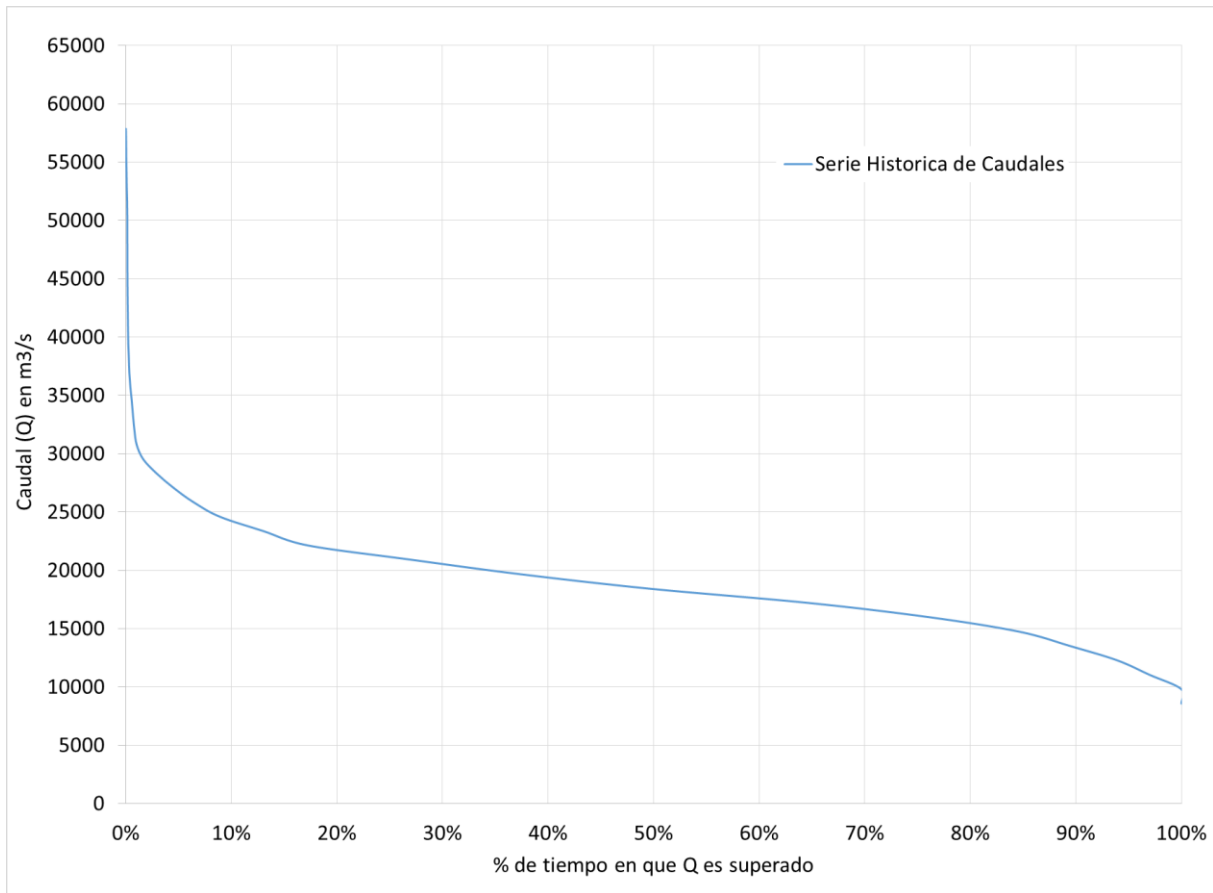


Figura 2.7: Curva de caudales clasificados del río Paraná en Arroyo Seco.

Se consideró caudal medio 17.100 m³/s y se escogió 25.000 m³/s como umbral para el cual se comienzan a ver superficies de planicie inundadas. En la **Figura 2.8** se puede ver que el caudal medio es superado el 65% del tiempo mientras que el caudal de umbral de inundación el 8% del tiempo.

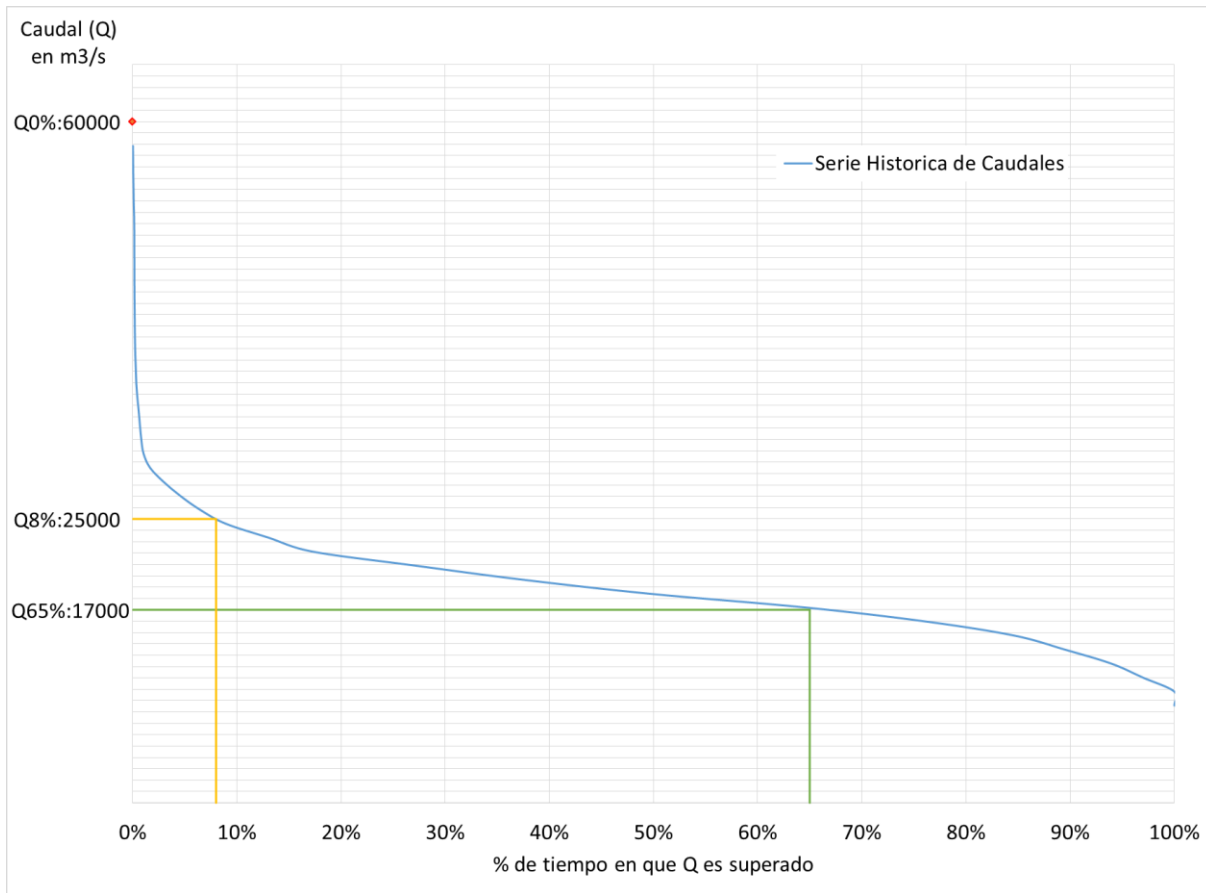


Figura 2.8: Curva de caudales clasificados y caudales de interés

En el caso de la condición aguas abajo (Niveles) fue necesario definir la variación de niveles para un mismo momento en las diferentes zonas del frente del Delta (**Figura 2.9**), para ello se estimó la relación entre los niveles en San Fernando (Argentina) y Nueva Palmira (Uruguay) a partir de la serie de niveles observados en cota IGN, tomados del Servicio de Hidrografía Naval Argentina (SHN) y de la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU). Luego se extrajo la moda de las series y se asumió como variación permanente entre ambos puntos la diferencia entre las modas.

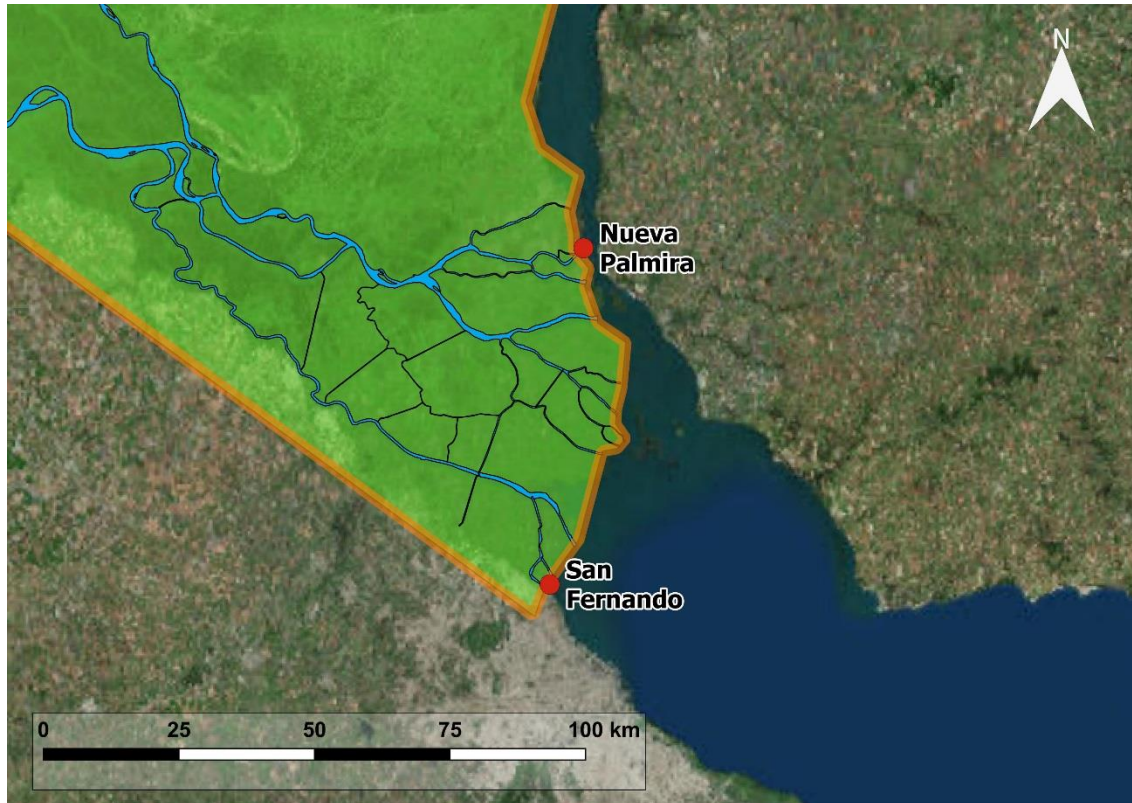


Figura 2.9: Frente del Delta del Río Paraná

A partir de la variación de niveles (considerada permanente) entre San Fernando y Nueva Palmira se definió una pendiente que fue utilizada para darle valor de nivel medio a 13 puntos en todo el frente del delta.

