



## UN ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE AGUAS, SEDIMENTOS Y VEGETACIÓN EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO PILCOMAYO

Marcelo Baldissone<sup>(2,1)</sup>, M. Corral<sup>(1,4)</sup>, H. D. Farias<sup>(3,4)</sup>, J D Brea<sup>(2,4)</sup>, G. D. Hillman<sup>(1,4)</sup>,  
H.J. Hopwood<sup>(4)</sup>, H. Zambón<sup>(4)</sup>, C. Laboranti<sup>(4)</sup>, E. Cafaro<sup>(4)</sup> y A. Rodríguez<sup>(1,4)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, UNC. <sup>(2)</sup> Instituto Nacional del Agua. <sup>(3)</sup> Instituto de Recursos Hídricos FCEyT-UNSE. <sup>(4)</sup> Mesa Asesora Fluvial de la DELAR CTNP

E-mail: [arodrig@efn.uncor.edu](mailto:arodrig@efn.uncor.edu) - <http://www.efn.uncor.edu/investigacion/hidraulica/>

### RESUMEN

El Pilcomayo es un sistema fluvial único, no típico, de régimen muy variable, no regulado, con una de las tasas de transporte de sedimentos en suspensión más altas del mundo. En su cuenca baja, en la zona comprendida por las provincias argentinas de Salta y Formosa, el río presenta una serie de mecanismos fluviales que hacen sumamente compleja la gestión del agua, sedimentos y material vegetado. Procesos de atarquinamiento (con retroceso progresivo del cauce) y la probabilidad de avulsión del curso del Pilcomayo ponen en riesgo el sistema distribuidos de aguas (ex “Pantalón” y “Embocadura”) entre Paraguay y Argentina, lo que es un tema clave que obliga a contemplar medidas para abordar ambas problemáticas.

Se ha intentado agrupar el conocimiento existente en estos temas específicos en una mesa técnica asesora de la Comisión Trinacional del Río Pilcomayo CTNP (“Mesa Fluvial”) y se ha propuesto una serie de estudios y monitoreos en los que se pretende mejorar las condiciones hidrosedimentológicas del tramo: a) Identificación y estabilización de puntos y tramos críticos de desbordes o avulsión, los cuales podrían hacer cambiar el curso del río. b) Análisis de estabilidad de las zonas de distribución de las aguas afectadas por la sedimentación, erosión lateral y los cortes de meandros, a fin de mejorar el funcionamiento del conjunto.

### ABSTRACT

The Pilcomayo river is an unique system due to its very high sediment transport rate, no regulation and large amount of trunks floating during floods. In the lower basin (provinces of Formosa and Salta) these fluvial mechanisms make complex the management of water, sediment and vegetable matter. Strong erosion and sedimentation processes put under risk the fragile system of water distribution (“pantalón” and “embocadura”) between Paraguay and Argentina.

An expert team (“Fluvial Table”) has been integrated to advise the Trinational Commission of Pilcomayo River, CTNP, and a series of studies and field measurements have been proposed: a) identification and stabilization of critical points where the river can change its course, b) morphodynamics analysis of water distribution zones, to improve the system stability and efficiency.

## INTRODUCCIÓN

La problemática de la propuesta tiene su lugar geográfico en la parte baja de la cuenca del río Pilcomayo, en el límite entre Argentina y Paraguay sobre las provincias de Salta y Formosa. En este sector del río se presentan una serie de mecanismos fluviales que hacen sumamente compleja la gestión del agua, sedimentos y material vegetal arrastrado. En la figura 1 se muestra la cuenca y en un círculo rojo la zona estudiada.



**Figura1.-** Esquema de la cuenca y ubicación de la zona de estudio

El Pilcomayo es un sistema fluvial único, no típico, de régimen muy variable, no regulado, con una de las tasas de transporte de sedimentos en suspensión más altas del mundo. Desde comienzos del siglo pasado a la actualidad, se han registrado fuertes procesos de divagación y taponamiento (o atarquinamiento) [3], [4]. Esta secuencia de sucesivos taponamientos y desbordes se ha traducido en un progresivo retroceso del curso del río y se estima que en este tiempo su desembocadura final se ha trasladado hacia aguas arriba aproximadamente 270 Km [3], perdiendo gran cantidad de tierras productivas y dejando si el recurso hídrico a un gran número de poblaciones locales.

