

# IMPACTO TRANSFRONTERIZO DE LAS DESCARGAS CLOACALES DE COLÓN Y PAYSANDÚ EN EL RÍO URUGUAY

**Julio Cardini, Alejandro Zabalett, Néstor Oliver, Daniel Mársico, María del Carmen García**  
Grupo de Estudio de la Contaminación del Río Uruguay (GECRU)  
Universidad Tecnológica Nacional, Regional Concepción del Uruguay  
Ingeniero Pereira 676 (CP 3260) TE/Fax: 03442425541 / 03442423803  
e-mail: [juliocardini@ciudad.com.ar](mailto:juliocardini@ciudad.com.ar) / [zabaleta@frcu.utn.edu.ar](mailto:zabaleta@frcu.utn.edu.ar)

Palabras clave: Contaminación Transfronteriza, Modelación, Calidad de Aguas, Río Uruguay

## INTRODUCCIÓN

El río Uruguay es un curso de agua internacional cuya cuenca hidrográfica de 339.000 km<sup>2</sup> forma parte de los territorios de Argentina, Brasil y Uruguay, hasta su desembocadura en el Río de la Plata. El control de la calidad de agua en el tramo medio e inferior del río Uruguay es realizado por la Comisión Administradora del Río Uruguay (C.A.R.U.) debido a que el curso es el límite internacional entre Argentina y Uruguay. Los fenómenos que se producen en el área y que determinan las condiciones de calidad de agua son muy variables en función de los caudales y niveles fluviales, así como de las fluctuaciones horarias y diurnas de los caudales y de las concentraciones de contaminantes en las descargas cloacales. En la UTN-FRCU se desarrolla un proyecto de investigación sobre la contaminación del Río Uruguay a fin de evaluar su impacto en el curso y márgenes del río, particularmente en balnearios. Se utiliza el modelo bidimensional hidrodinámico RMA2 (U.S. Army Corps of Engineers-USACE), el cual permite simular flujos a superficie libre, con movimiento esencialmente horizontal, calcular las velocidades medias del flujo y los niveles de agua mediante el método de elementos finitos. Para simular el transporte de contaminantes se aplica el modelo RMA4 del USACE para resolver la Ecuación de Advección-Dispersión Bidimensional, cuya solución depende de las condiciones de borde impuestas y de los siguientes parámetros:  $D_{lon}$  y  $D_{tran}$  (Coeficientes de dispersión longitudinal y transversal),  $K$  (coeficiente de decaimiento).

Algunos objetivos del proyecto en la segunda fase de 3 años de duración (2002-2004) son:

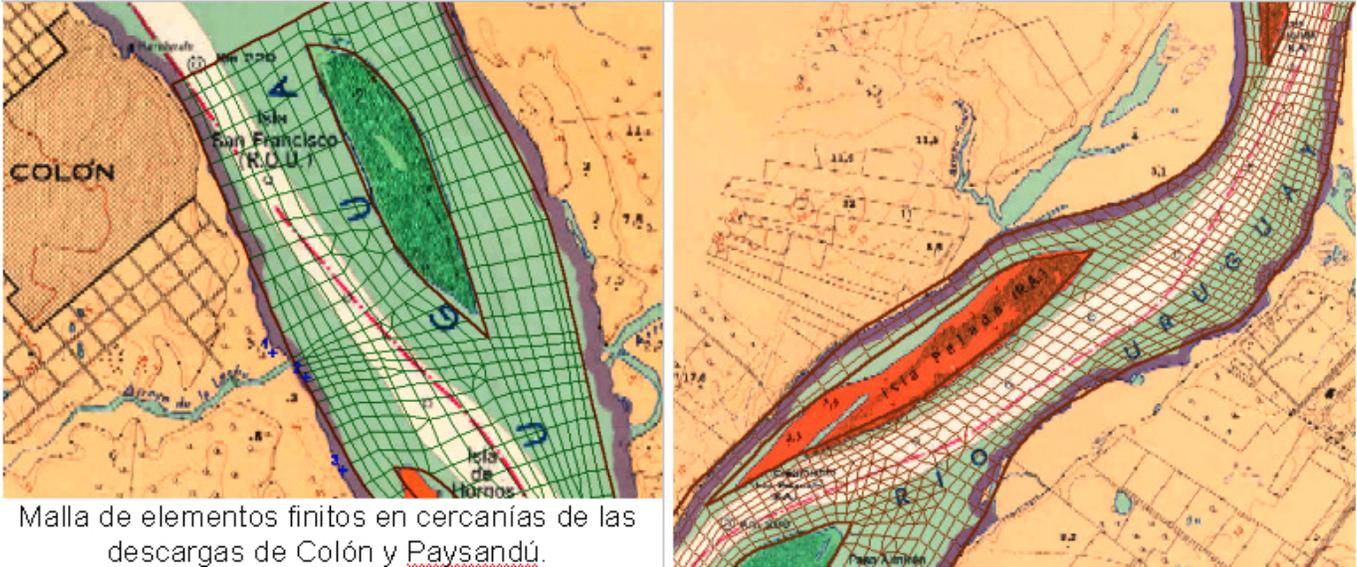
- a) Ampliar la evaluación de la calidad del agua del Río Uruguay para las localidades de Colón, Paysandú, Concordia y Salto, buscando determinar si existe un impacto transfronterizo de la contaminación originada en una de las márgenes sobre la otra.
- b) Determinar el grado de contaminación de las descargas y formas de dispersión, utilizando un modelo numérico bidimensional a fin de evaluar indicadores del grado de contaminación en los tramos cercanos a tomas de agua de las ciudades ribereñas y balnearios turísticos.