Con el fin de representar niveles de sudestada se definieron niveles en función de lo informado en el trabajo de tesis de *Lecertúa* (2010) y se trasladaron a cota IGN. Además se definieron los niveles en condición de cambio climático, estimando los efectos de ese fenómeno en 2050. Lo que permitió construir la **Tabla 21**.

Tabla 21: Detalle de niveles en 13 puntos en el frente del Delta definidos para las simulaciones.

Niveles				
Actuales		Cambio climatico (2050)		
	normales	suestada	normales	suestada
	0.85	4.12	0.86	4.13
	0.8	4.07	0.81	4.08
NP	0.79	4.06	0.8	4.07
	0.77	4.04	0.78	4.05
	0.75	4.02	0.76	4.03
	0.7	3.97	0.71	3.98
	0.65	3.92	0.66	3.93
	0.6	3.87	0.61	3.88
	0.5	3.77	0.51	3.78
	0.45	3.72	0.46	3.73
	0.4	3.67	0.41	3.68
	0.35	3.62	0.36	3.63
	0.28	3.55	0.29	3.56
SF	0.26	3.53	0.27	3.54

*SF: San Fernando NP: Nueva Palmira

Para la incorporación de las condiciones de contorno se utilizó *DElft3D FM Suite 1.4.3.39355*.

2.7. Turbulencia

En el modelo se utilizó 'background horizontal viscosity' y 'eddy diffusivity'. En ambos casos el coeficiente utilizado fue 10. Sin utilizar un modelo específico de turbulencia a nivel sub-grilla.

2.8. Paso de tiempo

Se definió un paso de tiempo máximo de 5 minutos y un máximo número de courant de 0.7. Las características de la malla limitan el paso de tiempo. Es tarea pendiente y posterior a este trabajo realizar un análisis detallado de cada una de las celdas que limitan el paso de tiempo y mejorarlas a fin de reducir los costos computacionales.

3. Simulaciones.

3.1. Definiciones generales

Las simulaciones se plantearon en régimen permanente en todos los casos. Las primeras corridas fueron de validación a fin de realizar ajustes en el modelo.

Se plantearon dos condiciones temporales (**Tabla 31**): y cuatro situaciones de variaciones antrópicas al ambiente respecto del escenario base.

- Condiciones temporales
 - Escenario Actual
 - Escenario de Cambio Climático
- Variaciones Antrópicas:
 - Traza de Ruta Nueva
 - Dique Abierto
 - Endicamientos.

El escenario de cambio climático a 50 años fue contemplado en función a un aumento de niveles en el río de la plata según *Badano, et al. (2012)* y un aumento de caudales de ingreso del 20%. Las propuestas de los escenarios de simulación con variaciones antrópicas fueron obtenidas de los informes (*Castro, et al, 2018 a*) (**Figura 3.1** y **Figura 3.2**). Se decidió incluir los endicamientos existentes según el relevamiento realizado y publicado en el año 2010 a cargo de la Universidad de San Martín. (*Kandus, et al 2010*) (**Figura 3.3**). Se propuso además realizar la combinación de las tres intervenciones antrópicas antes mencionadas en simultáneo.

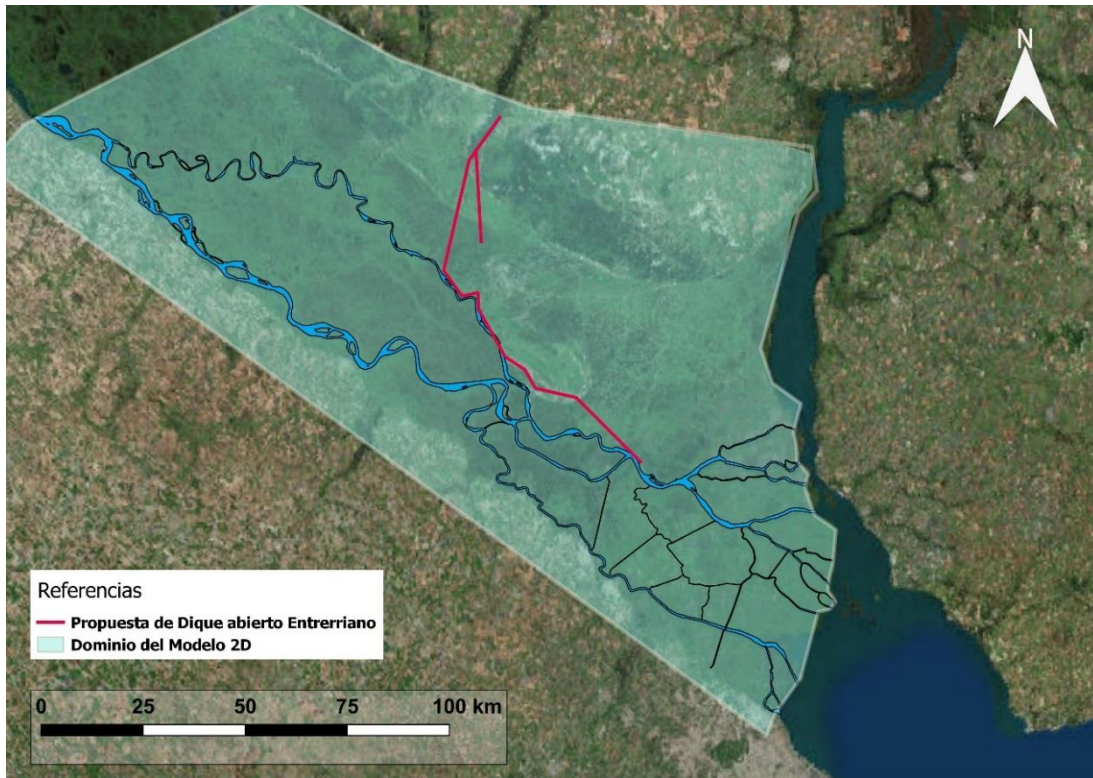


Figura 3.1 Proyecto de dique abierto entrerriano sobre dominio de modelo 2D.

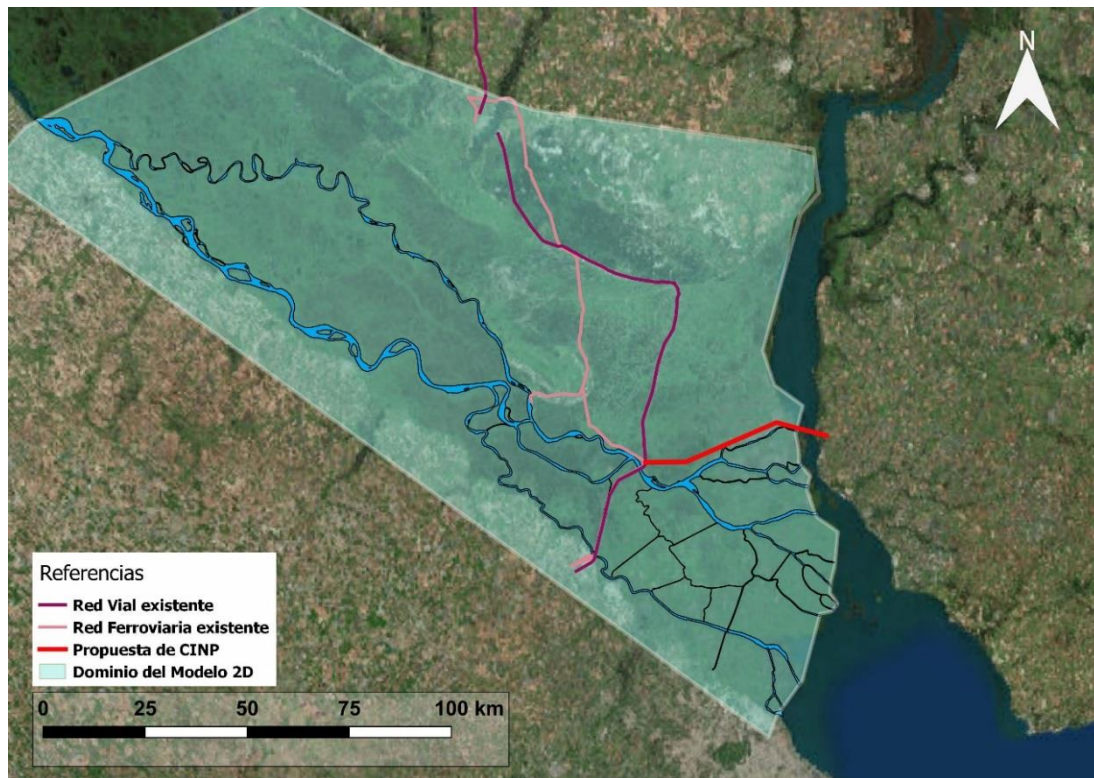


Figura 3.2: Conexión Internacional a Nueva Palmira (CINP) sobre dominio de modelo 2.