La génesis de este proceso está claramente identificada y responde a las altas tasas de sedimentación en esta parte de la cuenca sumada al transporte de troncos arrastrados durante las crecientes. En la figura 2 se muestra un sector del río totalmente colmatado por este fenómeno.



**Figura2.-** Fotografía de un tramo colmatado por troncos y sedimentos.

Problemas como la alta tasa de sedimentación, el aporte de vegetación por erosión de las márgenes, el taponamiento, el continuo retroceso, su cauce colgado con sus desbordes, y la no regulación de los caudales líquidos, generan fuertes condiciones de divagación y riesgo de avulsión que dificultan enormemente la tarea de gestión del recurso.

Si bien hay antecedentes en la Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo (CTNP) y el proyecto financiado por la Unión Europea, aún hay poca experiencia internacional en éste tipo de ríos, y a nivel regional, la experiencia es puntual, dispersa y con limitaciones de recursos.

El entendimiento acabado de los procesos fluviales actuantes en el sector y cómo éstos son condicionados por las acciones tomadas en la cuenca son una relación clave para tratar de abordar medidas estructurales para el manejo del agua, los sedimentos y la vegetación.

## **PROPUESTA**

Se ha intentado agrupar el conocimiento existente en este tema específico en una mesa técnica asesora de la CTNP (“Mesa Fluvial”) y se ha propuesto una serie de estudios y monitoreos para abordar temas específicos como:

a) Identificación y estabilización de puntos y tramos críticos de desbordes o avulsión, los cuales podrían hacer cambiar el curso del río.

Atendiendo a estos requerimientos, un conjunto de estudios <sup>[1], [2]</sup> han sido llevados a cabo en el cual se identifican los sectores en riesgo y se plantea a nivel de anteproyecto una serie de obras para el control de los desbordes con el objetivo de prevenir la avulsión y el cambio en la traza del río.

b) Mejorar la distribución equitativa de aguas entre los dos países de la cuenca baja (Argentina y Paraguay), esto incluye el análisis de estabilidad de las zonas de distribución de las aguas (ex “Pantalón” y “Embocadura”) afectadas por la sedimentación, erosión lateral y los cortes de meandros.

Para este punto se han planteado acciones u obras que atiendan dos escenarios temporales en

el mismo espacio geográfico. Uno para aguas bajas donde la prioridad es garantizar el reparto de agua para la supervivencia de la vida ictícola y para las actividades productivas de la población dispersa de ambos países. En el escenario de aguas altas los aspectos críticos están relacionados con la dinámica del río y atienden a cuestiones de mantenimiento de los “corredores fluviales”, su estabilidad y la protección de los asentamientos humanos y productivos.

## OBJETIVO GENERAL

Se pretende que la implementación de la propuesta contribuya a mejorar las condiciones hidrosedimentológicas del tramo en estudio, buscando la sustentabilidad de la implementación de obras, tanto las de infraestructura vinculadas al reparto equitativo de las aguas entre Paraguay y Argentina como a aquellas que permitirán contener el flujo en condiciones de crecida.

## RESULTADOS

Se presentará a continuación los resultados obtenidos por los estudios llevados a cabo junto con una breve descripción de las tareas realizadas. Detalles metodológicos se podrán encontrar en los respectivos informes.

### A) Identificación y propuestas de estabilización de puntos críticos con riesgos de avulsión

El tramo más comprometido con las posibilidades de avulsión y que está directamente relacionado con el riesgo en la distribución del agua es el comprendido entre las obras del sistema Pantalón-Embocadura y la población argentina de Hito I. En la figura 3 se muestra su ubicación y los tramos específicos de estudio que se eligieron a tal fin.

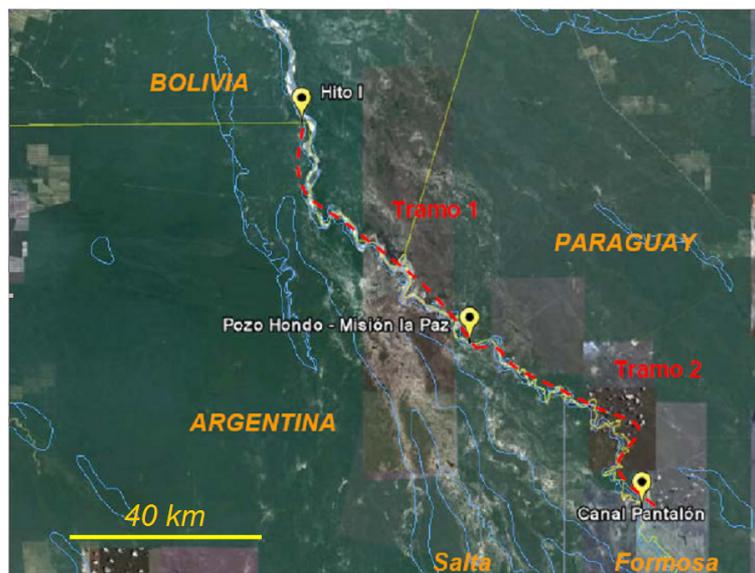


Figura 3.- Esquema de la zona estudiada en la propuesta A).

