Global Gateway

Cofinanciado por la Unión Europea

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

PROGRAMA EUROCLIMA

Informe de entrega de productos

RESUMEN EJECUTIVO MODELO DE DETALLE DE CALIDAD DE AGUA EN LA TOMA HERNÁNDEZ

Nombre de la consultoría: Modelación hidrológica e hidrodinámica del río Paraná y modelo de detalle de calidad de agua en la Toma Hernández para distintos escenarios de clima futuro

Fecha: 30 de abril de 2026

País: Argentina

Producido: Instituto Nacional del Agua

Implementado por:

aecid
Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo

INA
Instituto Nacional del Agua

Este informe se ha elaborado para el Programa EUROCLIMA de la Unión Europea.

Se enmarca en la acción Apoyo a la *Territorialización de la Acción Ambiental con foco en Adaptación al Cambio Climático*, que se desarrolla dentro del proyecto "Estudios para mejorar la gestión del agua en un contexto de cambio climático"

AUTORIDADES del INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

PRESIDENTE (A/C del despacho)
Lic. Bartolomé HEREDIA

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS
Lic. María de las Mercedes CURBELLO

SUBGERENTE LABORATORIO DE HIDRÁULICA
Dr. Ing. Pablo Ezequiel GARCÍA

SUBGERENTE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS
Bioq. Yanina EL KASSISSE

SUBGERENTE CENTRO REGIONAL LITORAL
Ing. Jorge COLLINS

PERSONAL PARTICIPANTE EN LA REALIZACIÓN DEL SIGUIENTE TRABAJO

SUBGERENCIA LABORATORIO DE HIDRÁULICA

Téc. Fernando Gustavo Pereyra

PROGRAMA HIDRÁULICA COMPUTACIONAL

Mag. Lic. Nicolás E. ORTIZ
Dr. Ing. Pablo E. GARCIA
Ing. Martín SABAROTS GERBEC
Ing. Santiago GUIZZARDI
Mag. Ing. Mariano RE

SUBGERENCIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS

LABORATORIO EXPERIMENTAL DE TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES

Sra. Silvia MOYANO
Lic. Carolina MUJICA
Téc. Qco. Nelson DIAZ
Lic. Bárbara GOMEZ
Lic. Marisol REALE
Sr. Germán LOZA
Téc. Qca. Lorena MARQUINA
Dra. Virginia ZAPLARA
Lic. Valeria RODRIGUEZ SALEMI

SUBGERENCIA CENTRO REGIONAL LITORAL

Lic. Esteban COLLINS
Ing. Rosana MAZZON
Ing. Jorge COLLINS
Dra. Silvia RAFAELLI

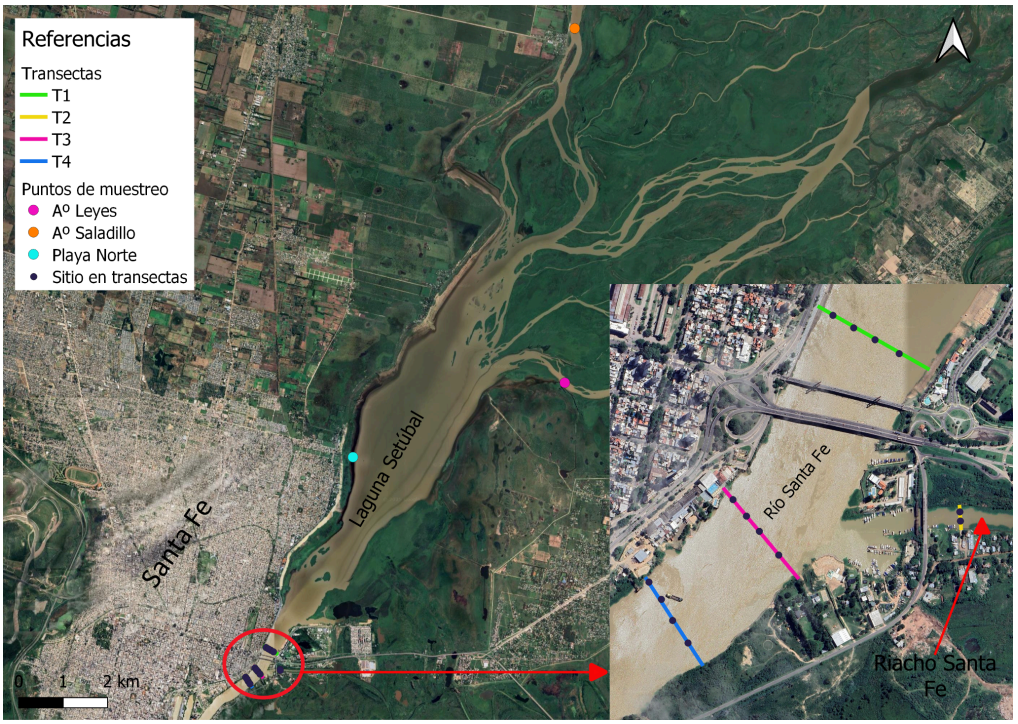
INFORME ELABORADO POR:

Lic. Bárbara M. GOMEZ
Lic. Marisol REALE
Lic. Valeria RODRIGUEZ SALEMI
Ing. Martín SABAROTS GERBEC

RESUMEN EJECUTIVO

En septiembre de 2025 se realizó la campaña de calidad de agua, en conjunto con el relevamiento hidrométrico, con el objetivo de generar datos para la calibración y validación del modelo de detalle de calidad de agua en la Toma Hernández.

La selección de sitios tuvo como objetivo específico caracterizar la calidad del agua en la toma e identificar aportes de afluentes con potencial influencia sobre la misma. El diseño de muestreo contempló cuatro Transectas (T) principales y tres puntos aguas arriba. En las transectas T1, T3 y T4 se tomaron cuatro muestras distribuidas transversalmente, lo que permitió representar la heterogeneidad lateral del cuerpo de agua sin incluir puntos en los extremos. En T2, debido a su menor ancho, se tomaron únicamente dos muestras distribuidas en la sección. Se tomaron tres muestras puntuales aguas arriba de la transecta T1: Arroyo Saladillo, Arroyo Leyes y Laguna Setúbal (margen derecho), altura Playa Norte. Durante tres días consecutivos se tomaron muestras en cada sitio, a fin de asegurar la representatividad de las condiciones hidrológicas y de calidad de agua.



Ubicación de los sitios muestreados

Se analizaron los siguientes parámetros físico-químicos mediante mediciones in situ, determinaciones en campo y análisis de laboratorio: pH, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), turbidez, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO), ortofosfatos, nitratos, amonio, cloruros, materia orgánica, Carbono Orgánico Disuelto (COD), clorofila, feofitina, hierro y manganeso (totales y disueltos).

Para la interpretación de resultados, se elaboraron gráficos de todas las variables por sitio para definir su perfil, gráficos de puntos con barras de error para la comparación entre sitios, y se calcularon y representaron las cargas másicas (excepto en Laguna Setúbal —Playa Norte— y en el riacho Santa Fe —T2—). Además, se aplicó un PCA y se contrastaron los resultados, mediante gráficos de box plot, con los registros históricos de ASSA y con datos de la campaña del proyecto antecedente (SDP N°23/2022 - “Estudio sobre variables de diseño para la provisión de agua potable en las principales

localidades sobre el Río Paraná para distintos escenarios de clima futuro (etapa 1) - Proyecto ARG19003: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático").

Los resultados evidenciaron composiciones fisicoquímicas contrastantes entre los afluentes. El arroyo Saladillo presentó las mayores concentraciones de CE, cloruros, turbidez, DQO, MO, nitratos, amonio, hierro y manganeso totales, así como de clorofila a. En cambio, el arroyo Leyes mostró valores bajos en la mayoría de las variables, excepto en hierro disuelto, donde superó al Saladillo. Si bien en el punto muestreado del Saladillo podría existir cierta mezcla con el Leyes, ambos cursos mantienen composiciones diferenciadas.

En la margen derecha de la Laguna Setúbal, a la altura de Playa Norte, se registraron valores incluso superiores a los del Saladillo en la mayoría de los parámetros, lo que sugiere aportes adicionales vinculados a áreas urbanas y periurbanas de esa margen.