Las condiciones de borde que requiere el modelo bidimensional hidrodinámico son generadas por el modelo matemático unidimensional del Río Uruguay MIKE 11 con el que se simuló el tramo Concordia – Nueva Palmira. Con este modelo se simuló también la calidad de agua del río obteniendo interesantes conclusiones en cuanto a las dimensiones y características de las áreas de impacto de las descargas, y a la amplitud y grado de riesgo introducido en áreas costeras de uso recreativo, por los procesos no estacionarios que se producen cuando la corriente se invierte debido a la confluencia de mareas meteorológicas provenientes del Río de la Plata (sudestadas) con caudales bajos en los ríos Uruguay y Gualeguaychú. Se efectuaron recomendaciones a autoridades municipales de Concepción del Uruguay y Gualeguaychú y a la C.A.R.U. sobre los tratamientos de las descargas y/o la reparación de los emisarios.

El presente trabajo trata sobre las conclusiones obtenidas mediante la modelación del impacto de los vertidos cloacales de Paysandú (República oriental del Uruguay) y Colón (República Argentina) sobre las playas de Concepción del Uruguay (República Argentina), involucrando la discriminación entre la contaminación transfronteriza y la originada en fuentes nacionales.

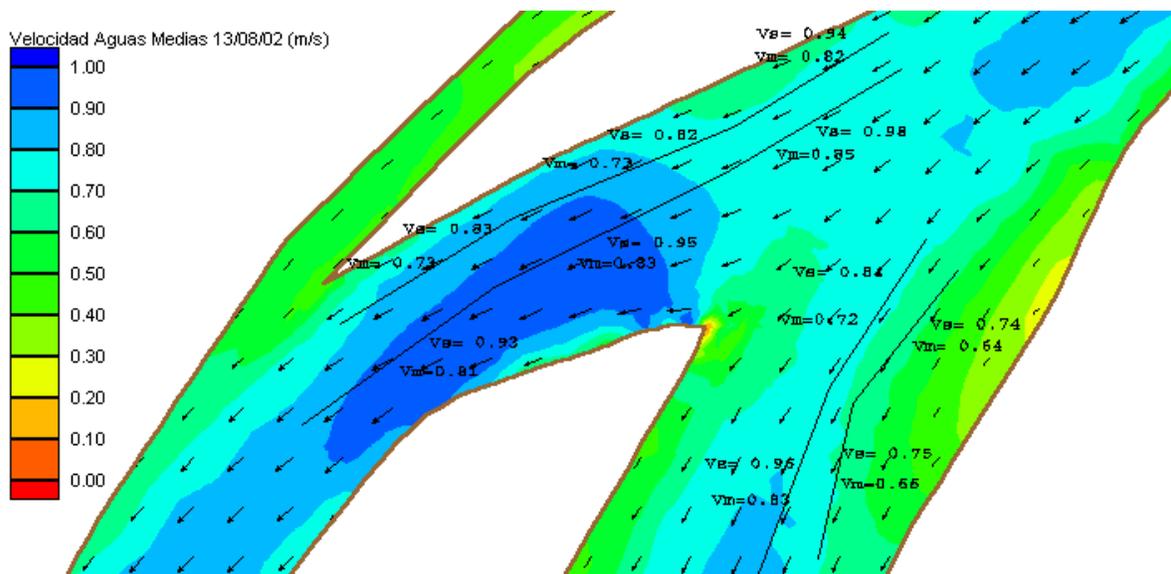