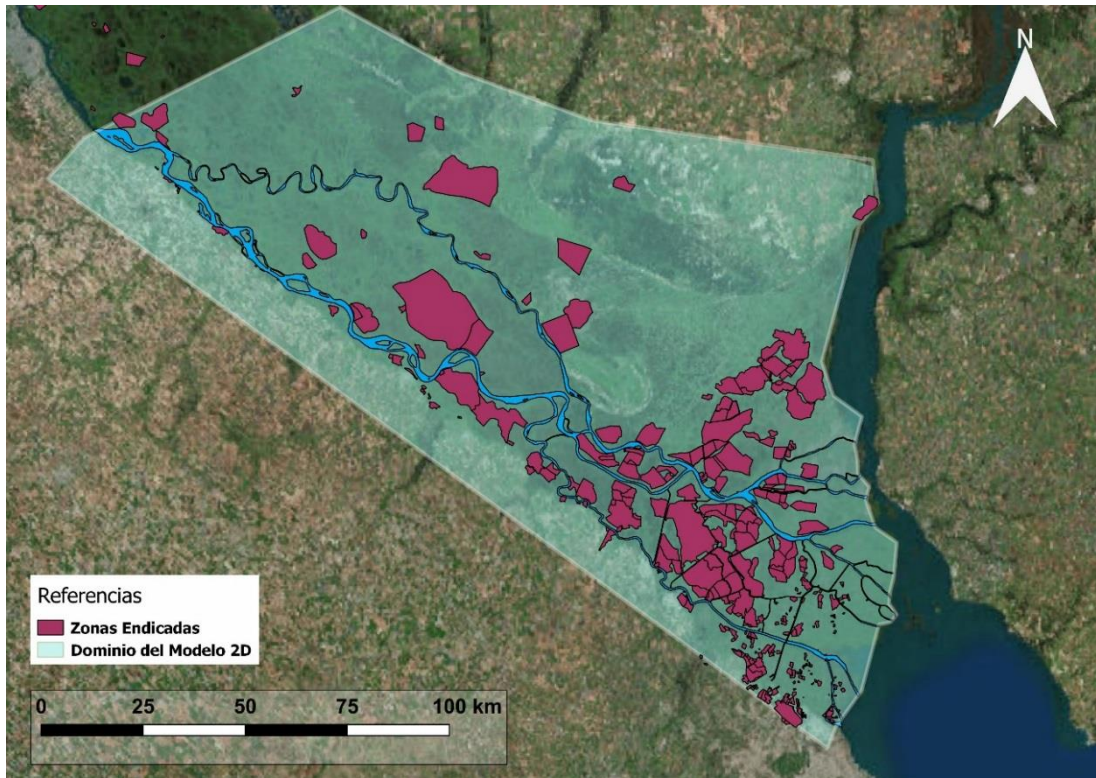


Figura 3.3: Endicamientos existentes sobre dominio de modelo 2D.

Estas intervenciones fueron evaluadas en simulaciones con condiciones de contorno extremas, es decir caudales de crecida extrema y niveles de condiciones de sudestada.

Tabla 31: Detalle de simulaciones

Corridas						
Objetivo	Temporalidad	Características de la Corridas	Q de ingreso	Niveles en el fente		Lugar de corrida
				SF*	NP*	
Calibracion	Actuales	Normal	17100	0.26	0.79	INA
		Crecida	25000	0.26	0.79	INA
		Crecida extrema	60000	0.26	0.79	INA
Escenarios: de crecidas extremas y niveles de sudestadas	Actuales	Base	60000	3.53	4.06	INA
		Base+RutaNueva	60000	3.53	4.06	INA
		Base+DiqueAbierto	60000	3.53	4.06	INA
		Base+Endicamientos	60000	3.53	4.06	INA
		Base+combinación	60000	3.53	4.06	INA
	Cambio Climatico	Base	72000	3.54	4.07	Deltares
		Base+RutaNueva	72000	3.54	4.07	Deltares
		Base+DiqueAbierto	72000	3.54	4.07	Deltares
		Base+Endicamientos	72000	3.54	4.07	Deltares
		Base+combinación	72000	3.54	4.07	Deltares

* SF: San Fernando, NP: Nueva Palmira

3.2. Validación

La validación se llevó adelante mediante la comparación de niveles observados y simulados en las estaciones de observación Villa Constitución, Ramallo, San Pedro, Ibicuy, Zárate, Campana y Canal Nuevo. (Figura 3.4). Los escenarios seleccionados para esta etapa incluyeron caudales de 17100 y 25000 m³/s y niveles medios en el rio de la plata (0.26 en san Fernando).

Para llevar adelante una validación se utilizaron datos en las estaciones de observación para el periodo 12/2015 a 01/2018, ya que en este período se contaba con las series completas de datos. Estos datos fueron filtrados por niveles observados en el frente del delta similares a los utilizados en la modelación (0.26 IGN +- 0.1 cm en Escala de San Fernando)

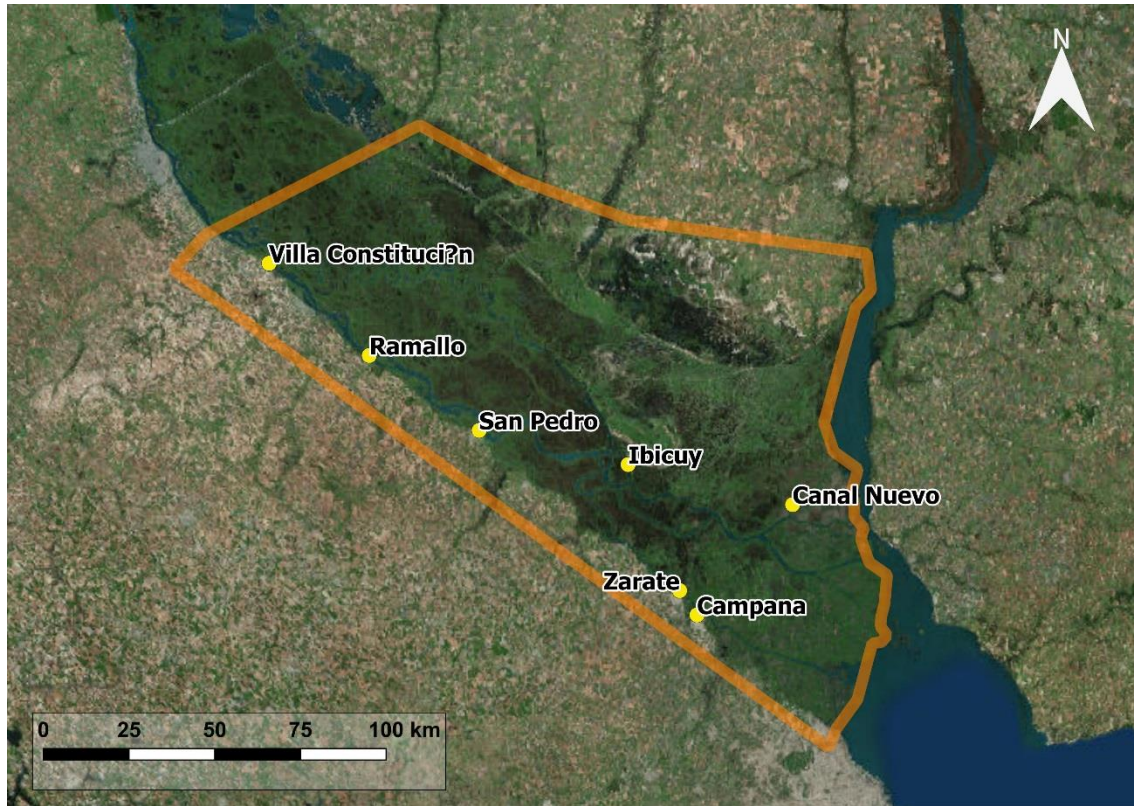


Figura 3.4: Estaciones de observación

Se realizó una selección de aquellas fechas en las cuales el caudal en el modelo 1D, 30 km aguas arriba de Arroyo Seco, era similar a los ingresados en el modelo 2D como condición de borde superior. $17100 \pm 1000 \text{ m}^3/\text{s}$, y $25000 \pm 1000 \text{ m}^3/\text{s}$. Con estas fechas volvieron a filtrarse los datos de observaciones.

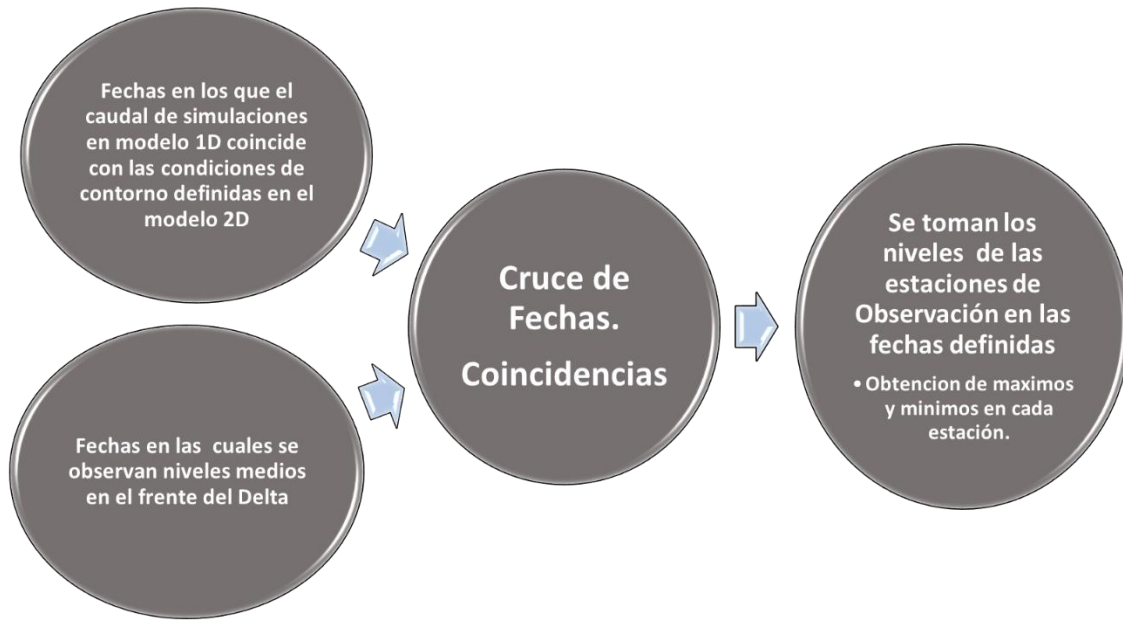


Figura 3.5: Descripción gráfica de selección de datos.