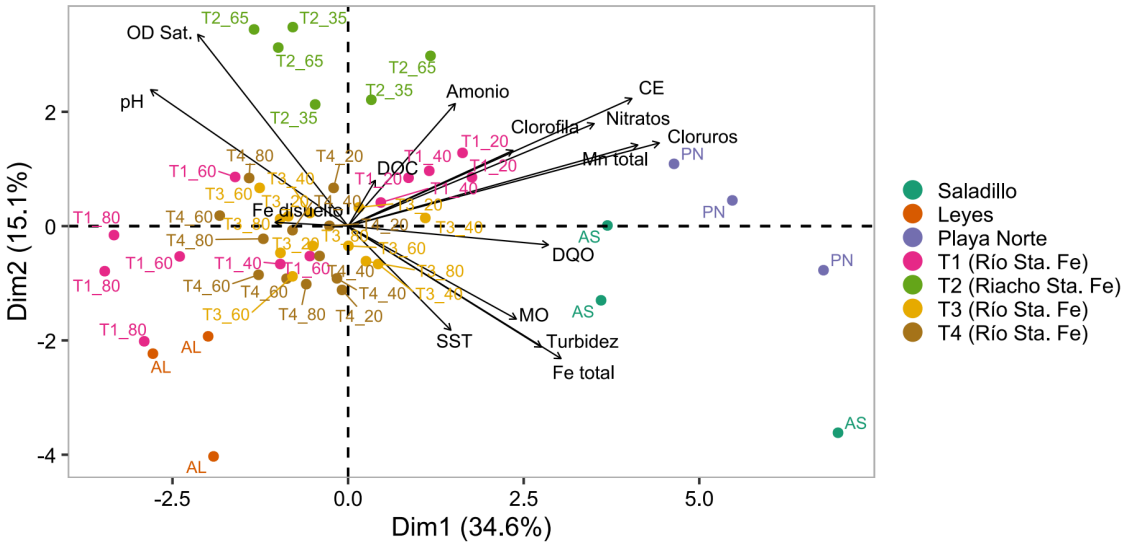
En el río Santa Fe, aguas arriba del Puente Colgante (T1), se observó un marcado gradiente lateral, con concentraciones más altas en la margen derecha que disminuyeron hacia la izquierda, reflejando la confluencia y mezcla de los aportes del Saladillo y del Leyes. Este patrón se evidenció en CE, turbidez, cloruros, MO, nitratos, amonio, hierro y manganeso totales. En cambio, en las secciones aguas abajo, a la altura del Club Regatas (T3) y de Toma Hernández (T4), las condiciones fueron más homogéneas entre márgenes, en concordancia con un mayor grado de mezcla en el cauce principal.

El Riacho Santa Fe (T2), aunque en algunos parámetros presentó valores cercanos a los del Saladillo, mostró un comportamiento diferenciado por su condición hidrodinámica: al no presentar flujo durante el muestreo, actuó como un cuerpo aislado del sistema principal.

En cuanto a los metales pesados analizados, en todos los sitios se encontraron mayoritariamente asociados a la fracción particulada.