## MODELACIÓN MATEMÁTICA HIDRODINÁMICA DEL RÍO URUGUAY

Mediante el modelo matemático MIKE 11, implementado por el Grupo de Estudio del Río Uruguay (1996-1998), se generaron las condiciones de borde de nivel aguas abajo y caudal aguas arriba para el período 2002-2004, a ser utilizadas por el modelo bidimensional hidrodinámico RMA2 del USACE. Este último programa permite simular flujos naturales a superficie libre, donde el movimiento es esencialmente horizontal, utilizando el método de elementos finitos para calcular las velocidades medias del flujo y los niveles de agua. Los gráficos siguientes ilustran la malla de elementos finitos entorno de las descargas cloacales.



Malla de elementos finitos en cercanías de las descargas de Colón y Paysandú.

La calibración del modelo consistió en el ajuste de los coeficientes de rugosidad de Manning y de dispersión hidrodinámica, hasta obtener una solución estable y con velocidades similares a las medidas mediante corridas de flotadores efectuadas en Junio y Octubre de 2002 y Enero de 2003, bajo condiciones de estiaje, aguas medias altas y crecida extraordinaria.



Ejemplo de ajuste de velocidades medidas flotadores en ambos brazos aguas abajo de Paysandú ( $V_s$ =velocidad medida,  $V_m$ = velocidad media en profundidad estimada).

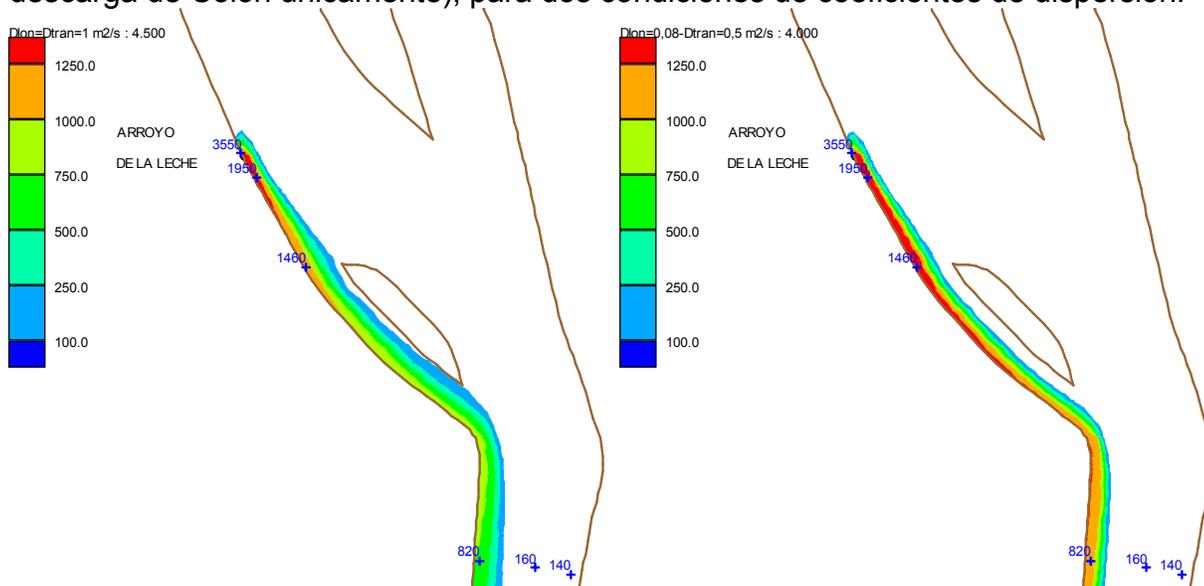
## MODELACIÓN DEL TRANSPORTE DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES

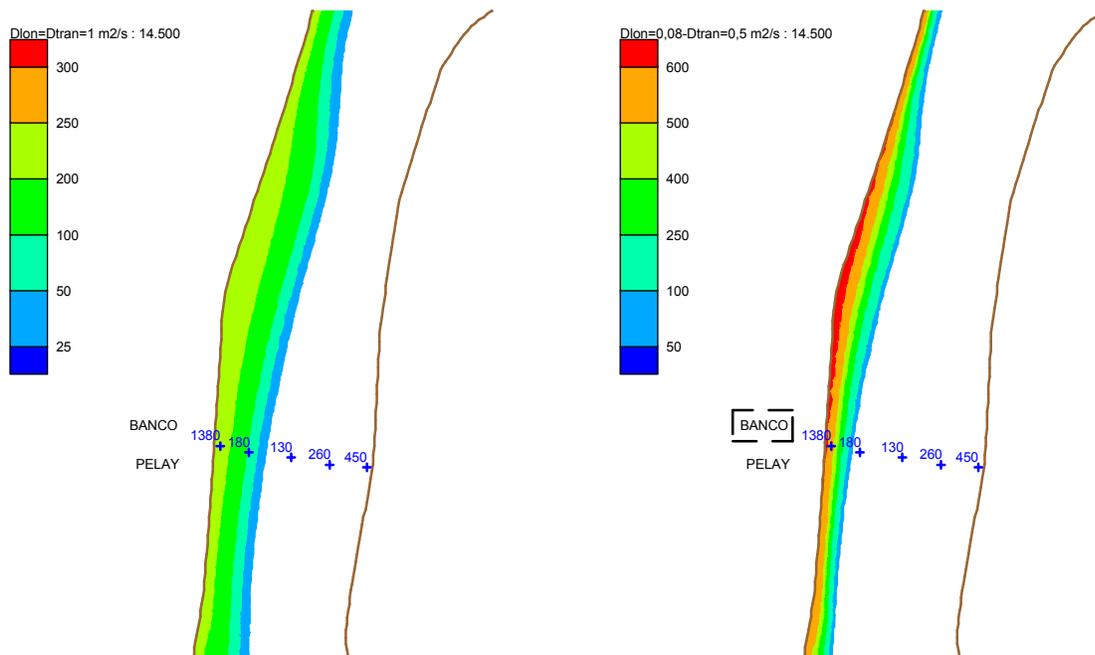
Para simular el problema del transporte de contaminantes en el río se resuelve la Ecuación de Advección - Dispersión Bidimensional aplicando para ello el modelo RMA4 del USACE, el cual permite especificar descargas de contaminantes y calcular su transporte por advección y dispersión, en el campo de velocidades y niveles calculado por el modelo RMA2. Los fenómenos que determinan las condiciones de calidad de agua en la sección transversal del río son muy variables en tiempo y espacio, en función de los caudales y niveles fluviales, así como de las fluctuaciones horarias y diurnas de los caudales y de las concentraciones de contaminantes en las descargas cloacales. La influencia del decaimiento bacteriano en el tramo es también significativa y variable según la estación del año. Se implementó una campaña de mediciones de concentraciones de contaminantes (coliformes fecales) en distintas transectas del río y diferentes condiciones hídricas, y un programa de modelación para alcanzar las conclusiones deseadas con el mayor grado de certeza posible.

Dado que el valor de los coeficientes de dispersión a aplicar no es conocido a priori, se efectuó un análisis de sensibilidad de los resultados del modelo con diferentes valores y criterios de cálculo en función de las condiciones de turbulencia, apreciándose que la magnitud de dichos coeficientes es determinante para definir la forma en que la concentración se distribuye en la sección transversal del río. Dependiendo del valor asignado se produce o no un impacto de los vertidos cloacales de Paysandu (República oriental del Uruguay) sobre las playas de Concepción del Uruguay (República Argentina).

Las descargas cloacales son fluctuantes por naturaleza en caudal y concentración, por lo que se adoptaron valores típicos en función de la información disponible, pasibles de ser ajustados en el proceso de calibración. Para Paysandú se consideró un caudal cloacal urbano (el industrial no aporta coliformes) igual a  $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ , y una concentración de coliformes fecales típica igual a  $3 \times 10^6 \text{ NMP}/100\text{ml}$ , resultando una descarga másica =  $450.000 \text{ NMP}/100\text{ml} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ . Para Colón se consideró un caudal máximo igual a  $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $180 \text{ m}^3/\text{hora}$ , algo mayor que el valor informado en planta) y una concentración de Coliformes fecales igual a  $10 \times 10^6 \text{ NMP}/100\text{ml}$ , lo cual implica una descarga másica =  $500.000 \text{ NMP}/100\text{ml} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  (condición compatible con fugas de líquidos crudos que no pasan por el sistema de lagunas de tratamiento del sistema cloacal).