Con las estaciones de observación filtradas por las condiciones de borde del modelo se obtuvieron los máximos, mínimos, promedios y percentiles 90 y 10 para cada una de las estaciones comparables con la simulación.

Los resultados obtenidos de la simulación muestran valores aceptables en ambos casos y eso permite proceder con las simulaciones de los escenarios definidos. (**Figura 3.6** y **Figura 3.7**)

Por otro lado se graficaron los datos de niveles máximos y mínimos históricos de las estaciones de observación y las simulaciones con caudales de 17100, 25000 y 60000 m³/s. **Figura 3.8.**

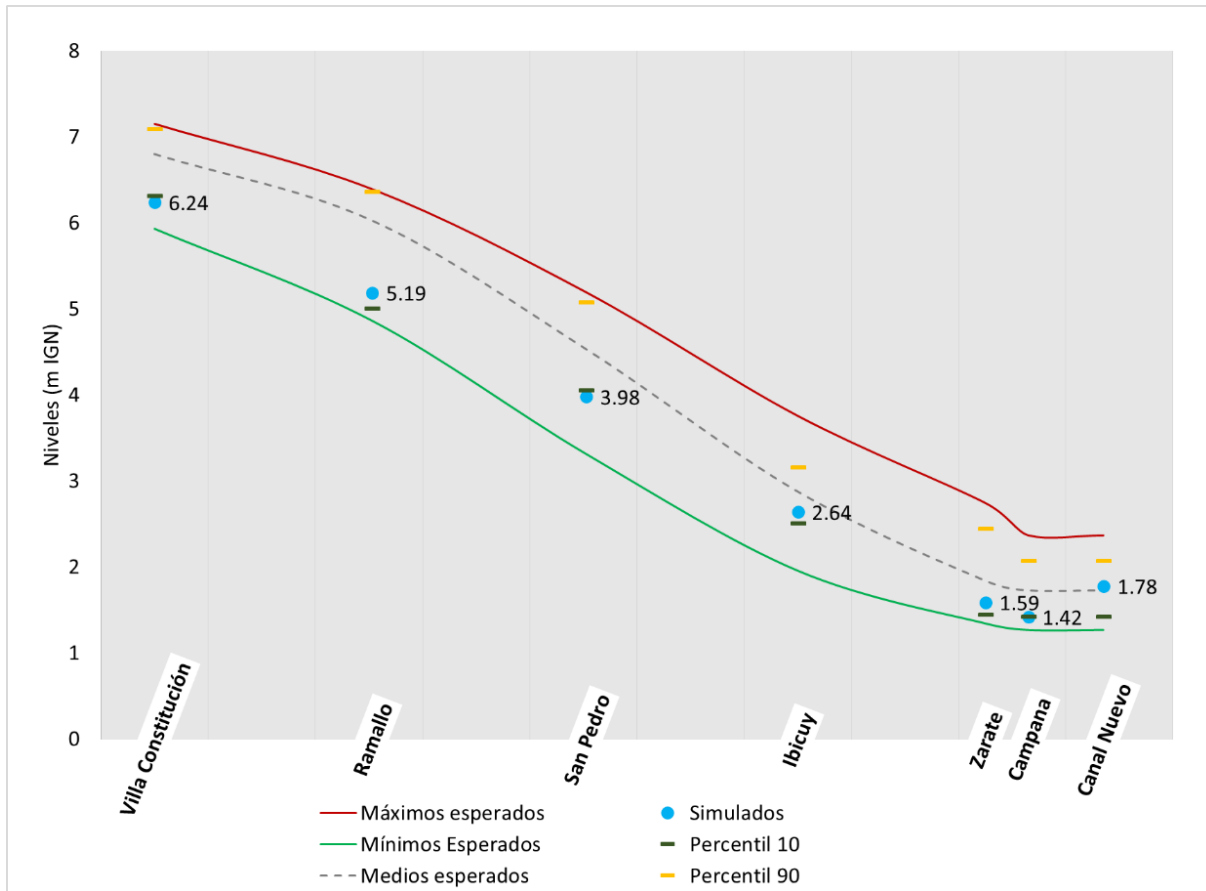


Figura 3.6: niveles máximos y mínimos esperados vs niveles simulados para condiciones de contorno: Caudal 17100 m³/s y niveles medios en el frente del Delta

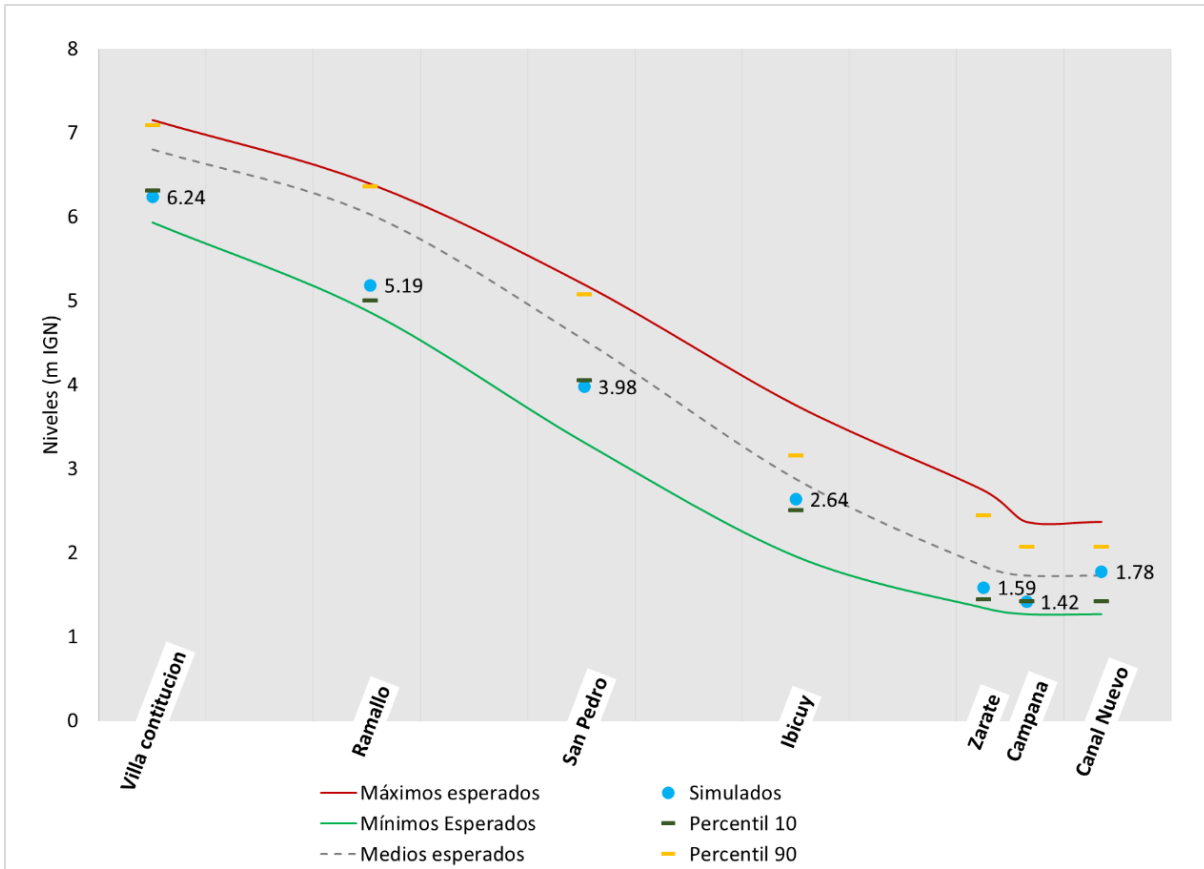


Figura 3.7: niveles máximos y mínimos esperados vs niveles simulados para condiciones de contorno de Caudal 25000 m³/s y niveles medios en el frente del Delta