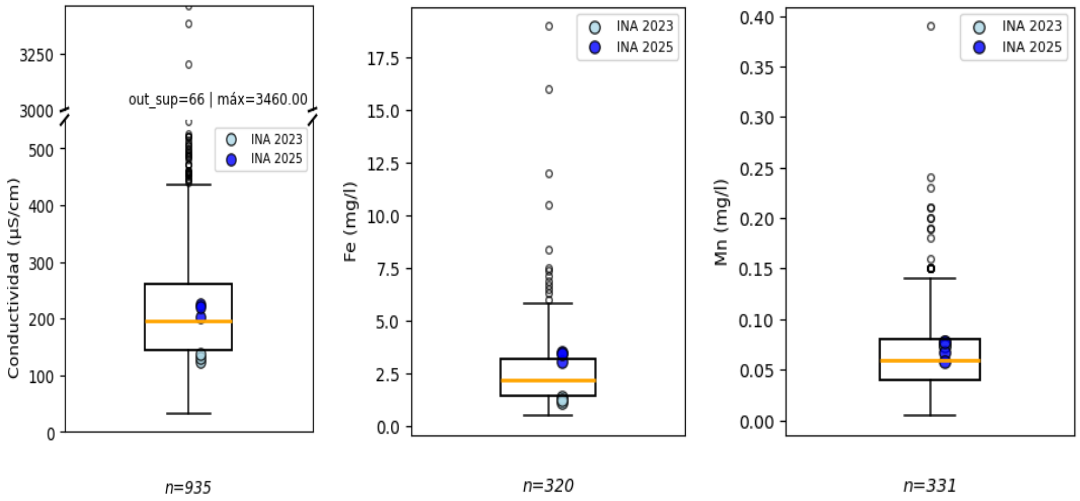
Los resultados de cargas másicas reforzaron los patrones espaciales observados.

El PCA confirmó contrastes claros entre algunos sitios. El primer componente separó a Saladillo y a Playa Norte del arroyo Leyes, reflejando diferencias en su composición fisicoquímica, debido a que el Leyes constituye un brazo derivado del río Paraná, mientras que el Saladillo es drenaje de una subcuenca con atributos propios, aun cuando en el punto muestreado pudiera existir algún grado de mezcla. Los sitios del cauce principal se ubicaron en posiciones intermedias, evidenciando condiciones de mezcla.



Análisis de componentes principales de la composición fisicoquímica del agua.

La comparación de los resultados de esta campaña con los registros históricos de ASSA y con la campaña INA 2023 (proyecto antecedente SDP N°23/2022) mostró una buena correspondencia entre parámetros, que se ubicaron dentro de los rangos típicos del sistema y sin desviaciones significativas.



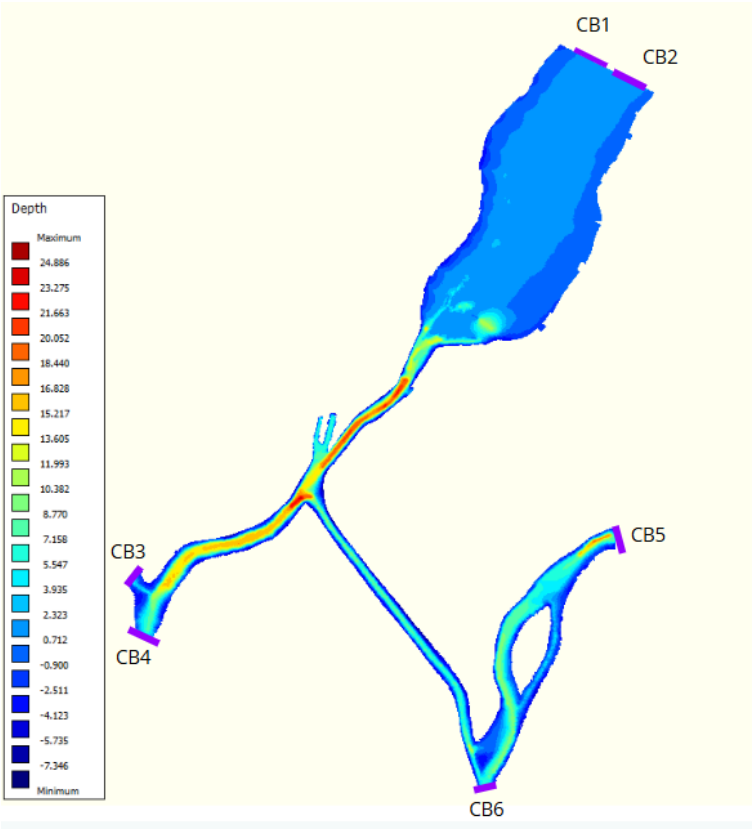
Boxplot general de datos históricos (serie de 20 años) de ASSA, INA 2023 e INA 2025 de CE, Fe y Mn totales.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten caracterizar la distribución espacial de las condiciones fisicoquímicas en el área de captación de la Toma Hernández, reflejando la influencia diferenciada de los afluentes, la mezcla gradual en el cauce principal y un posible aporte adicional asociado a la urbanización de la margen derecha. Esta información constituye una base técnica esencial para la calibración y validación del modelo de detalle de calidad de agua.