De manera complementaria se sumaron los trabajos realizados por Cafaro<sup>[1]</sup> y por Corral, Baldissone y Farias en 2010<sup>[2]</sup>, para obtener los puntos de posible desbordamiento tanto del

lado paraguayo como el argentino. El primer enfoque con origen geomorfológico y un gran esfuerzo en las actividades de campo, junto con la modelación hidráulica 1D del segundo enfoque han permitido no sólo identificar los puntos de posible avulsión sino también de generar propuestas a nivel de anteproyecto de obras para el control del escurrimiento.

En general las obras planteadas tienen el objetivo de contener las crecidas evitando la afectación de las aguas, a las comunidades y a las obras de infraestructura presentes en la zona. Se han agrupado las obras propuestas en tres grandes grupos: contención, protección de márgenes y canalizaciones. En la siguiente figura 4 se muestra el conjunto de obras propuestas y en la tabla 1 un detalle de las longitudes y alturas de los terraplenes.

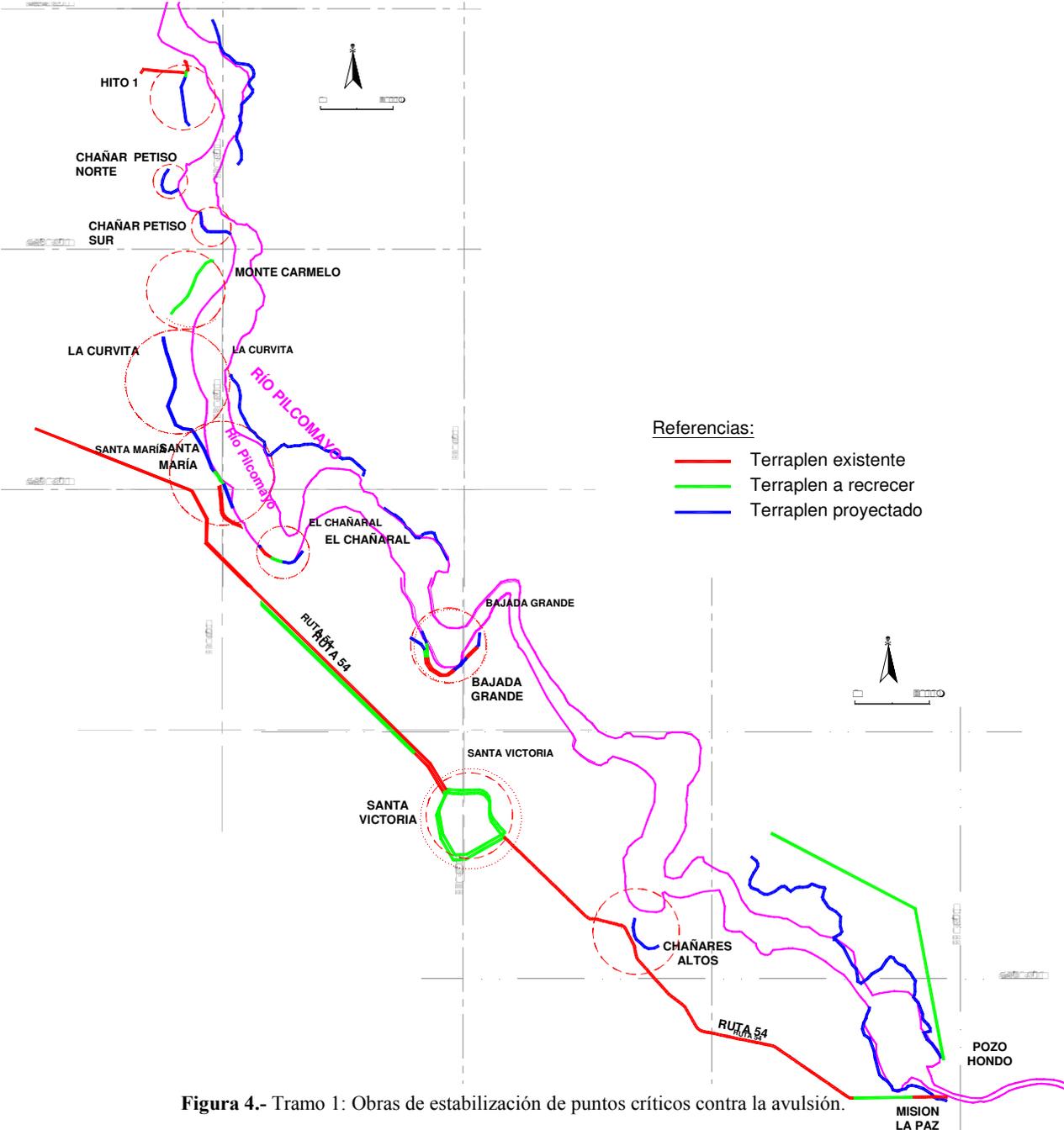


Figura 4.- Tramo 1: Obras de estabilización de puntos críticos contra la avulsión.

**Tabla 1.- Obras resultantes para el Tramo 1**

PK	Sitio	Cota Agua	Cota desborde	Diagnostico	Longitud	Altura media
80 000	Hito I	282.5	285.0	NO D.	4400	2.0
74 000	Chañar Petizo Norte	279.3	281.0	NO D.	1650	1.5
72 000	Chañar Petizo Sur	278.6	279.0	NO D.	1920	1.5
69 000	Monte Carmelo	277.3	276.0	Desborda	2950	2.0
62 500	La Curvita	274.2	273.0	Desborda	7200	2.0
59 000	Santa María	273.3	272.0	Desborda	1050	2.5
56 600	El Chañaral	273.0	269.5	Desborda	2000	2.5
44 200	Bajada Grande	270.0	268.5	Desborda	2100	2.5
36 700	Santa Victoria	266.3	266.0	Desborda	7020	3.0
23 900	Chañares Altos	261.0	259.5	Desborda	1950	2.0
6 800	Misión la Paz	256.3	253.0	Desborda	6200	2.5