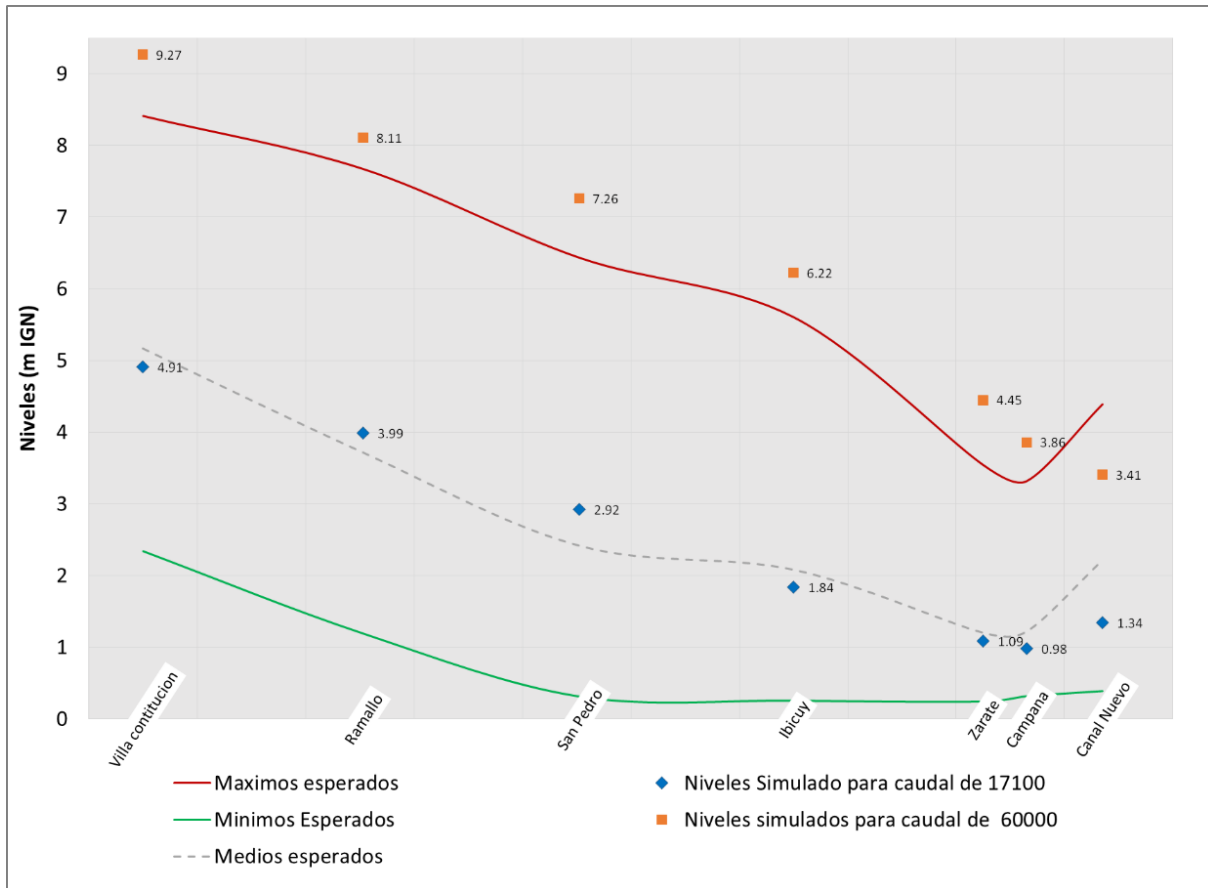


Figura 3.8: niveles máximos y mínimos históricos en estaciones de observación vs niveles simulados

4. RESULTADOS

Para la evaluación de resultados se identificaron indicadores que permitieron comparar los impactos de cada uno de los escenarios planteados.

Se obtuvieron resultados comparables de niveles en estaciones de observación, áreas de afectación y profundidad de agua en todo el dominio.

Otro indicador de relevancia es la permanencia de agua en cada zona. En el presente trabajo no fue posible obtenerlo debido a que todas las simulaciones se realizaron en régimen permanente. Para poder obtenerlo se debería ingresar a la modelación series de caudales y niveles variables.

4.1. Niveles

De las simulaciones se obtuvo los niveles en las estaciones de observación. Se verifica un aumento de nivel para cada una de las intervenciones antrópicas planteadas.

Los mayores efectos se visualizan, según la **Figura 4.1**, para la simulación con endicamientos y la combinación de intervenciones. Mientras que el mínimo impacto en los niveles en las estaciones de observación se dio para la intervención de la Conexión Internacional Nueva Palmira (CINP).

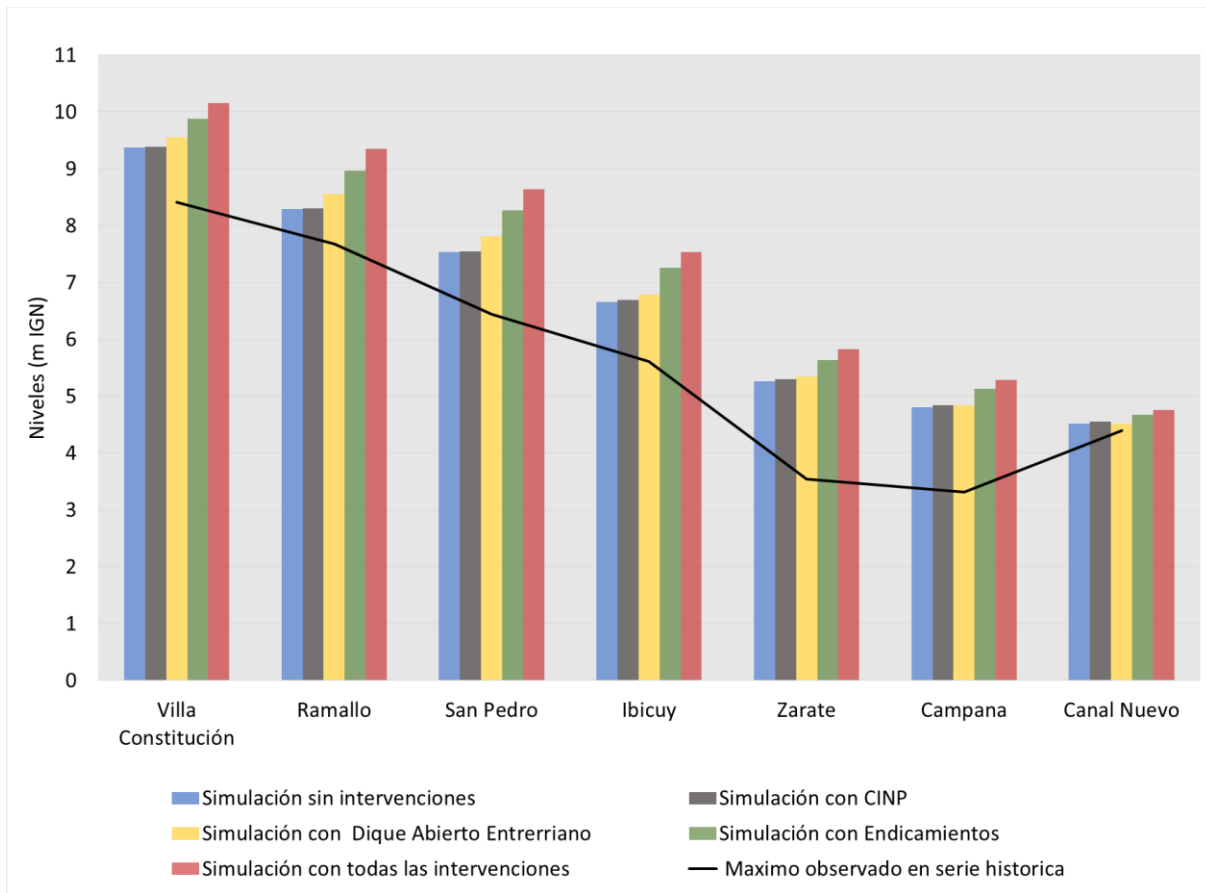


Figura 4.1: niveles simulados en estaciones de observación en los diferentes escenarios.

Por otro lado en la **Figura 4.2** se visualiza la variación de nivel en estaciones de observación para escenarios con las siguientes condiciones de contorno:

- Caudales medios y niveles medios en el frente del delta,
- Caudales extremos y niveles de sudestada en el frente del delta.

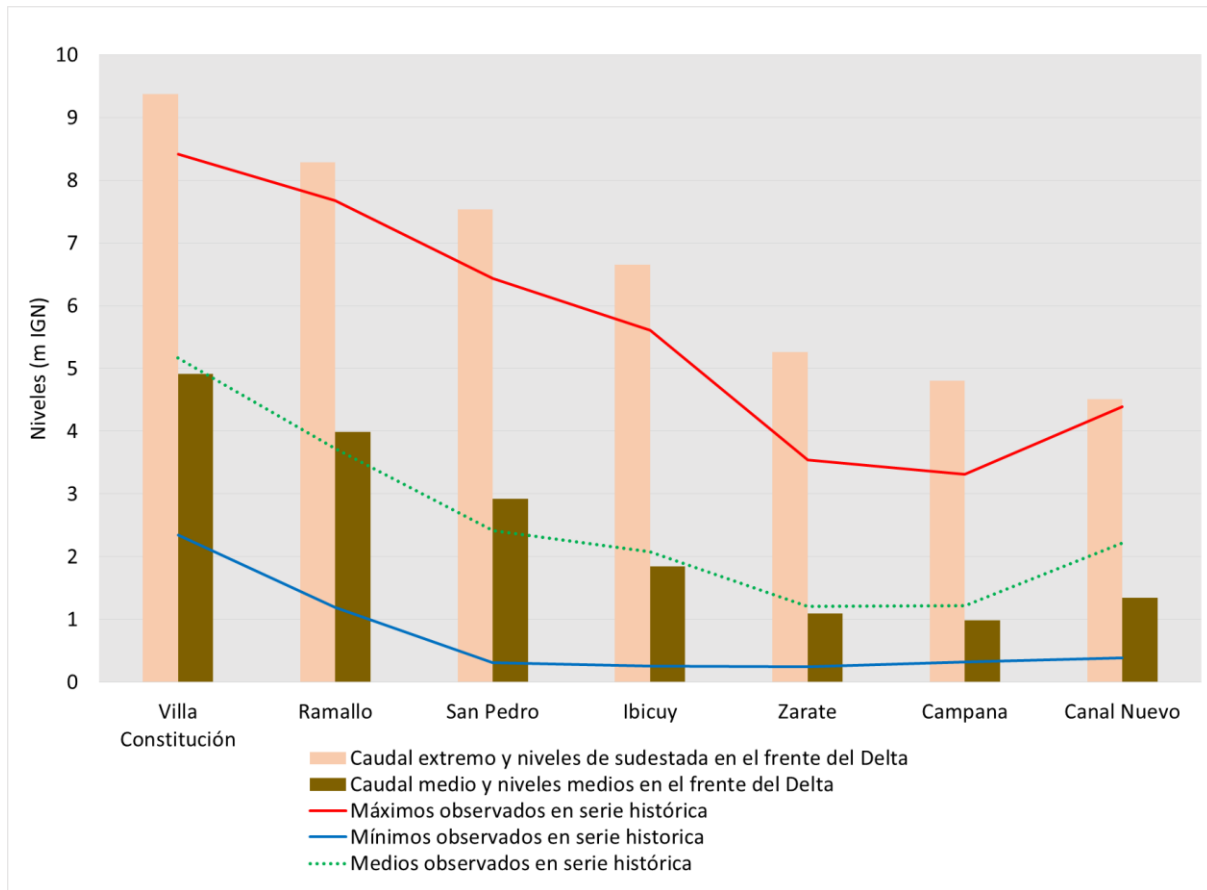


Figura 4.2: Niveles simulados para condiciones normales y extremas.