Además de las tareas de relevamiento de calidad de agua, en la toma Hernández se llevó a cabo un relevamiento hidrométrico de detalle que incluyó mediciones de caudales, velocidades y batimetría en distintos puntos.

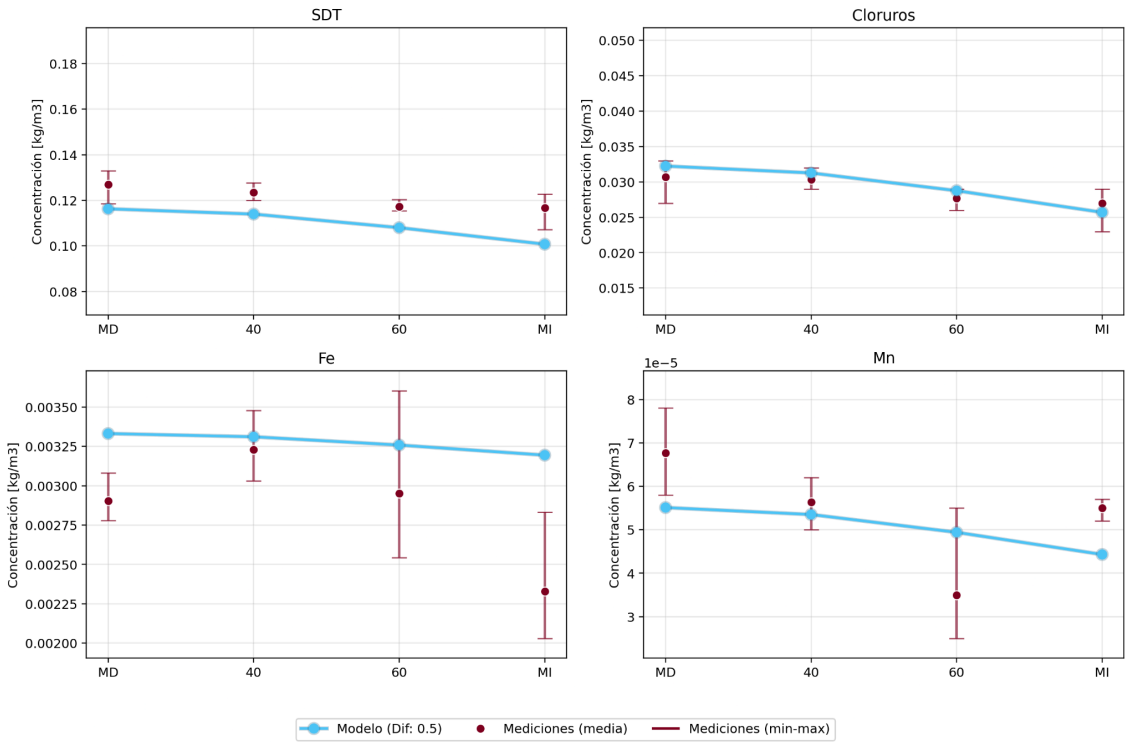
La información obtenida fue utilizada para la calibración y validación de un modelo hidrodinámico bidimensional (2D) de detalle, orientado al análisis de la calidad de agua. Dicho modelo abarca el área que se muestra en la figura correspondiente, donde

también se indican las condiciones de borde a través de las cuales se incorporan los forzantes del sistema.



Condiciones de borde utilizadas.

Se obtuvo un ajuste satisfactorio tanto en la hidrodinámica como en el transporte de contaminantes. La validación se realizó en todas las transectas medidas, verificando una adecuada concordancia entre resultados simulados y observados. A modo de ejemplo, en la figura siguiente se presentan los resultados correspondientes a la sección de la toma.



