

# INFLUENCIA MORFOLÓGICA DE LA DISPOSICIÓN DE SEDIMENTOS DRAGADOS EN LA VÍA NAVEGABLE TRONCAL. SECCIÓN SANTA FE - CONFLUENCIA

Cardini Julio y Noelia Legal

Gerente de Estudios Especiales y Especialista en Modelación Matemática  
Serman & asociados S.A.

E-mail: cardini@serman.com.ar - Web: <http://www.serman.com.ar/>

## Introducción

Se presentan estudios realizados a los efectos de la identificación y evaluación de los impactos ambientales físicos en la morfología fluvial, causados por la deposición de productos de dragado. Los mismos fueron realizados en el marco del Estudio de Impacto Ambiental de la Vía Navegable Troncal, Sección Santa Fe – Confluencia, por parte de HIDROVIA S.A.

Los procesos analizados se originan en la descarga de sedimentos en “Zonas de Vaciado” habilitadas, efectuada mediante la apertura de las compuertas de los compartimientos que se encuentran en el fondo del casco de la draga, o bien a través de la apertura del casco de la propia draga en el caso de emplearse equipos tipo “Split”.

El análisis se realizó considerando estudios antecedentes de importancia y a través de la modelización matemática del proceso de descarga (sea por compuertas de fondo como por apertura del casco de la draga), abarcando tanto el campo cercano donde los efectos dinámicos prevalecen, como el campo lejano donde la sedimentación y dispersión son preponderantes.

## Objetivos

El objetivo del estudio fue realizar una evaluación de impactos físicos de la descarga a fin de elaborar recomendaciones operativas

Los resultados obtenidos y analizados son la distribución y proporción de sedimentos depositados en el lecho de la zona de vaciado así como la extensión y concentración de sedimentos en suspensión en la pluma remanente, considerando diferentes granulometrías del material dragado y distintas condiciones hidrológicas típicas.

Asimismo, se evalúan las modificaciones en las corrientes fluviales estimando su magnitud y extensión areal, a partir de lo cual se obtienen conclusiones sobre el destino a largo plazo de los sedimentos depositados, y sobre la influencia del depósito en la morfología del cauce.

## Antecedentes relevantes

La problemática del impacto del vaciado fue abordada previamente en estudios de la Vía Navegable Troncal realizados por Serman & asociados s.a. (S&A) para HIDROVIA S.A. y para otros proyectos de dragado, realizando modelizaciones matemáticas de pasos de navegación del tramo del río Paraná aguas abajo de Santa Fe, las cuales permitieron comprender los procesos sedimentológicos en juego y estimarlos cuantitativamente.

Algunos estudios antecedentes de la Facultad de ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral, se destacan por su relevancia para este análisis, tales como los realizados en la zona de la Isla de la Invernada (FICH, 2004 y 2006), desarrollados ambos para la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables.

La FICH realizó mediciones intensivas en la zona de vaciado estudiando la distribución del sedimento inmediatamente después del volcado y su posterior transporte hacia aguas abajo a lo largo del tiempo, así como evaluando la influencia que la acumulación temporaria de materiales podría tener sobre las velocidades en la costa y en los procesos erosivos.

Se determinó que, como la draga se posiciona en diferentes lugares para descargar y el vaciado se realiza con la draga en marcha, el resultado es una distribución areal relativamente uniforme del material: “... en el fondo se incorpora una cierta cantidad de material, distribuido de manera tal que el nuevo nivel del lecho prácticamente copia las formas de fondo previamente existentes.”

El 70%/80% del volumen informado como descargado se deposita en una zona muy localizada y próxima a la posición en la que las dragas descargaron, y del vaciado efectuado en 6 meses, el 50% quedaba aún en el lecho al final del período, dado que el río se encontraba en aguas bajas. Durante las crecientes anuales ordinarias la capacidad de transporte del río aumenta, concluyendo la FICH que para la zona de estudio probablemente todo el material sería transportado, fundamentalmente en suspensión y relativamente pronto, hacia aguas abajo. Cabe destacar que esta conclusión sólo es válida para zonas de descarga similares, con altas profundidades relativas e intensas velocidades de la corriente, de acuerdo a lo verificado en diversos estudios realizados por S&A.

A través de mediciones se evaluó la distribución del flujo en la zona de vaciado. “Las mismas prácticamente no evidencian modificaciones del caudal en las zonas cercanas a las márgenes, pero sí algunas variaciones leves en la zona de vaciado”. Se interpretó que las modificaciones del lecho no generan redistribuciones o derivaciones de caudales, sino que sólo producen un leve incremento localizado de las velocidades medias en la zona de vaciado, sin afectar la zona de la margen.