4.2. Áreas de afectación

De los resultados obtenidos se estimaron las áreas inundadas en cada simulación y se realizó la comparación.

En la **Figura 4.3** y **Figura 4.4** se expresan las superficies afectadas por inundación en cada simulación para el dominio modelado.

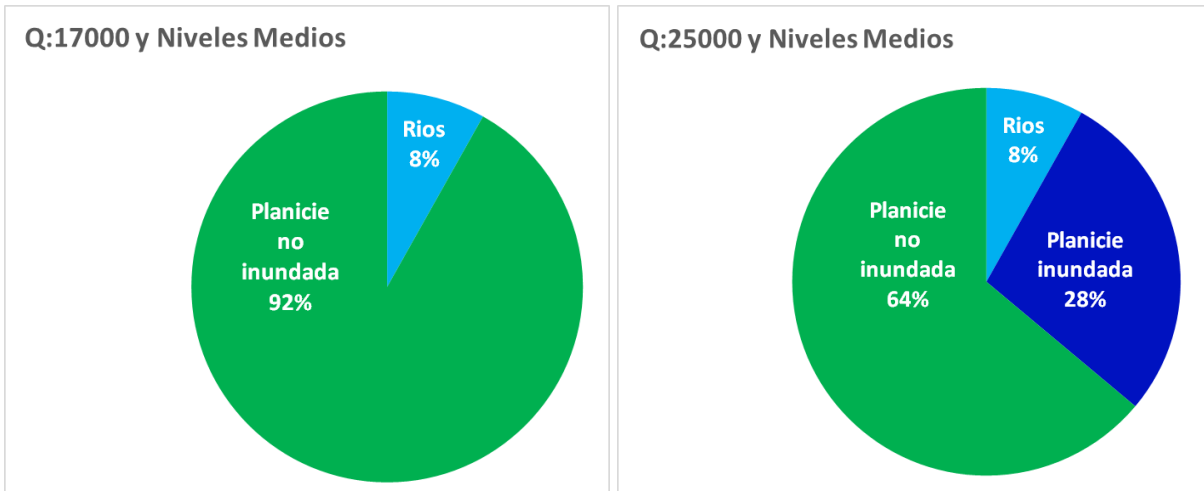


Figura 4.3: Zonas afectadas para niveles normales en el frente del delta

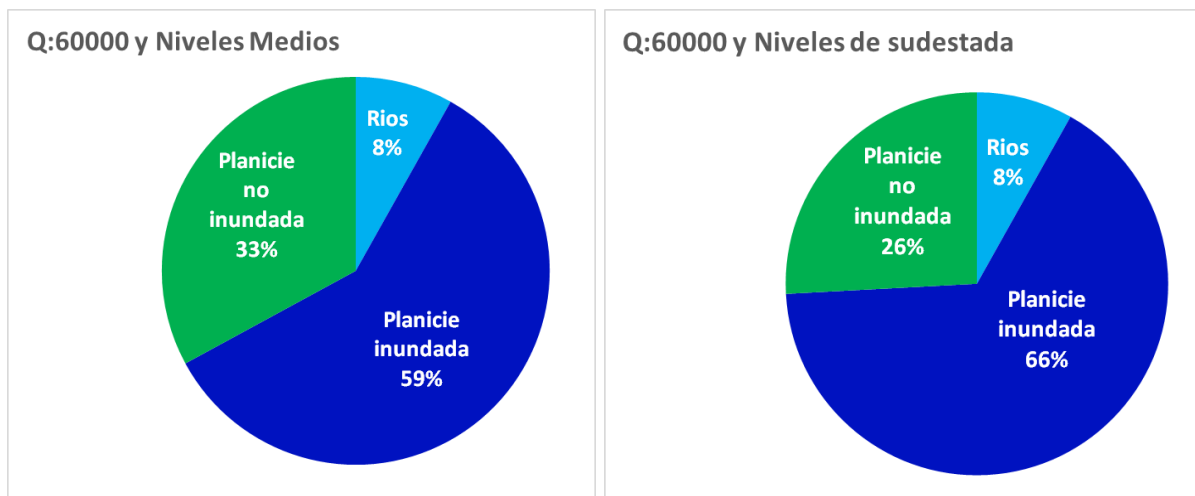


Figura 4.4: zonas afectadas para caudales extremos en el Rio Paraná a la altura de Arroyo Seco.

4.3. Profundidad del agua

A continuación en los gráficos de variación de profundidad de agua, se identifican las zonas de planicie en las que se produce inundación.

En la **Figura 4.5** para caudales de entrada de 17100 m³/s el nivel de agua es mayor a cero en las zonas definidas como ríos mientras que para caudales de 25000 m³/s (**Figura 4.6**) existen áreas de planicie con profundidad de agua.

Para caudales de 60000 m³/s se visualiza las zonas inundadas en el caso de niveles normales (**Figura 4.7**) y niveles de sudestada (**Figura 4.8**). La principal diferencia se identifica en el frente del Delta.

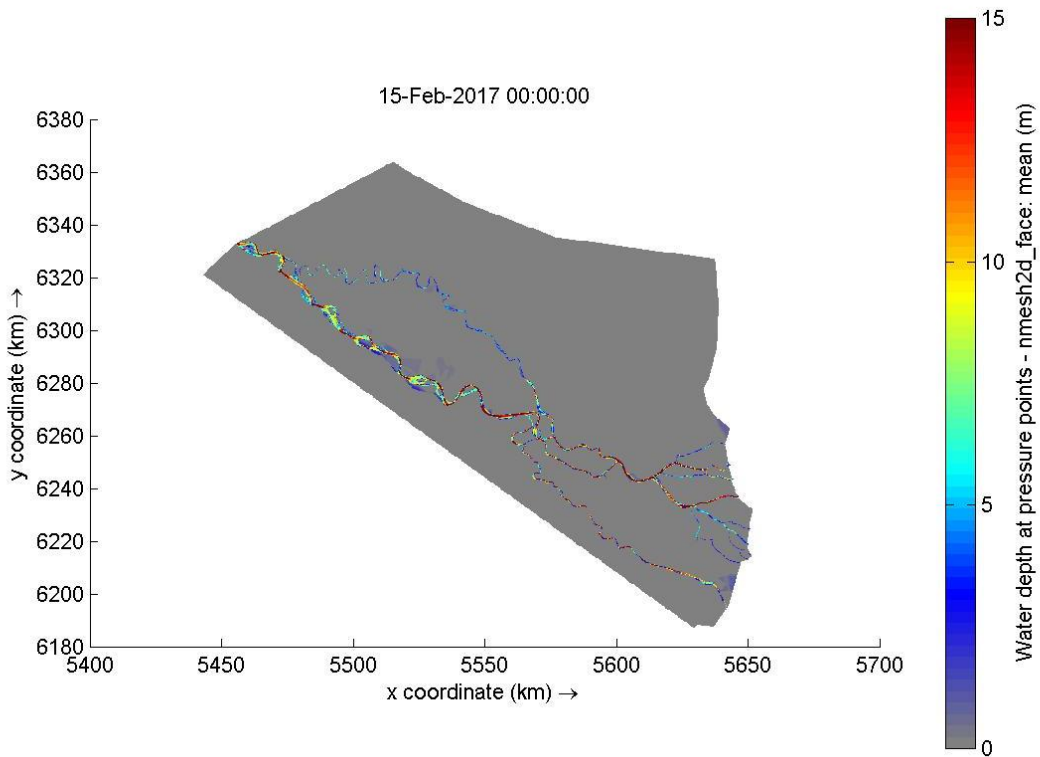


Figura 4.5: profundidad de agua en condiciones de caudal y niveles medios.