(c)

Concentraciones De distintos parámetros en transecta coincidente con la toma

A partir de los distintos escenarios futuros simulados en el modelo hidrodinámico, se definieron las condiciones de borde de nivel y caudal para el modelo de detalle. Asimismo, se impusieron condiciones de concentración de calidad de agua acordes a cada situación hidrológica, las cuales fueron establecidas a partir de datos históricos provistos por la prestataria. En este proceso se consideró el origen de las concentraciones de cada parámetro con el fin de acotar el análisis, asociando, por ejemplo, el aporte del río Bermejo a concentraciones de hierro (Fe) y los aportes de los Saladillos a sólidos disueltos totales (SDT).

Adicionalmente, se incorporaron posibles cambios morfológicos de la laguna a largo plazo, evaluados mediante la utilización de una batimetría modificada correspondiente al horizonte futuro de mayor plazo.

La figura correspondiente muestra la distribución de concentraciones de hierro (Fe) para uno de los escenarios analizados. Este procedimiento se replicó para las distintas condiciones futuras, seleccionadas a partir del análisis de anomalías de caudales.

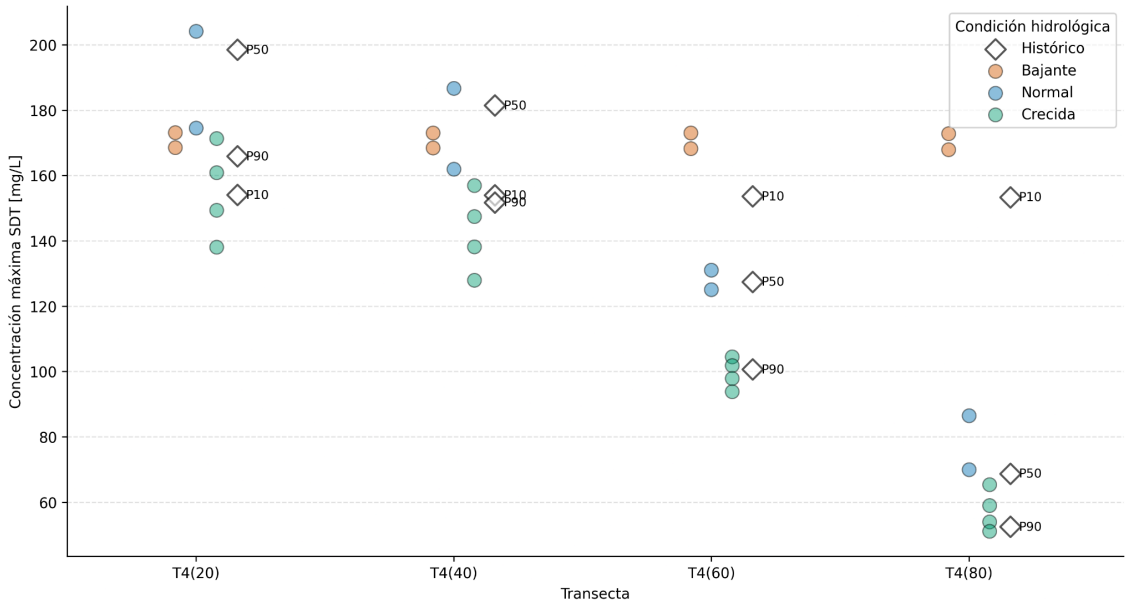


Distribución espacial de Fe - Escenario histórico bajante (p10).

De la evaluación de los escenarios futuros se identificaron condiciones en las cuales la mezcla no resulta completa, en particular debido a la influencia de los procesos de sedimentación en la laguna. Asimismo, se observa que, en términos generales, las concentraciones se mantienen en valores similares a los actuales, siendo las situaciones

más críticas aquellas asociadas a condiciones de bajante. No obstante, para los escenarios analizados no se evidencian incrementos significativos respecto de las condiciones presentes.

Cabe destacar que las condiciones hidrológicas futuras consideradas presentan una amplitud de caudales menor que la observada en las series históricas, aspecto ya identificado en el desarrollo de las evaluaciones para el conjunto de las tomas. Esto sugiere la conveniencia de incorporar un mayor número de modelos climáticos a fin de capturar una mayor variabilidad del sistema y robustecer los resultados obtenidos.



Concentraciones máximas de SDT en diferentes escenario