## Materiales y métodos

El análisis del tramo entre Santa Fe y Confluencia se realizó efectuando una modelización matemática de un sector representativo. Algunos de los pasos más importantes son Las Cañas, Caragatay y Los Chanchos. Considerando que los dos primeros se encuentran cercanos entre sí y en una zona muy compleja de patrón anastomosado donde el río se bifurca 7 veces creando alternativamente 8 brazos, por lo que en algunas secciones transversales coexisten hasta 5 vías de escurrimiento simultáneas, se ha seleccionado este sector para realizar una modelación conjunta de ambos pasos.

Los resultados obtenidos para estos pasos son representativos de los impactos más relevantes que podrían ocurrir, dado que en la casi totalidad de los pasos restantes el volumen a dragar es del orden del 10% a 20%, del correspondiente a cada uno de los pasos estudiados en detalle (Las Cañas y Caragatay), por lo que su influencia sobre el río también será proporcionalmente muy inferior.

Las áreas de descarga definidas para el material extraído en estos pasos se encuentran en zonas cercanas relativamente profundas. El área de descarga del Paso Las Cañas se ha ubicado aguas arriba del mismo, con una longitud de 1,1 km y un ancho de unos 210 m, resultando una superficie aproximada de 23 ha. El área de descarga correspondiente al paso Caragatay se encuentra ubicada aguas abajo del mismo, centrada en el canal, con una longitud de 1,2 km y un ancho variable del orden de 130 m, resultando un área algo menor a las 16 ha.

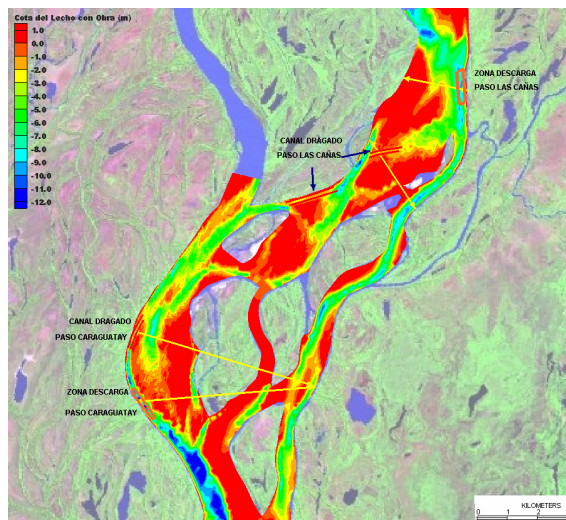
Se realizaron simulaciones sobre la distribución y espesor de los montículos depositados empleando el modelo STFATE (Short Term Fate of Dredged Material Disposed in Open Water for Predicting Deposition and Water Quality Effects, 1995), perteneciente al sistema ADDAMS (Automated Dredging and Disposal Alternatives Management System), desarrollado por el USACE. Considerando que los volúmenes a dragar en cada paso son inferiores a 150.000 m<sup>3</sup>, si los mismos son dispuestos homogéneamente, la altura del depósito sobre el lecho natural no alcanzaría el metro, por lo que se modeló el impacto de una sobreelevación del lecho de un metro de altura, como condición inicial post-dragado.

Se seleccionaron dos condiciones hidrológicas típicas de cálculo, una de aguas bajas (nivel de agua superado del 92,5% del tiempo, correspondiente al diseño del canal), y otra de aguas altas (nivel superado el 20% del tiempo).

La modelación hidrodinámica bidimensional se realizó con el programa RMA2, mientras que la modelación sedimentológica del campo lejano se realizó con el programa SED2D, ampliamente empleados en el río Paraná por ejemplo en los siguientes estudios (Serman & asociados, 1999, 2000, 2005, 2007, 2008) y (FICH, 2006).

### Evaluación de resultados

El área modelada, las zonas a dragar y las zonas de descarga, se presentan en la Figura 1.