Para el Tramo 2 presenta una gran dinámica en su comportamiento, encontrándose una mayor cantidad de puntos críticos. En total 21 sectores con propensión al desborde han sido seleccionados y clasificados en tres niveles o grados de avulsión (Tabla 2). En la figura 5 se muestran las obras planteadas para el control del escurrimiento.



**Figura 5.- Tramo 2: Obras de estabilización de puntos críticos contra la avulsión.**

## B) Mejorar las condiciones de distribución de aguas. Análisis de estabilidad de las zonas de distribución del ex “Pantalón” y “Embocadura”.

El sector de aproximadamente 100 km de longitud se caracteriza por ser un área en el cual se conjugan un tramo de río de unos 8 km de longitud –tramo terminal- en el cual se realizaron años atrás obras de derivaciones de caudales hacia los territorios de Paraguay (Canal paraguayo) y de Argentina (Canal Farías) mediante las cuales se distribuyen las aguas entre ambos países, incididos ambos por una dinámica fluvial particular, típica de un río con variaciones de caudales tanto líquidos como sólidos de consideración que lo caracteriza a nivel mundial entre los más destacados del mundo.

El presente proyecto contempla una serie de intervenciones hidráulicas que se deben realizar periódica y regularmente en el sector de la cuenca baja (argentina y paraguaya, figura 6) de alta inestabilidad hidrogeomorfológica del río Pilcomayo, como respuesta de una serie de consecuencias importantes y variables tanto en el período de aguas bajas como el de altas.

Conforme se manifiesta el descenso de las aguas, en respuesta al natural ciclo hidrológico, entre los meses de julio a diciembre se produce una constante y acentuada derivación de las aguas hacia territorio paraguayo, con la lógica consecuencia de dejar en seco el sector del río que conduce las aguas hasta el canal argentino