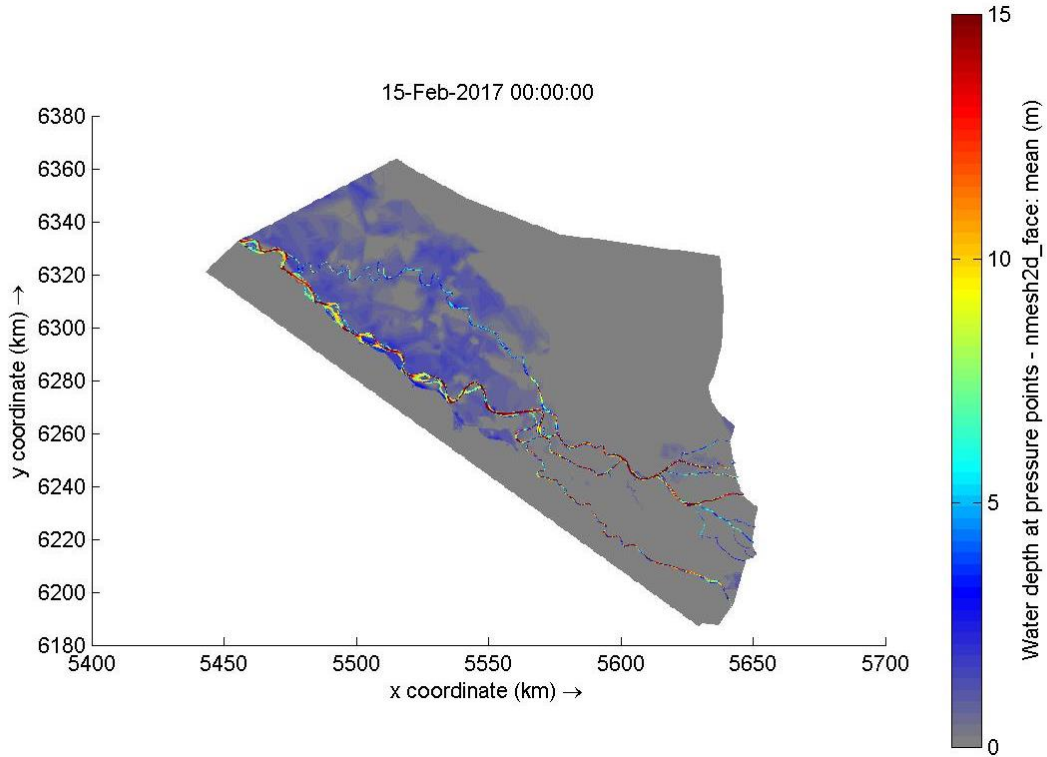


Figura 4.6: profundidad de agua en condición de caudal de 25000 m³/s y niveles medios.

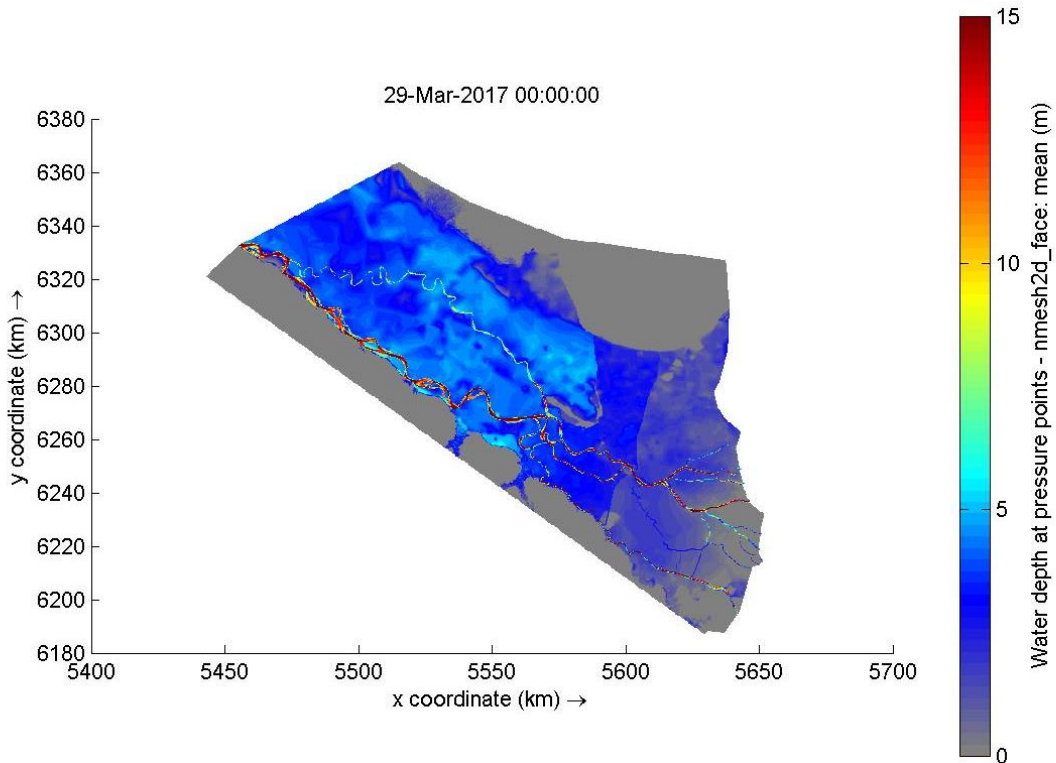


Figura 4.7: profundidad de agua en condición de caudal de 60000m³/s y niveles medios.

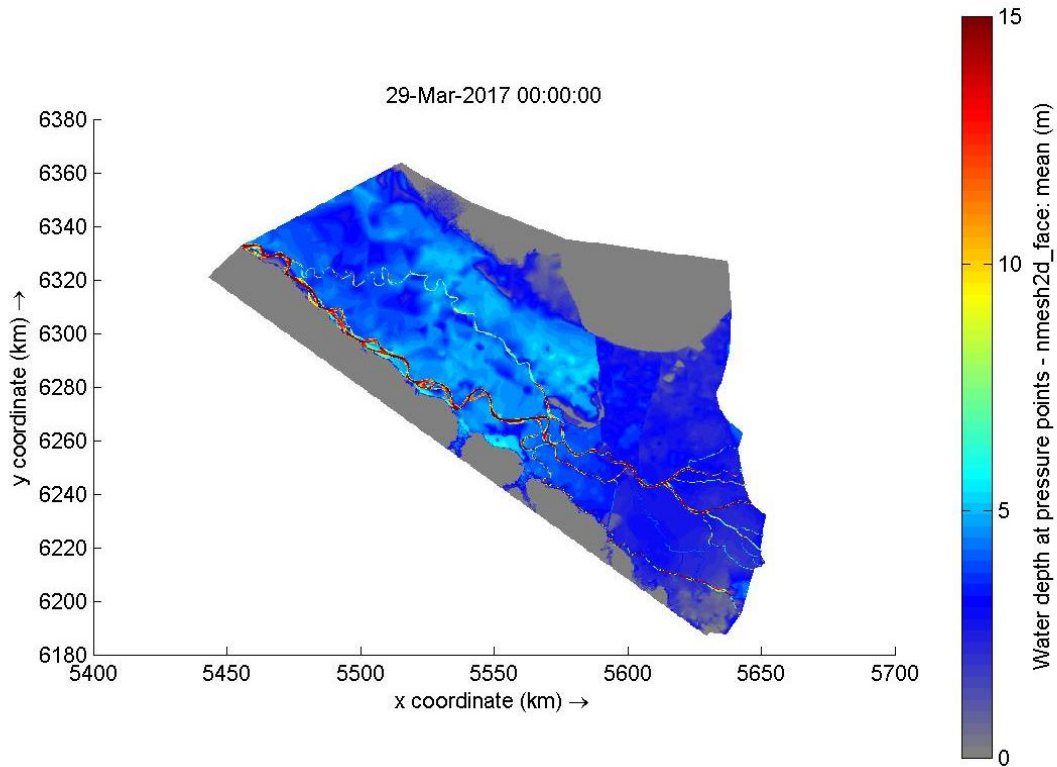


Figura 4.8: profundidad de agua en condición de caudal de $60000\text{m}^3/\text{s}$ y niveles de sudestada.

Para los escenarios con intervenciones antrópicas puede observarse que el Dique abierto Entrerriano funciona como parapeto al ingreso de agua por crecidas del Paraná pero no tiene efectos en el avance del agua dado por inundaciones debidas a sudestadas (**Figura 4.9; Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En la simulación con endicamientos, en cambio, se observa que evitan el avance de agua proveniente de fenómenos de crecida o sudestada (**Figura 4.10**). Para las mismas condiciones, la CINP no representa una barrera física de relevancia (**Figura 4.11**) al avance del agua.

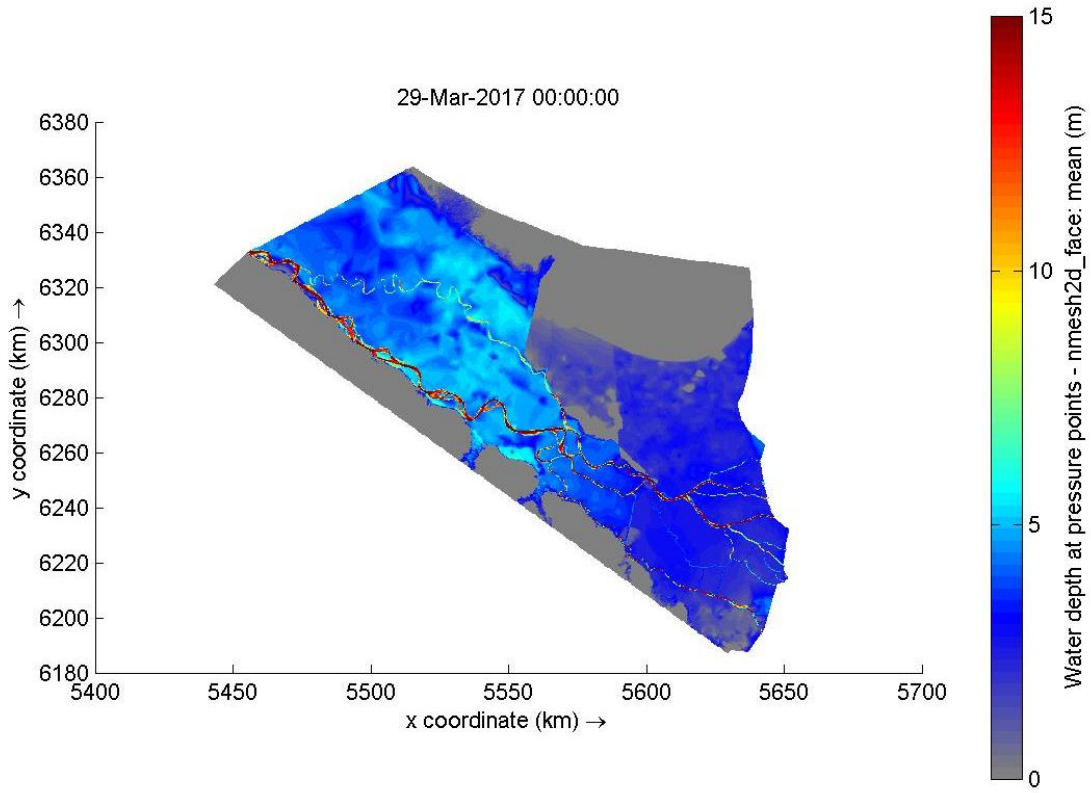


Figura 4.9: profundidad de agua en simulación con Dique abierto Entrerriano.