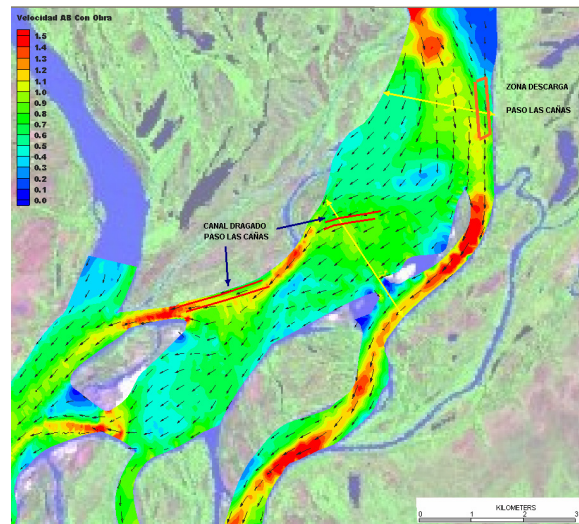
**Figura 1.-** Cotas del lecho con Obras y ubicación de tramos con dragado y de zonas de descarga para los pasos Caraguatay y Las Cañas

En cada paso se determinó la velocidad en aguas bajas con y sin obras, tal como se ilustra en la Figura 2, así como los incrementos y reducciones de velocidad debido a las obras (ver Figura 3).

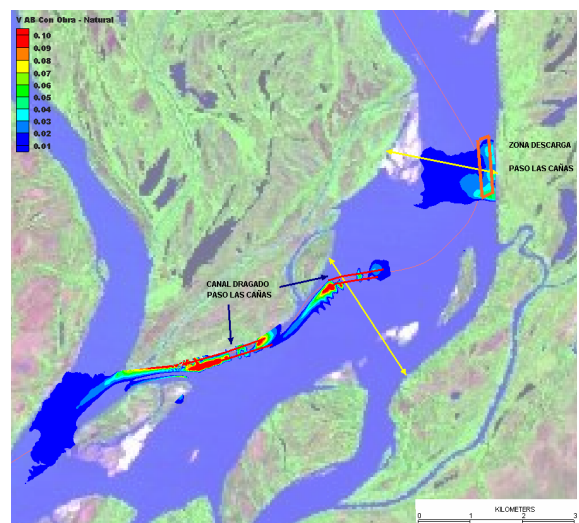
En las zonas de descarga se verifican incrementos generales de velocidad sobre el depósito de 2 a 4 cm/s en aguas bajas y de 2 a 3 cm/s en aguas altas, con un incremento asociado en la parte más cercana de la sección transversal remanente del orden de 1 a 2 cm/s.

Como resultado de estas variaciones de velocidad, se producen modificaciones en las distribuciones de caudal entre brazos, generadas por las modificaciones del lecho debidas al dragado y disposición de sedimentos.

La redistribución de caudales generada por la canalización que se induce en el paso Las Cañas y por la obstrucción máxima que puede generar la zona de descarga, implica que el brazo derecho incrementa su participación en un 0,5% (encauzamiento), el central la disminuye menos de un 0,1% y el izquierdo la reduce en un 0,4%.



**Figura 2.-** Ejemplo de velocidades con Obras. Paso Las Cañas



**Figura 3.-** Incremento de velocidades con Obras. Paso Las Cañas

### Conclusiones

Habiendo simulado una superposición de acciones muy desfavorable (simultaneidad de dragados en dos pasos contiguos y con sus respectivas zonas de descarga totalmente ocupadas por espesores de depósito elevados), las modificaciones de flujos resultaron muy pequeñas en relación con las capacidades de conducción naturales y se hallan dentro de los márgenes de variabilidad esperables por causa de las variaciones morfológicas naturales del cauce. No se detectaron variaciones que pudieran generar efectos morfológicos significativos a largo plazo.

### Referencias Bibliográficas

- FICH - Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL. (2004 y 2006): "Estudios Hidráulicos y Morfológicos – Zona Isla de la Invernada – Río Paraná"
- Serman & asociados s.a. (S&A), HIDROVIA S.A. (1999). "Optimización del Dragado en Pasos Críticos"
- Serman & asociados s.a., TGN S.A (2000a): "Estudio hidromorfológico río Paraná-Gasoducto Mesopotámico"
- Serman & asociados s.a Puentes del Litoral (2000b): "Proyecto Ejecutivo Conexión Vial Rosario – Victoria"
- Serman & asociados s.a., HIDROVIA S.A. (2005) "Estudios Hidromorfológicos Dragado de Profundización de Pasos Críticos en la Hidrovia Paraná Medio e Inferior"
- Serman & asociados s.a. (2007): "Reconversión del Puerto de Santa Fe sobre la Hidrovia del Río Paraná"
- Serman & asociados s.a. (2008): Conexión Vial Reconquista - Goya. Estudio morfodinámico.