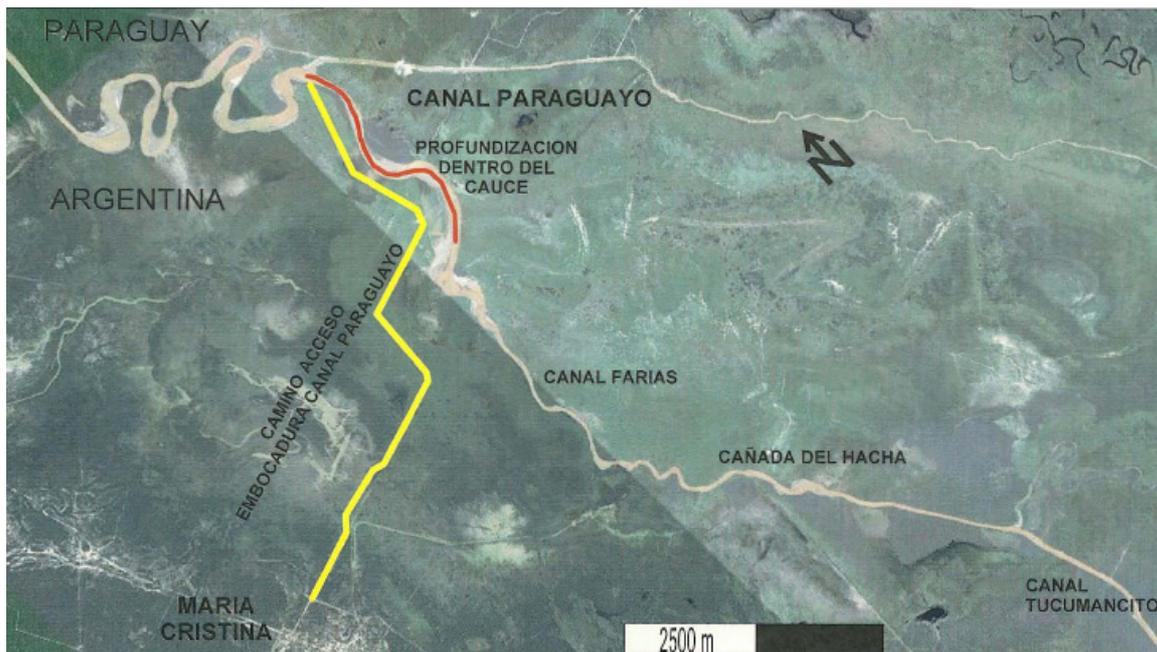


Figura 6.- Zona de intervención.

El objetivo general es suplir una demanda necesaria y reconocida, que debe atenderse en forma continua y sostenida. Esta configuración permite plantear tratamiento acorde a dos escenarios temporales en el mismo espacio geográfico delimitado, uno para aguas bajas y otro para el período de aguas altas. Como el río Pilcomayo no está regulado y posee amplias variaciones de caudal se hace necesario considerar sus dos períodos críticos típicos: aguas altas y aguas bajas.

En el período de aguas bajas se conjugan situaciones de reparto de caudales entre ambos

países a los efectos de mantener los procesos ecológicos vitales para la supervivencia de la vida ictícola y suministro de agua con fines productivos y para una población dispersa integrada por criollos y pueblos originarios.

Asimismo, para el período de aguas altas, se conforman situaciones relacionadas con la dinámica fluviomorfológica del río, en la cual se conjugan aspectos como un altísimo transporte de sedimentos, deposición en formación de abanicos aluviales, construcción y mantenimiento de correderas fluviales y protección de asentamientos humanos y productivos.

### ***Situación planteada***

Conforme se manifiesta el descenso de las aguas, en respuesta al natural ciclo hidrológico, entre los meses de julio a diciembre se produce una constante y acentuada derivación de las aguas hacia territorio paraguayo, con la lógica consecuencia de dejar en seco el sector del río que conduce las aguas hasta el canal argentino.

Dos aspectos fundamentales han de considerarse al producirse este hecho. Uno de ellos está relacionado con cuanta especie ictícola se encuentre presente tanto en el tramo de río como en la conjunción de canales que se alimentan a partir del inicio del canal argentino, entre ellos: Canal Farias, Cañada del Hacha, Canal Tucumancito Nuevo, Cañada Surubí y sistemas de correderas fluviales a la altura de El Potrillo, las cuales ante la falta de agua o disminución del oxígeno disuelto necesario para la supervivencia de las mismas, entrarán en estado crítico hasta la mortandad masiva de las mismas.

El otro aspecto es el lógico abastecimiento de agua a las poblaciones ribereñas, afectando aspectos de provisión a las mismas para consumo y provisión para proyectos productivos de riego y producción ganadera local. Este fenómeno afecta al sistema de correderas fluviales en forma directa, llegando a afectar posteriormente al gran humedal del Bañado La Estrella, cerca de 400.000 Has. en pleno Chaco Semiárido, que representa un eje húmedo que atraviesa en 350 km de longitud a esta zona caracterizada por un marcado déficit hídrico.