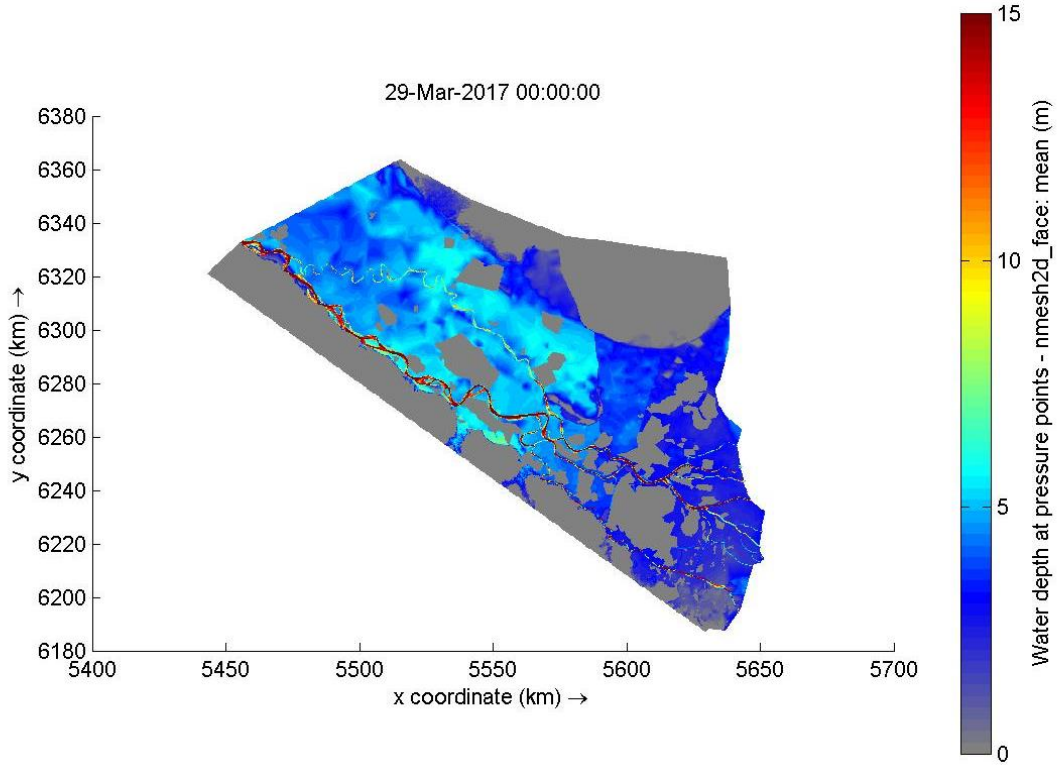


Figura 4.10: profundidad de agua en simulación con endicamientos.

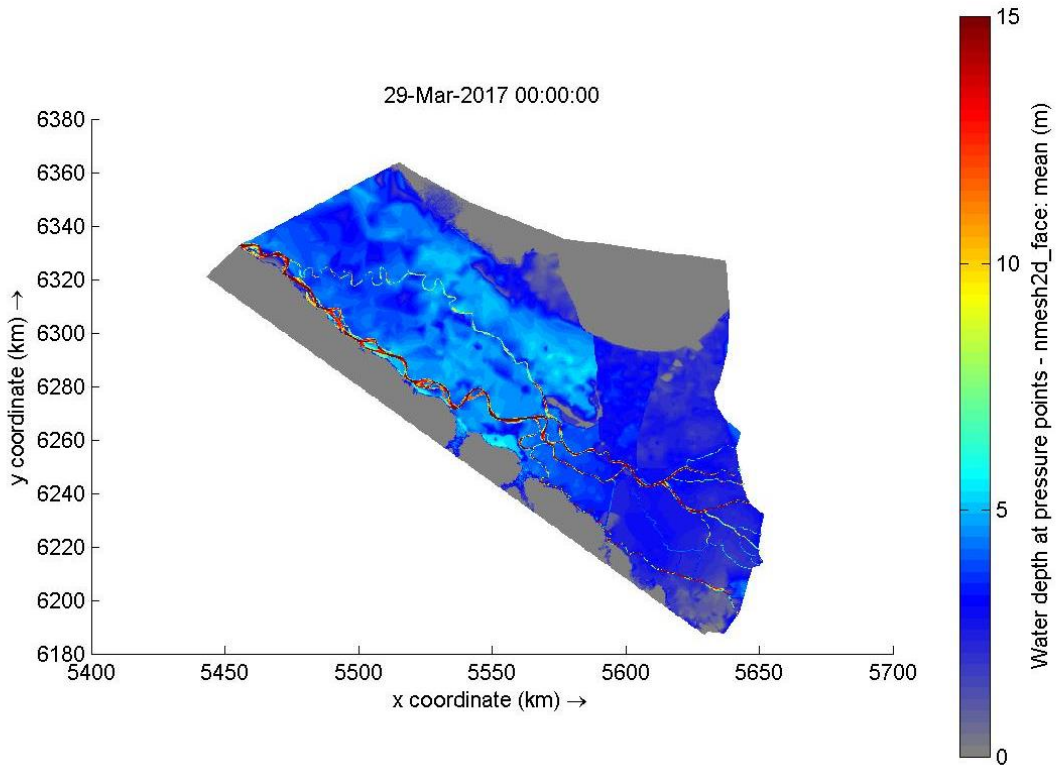


Figura 4.11: profundidad de agua en simulación con la CINP

5. CONCLUSIONES

La implementación de un modelo hidrodinámico bidimensional resulta una herramienta óptima para evaluar impactos de inundaciones ante intervenciones antrópicas.

Los resultados de las simulaciones expresan que, todos los escenarios que representan modificaciones antrópicas elevan los niveles de agua, en mayor o menor medida, respecto a la simulación sin intervenciones. La intervención con menores efectos ante las condiciones planteadas es la CINP.

Las características del Delta del Paraná con su gran extensión, la acotada información disponible y las limitaciones temporales en este proyecto condujeron a la toma de decisiones simplificadoras en la modelación con el fin de obtener resultados acordes al nivel de respuesta deseable pero imposibilitaron un análisis con mayor grado de detalle.

Las consideraciones para llevar adelante una mejora de la modelación contemplan:

- Mejoras en la información disponible y datos base: MDE y análisis de datos de una mayor cantidad de estaciones de observación.
- Mejoras en el modelo propiamente dicho: Incorporación de topobatimetría en el Delta superior y cursos de agua secundarios en todo el Delta; el ajuste de la malla con el fin de bajar los costos computacionales y conseguir una mejor representación de cauces secundarios.
- Mejoras en el proceso de simulación: realizar calibración y simulaciones en régimen impermanente que permitan evaluar la permanencia de inundaciones en zonas de planicie.

REFERENCIAS

- Badano, N. D., Sabarots Gerbec, M., Re, M., Menéndez, A. N., Garcia, 2012. A coupled hydrosedimentologic model to assess the advance of the Parana River Delta Front. Proceedings of the Sixth International Conference on Fluvial Hydraulics, San José, Costa Rica.
- Castro, L. S., Garcia, P.E., Menéndez, A.N., Sabarots Gerbec, M., 2018. Informe01, Base de datos Georeferenciada del Delta del Paraná. Delta del Paraná: Proyectos estratégicos para el desarrollo sustentable. INA.
- Castro, L. S., Garcia, P.E., Menéndez, A.N., Sabarots Gerbec, M., 2018. Informe final, Delta del Paraná: Proyectos estratégicos para el desarrollo sustentable. INA.
- Basiel, P. A., Ricardi, G., Peruzzo, F., Trivisonno, F., 2015. Modelación Hidrodinámica de un Tramo del río Paraná Inferior. Séptimo simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos.
- Kandus, P., Minotti, Priscilla., 2010. Distribución de terraplenes y áreas endicadas en la región del Delta del Paraná. Capítulo 2. Endicamientos y terraplenes en el Delta del Paraná: situación, efectos ambientales y marco jurídico. Wetlands International.
- Lecertua E., 2010. Análisis de riesgo de duración de inundaciones en las áreas costeras del Río de la Plata considerando Cambio Climático. Tesis de grado. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
- Rodriguez, A., Hillman, G., Farías, D., Brea, D., Bravo, H. R., Pagot, M., & Huerta, P., Simulación hidrodinámica de un tramo medio del río Paraná para la interconexión vial Goya Reconquista. Mecánica Computacional, 23, 1325-1342.
- Sabarots Gerbec, M., 2014. Estudio de la dinámica superficial de la red de canales del Delta Medio del río Paraná. 2do Encuentro de investigadores en formación en recursos hídricos.
- Sabarots Gerbec, M., Re, M., Garcia, P.E., Morale, M., Storto, L., Irigoyen, M., Gatti, G., Bernal, J., Hergenreder L., 2018. Campañas de aforos líquidos Delta del río Paraná 2016-2017. Informe Final. Proyecto INA 373. Informe LHA 03-373-18.
- Sabarots Gerbec, M., Re, M., Garcia, P.E., Storto, L., 2017. Modelo Digital de Elevación del Delta del río Paraná. Informe final. Proyecto INA 373. Informe LHA 01-373-17.