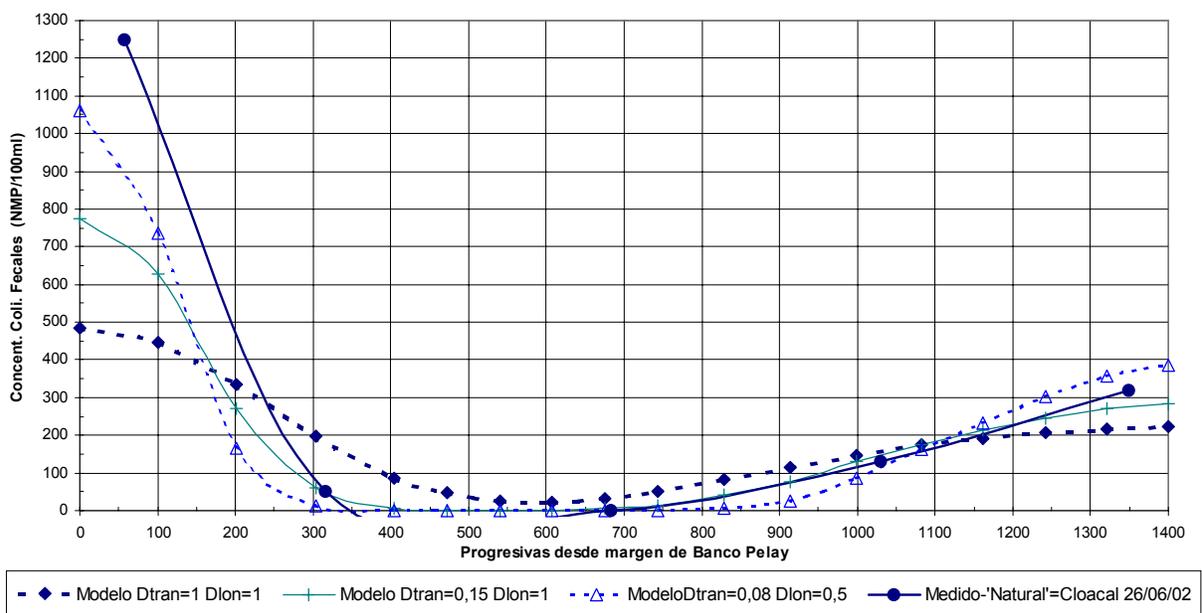
En los siguientes gráficos se presentan en planta las concentraciones medidas aguas abajo de la descarga del Arroyo de La Leche donde vierte la cloaca de Colón y en una transecta frente a Banco Pelay (restando un valor "natural" de  $130 \text{ NMP}/100\text{ml}$  proveniente de aguas arriba del área de estudio, se obtendría la cantidad de coliformes debida a las descargas cercanas de Colón y Paysandú). Se comparan con los resultados de las simulaciones (considerando la descarga de Colón únicamente), para dos condiciones de coeficientes de dispersión.





En el gráfico siguiente se puede apreciar el ajuste de datos medidos en la transecta de Banco Pelay, considerando los aportes de Colón y Paysandú, obteniéndose un mejor acuerdo empleando los coeficientes de dispersión más bajos.

Efecto de las Descargas Cloacales de Paysandu y Colón en la Transecta frente a Banco Pelay variando los Coef. de Dispersion Dtran y Dlon



Sensibilidad al Coeficiente de Dispersión en la transecta de Banco Pelay para aguas altas (26/06/02)

## CONCLUSIONES

Se estableció que la contaminación en el área balnearia de Banco Pelay es temporalmente muy variable (incluso dentro del mismo día) y que existen normalmente concentraciones de Coliformes Fecales cercanas a la playa muy superiores a las presentes en el centro del río. La distribución transversal de esta concentración es compatible con los resultados de la modelación matemática si se emplean bajos coeficientes de dispersión transversal, conforme a la bibliografía. Ello implica que las plumas de contaminación de las descargas cloacales de Colón y de Paysandú no se mezclan en general a la altura de Banco Pelay, por lo que la alta contaminación registrada en esta playa es causada por descargas en la margen argentina.