### ***Propuesta técnica para Aguas Bajas***

Como obra complementaria necesaria para establecer el acceso de equipos técnicos argentino y equipos de maquinarias de excavación y de apoyo logístico, se plantea la construcción de una vía de acceso desde las localidades de María Cristina/Santa Teresa, hasta frente a la embocadura del canal paraguayo, en una longitud de 13 km (línea amarilla, figura 6), mediante la limpieza vegetal de todo el tramo, perfilado en unos 10 km de longitud y conformación de una base de terraplén mínimo en el tramo final de 3000 m en zona de deposición de sedimentos en épocas de desbordes del río, hasta llegar frente a la embocadura del canal paraguayo. Ante esta situación, es necesario proceder a la canalización en un tramo de 7000 m, dentro del cauce del río, partiendo desde el sector en coincidencia a la embocadura del canal paraguayo hasta el inicio del Canal Farias, manteniendo una sección de escurrimiento compatible con los caudales líquidos imperantes en dicho momento.

En este sentido se proyecta la apertura dentro del manto de sedimentos de fondo del cauce, de una sección de escurrimiento de 10m de ancho, manteniendo una profundidad de 1m, mediante la utilización de equipos anfíbios de excavación, acompañando la configuración del

cauce en dicho tramo (línea roja, figura 6).

En forma complementaria, a los efectos de permitir la continuidad de los escurrimientos líquidos, se plantea la ejecución de mantenimiento de las canalizaciones existentes en un frente de 70 Km de longitud aproximadamente, para lo cual se estima una ejecución de 30 Km de limpiezas en las mismas, consistentes en un frente de excavación de 5 mts de ancho, con 0,60 m de profundidad, del sedimento de fondo, como también de los restos de material vegetal que fuera arrastrado y depositado por las riadas en épocas de crecidas.

## CONCLUSIONES

La conformación de la “Mesa Fluvial” ha podido iniciar una serie de estudios orientados a aportar elementos para dar soluciones a los temas de avulsión del cauce y partición equitativa del recurso.

En los estudios A, se ha propuesto medidas para la prevención de la avulsión, identificándose zonas y puntos específicos con cierto orden de jerarquía lo que permitirán tomar decisiones sobre la factibilidad de ejecución de las obras. Además, se cuenta a nivel de anteproyecto, de un conjunto de obras para la sistematización del cauce a fin de lograr cierto grado de control.

Las obras de mantenimiento (Estudios B) para la operabilidad del sistema distribuidor limitarían los fenómenos de atarquinamiento en la zona previniendo la acumulación de sedimentos y material vegetado mediante la generación de zonas de mejor escurrimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<sup>[1]</sup> **Cafaro, E.** (2007): “Evaluación de la información necesaria para el diagnóstico de una posible zona de avulsión del río Pilcomayo. Informe Final”. *Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo*.

<sup>[2]</sup> **Corral, M. y Baldissone, C. M.** (2010): “Estabilización del cauce principal y márgenes del río Pilcomayo en segmentos identificados como puntos críticos, tramo Hito 1 / D’orbigny – Misión la Paz / Pozo Hondo”. *Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo*.

<sup>[3]</sup> **Martín-Vide** (2006): Problemática del Río Pilcomayo en la cuenca baja: Estado actual, historia, análisis, expectativas y propuestas. *Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Pilcomayo*.

<sup>[4]</sup> **Plan Maestro de Gestión Integrada de la Cuenca del río Pilcomayo** (2010): Documento Base Resultante del Proceso de Socialización.



Instituto de Recursos Hídricos



Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías



Universidad Nacional de Santiago del Estero



Instituto Nacional del Agua



Subsecretaría de Recursos Hídricos



Agencia Nacional de Promoción Cient. y Tec.



Gobierno Prov. de Santiago del Estero



Ministerio de la Producción



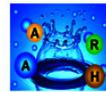
Secretaría del Agua



Secretaría de Desarrollo, Ciencia y Tecnología



Consejo Prof. de la Ingeniería y Arq.



Asociación Argentina de Recursos Hídricos



Asoc. Internacional de Investig. Hidroamb.



Comisión Regional del Río Bermejo



CORPORACION ARGENTINA TECNOLÓGICA S.A. INGENIERIA CIVIL E HIDRÁULICA

