

AVANCES, RETROCESOS, Y ESTANCAMIENTOS SOBRE EL CONOCIMIENTO DE LOS PROCESOS FLUVIALES DEL RÍO PILCOMAYO

José Daniel Brea y Pablo Spalletti

Laboratorio de Hidráulica - Instituto Nacional del Agua (INA), Argentina

E-mail: dbrea@ina.gov.ar - pspallet@ina.gov.ar

Introducción

La cuenca del río Pilcomayo cubre un área de 290000 km², que se extiende sobre los territorios nacionales de Argentina, Bolivia y Paraguay. Las nacientes del río se ubican a unos 3500 msnm, debiendo recorrer las aguas unos 1000 km para llegar al río Paraguay. En la cuenca trinacional viven aproximadamente 1500000 habitantes.

Considerado como uno de los ríos con mayor tasa de producción y transporte de sedimentos del mundo, el río Pilcomayo presenta un complejo comportamiento hidrosedimentológico y morfológico, que constituye su rasgo natural distintivo en la región, y que no ha sido aún resuelto por el estado del arte en la materia. Esta situación resulta un desafío para los ingenieros fluviales, y se hacen importantes esfuerzos de de tomas de datos básicos, que permitan alimentar modelos para tratar de caracterizar estos fenómenos. Debe señalarse que el contexto en el que se desarrollan estos procesos incluyen situaciones tales como pérdida de cauce, retroceso del río, aporte de sedimentos contaminados, obras de control, repartición equitativa del agua para usos múltiples, migración de peces entre otros, lo que obliga a tener en cuenta esa multiplicidad de variables en los estudios, lo que los hace aún más complejos.

El presente trabajo resume los avances realizados en el conocimiento de los procesos fluviales del río desde Misión La Paz, incluyendo la recopilación de datos, y los resultados de los modelos numéricos uni y bidimensionales implementados.

Caracterización hidrosedimentológica

La única estación activa de aforos líquidos y sólidos sistemáticos en la zona de estudio es la de Misión La Paz, ubicada en la provincia de Salta. En esta estación se cuenta con mediciones de caudal líquido y sólido en suspensión desde 1960 hasta la fecha. En el período 1993-2009, se contó con 982 pares de valores caudal líquido-caudal sólido. Los mismos incluyen el total de datos en el período, abarcando épocas de crecida y estiaje. Resulta de interés conocer algunos valores típicos relacionados con la concentración: el valor máximo medido es de 59 gr/lit, el valor medio de 7 gr/lit y el mínimo de 0.02 gr/lit. Si dentro del período de estudio se consideran sólo las mediciones de los meses de aguas altas (enero, febrero y marzo), el valor de la concentración media resulta de 21 gr/lit.

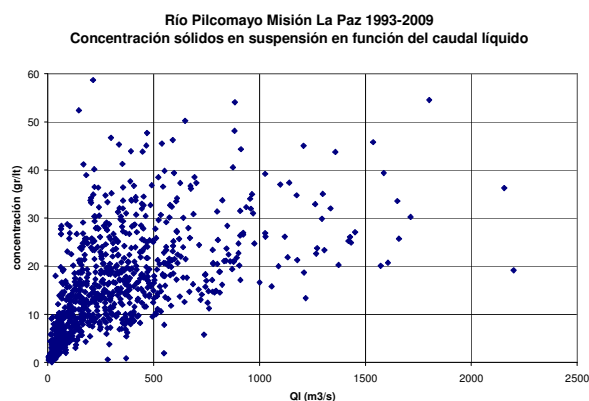


Figura 1.- río Pilcomayo, concentración sólidos en suspensión.

Debe tenerse presente que en ocasiones de picos de crecida de importancia, es habitual que no se pueda llevar a cabo el aforo, perdiéndose la posibilidad de contar con medición de eventos de gran magnitud. En este contexto, debe señalarse que los valores máximos de concentración reales serán seguramente superiores a los máximos medidos, especialmente en eventos extremos. Para el conocimiento del comportamiento hidrosedimentológico del sistema, y la modelación del mismo, resulta necesario además conocer las granulometrías del material del lecho y del sedimento en suspensión. A partir de estos datos se definen otros parámetros claves, tales como la velocidad de caída de los sólidos suspendidos. Refe Orfeo. Lamentablemente, aguas abajo de Misión La Paz no existen estaciones de medición de parámetros hidrosedimentológicos lo que limita y dificulta en muchos aspectos el conocimiento acabado del comportamiento del río. En este sentido, se efectuaron algunas mediciones en crecida que reflejaron la dificultad y aleatoriedad de este tipo de muestreos.(EVARSA) Puede decirse que es evidente que existe un decaimiento de las concentraciones en función de la progresiva desde Misión La Paz hacia aguas abajo. Las limitaciones expresadas en las mediciones referidas, impiden hablar de montos válidos de sedimentos en suspensión a partir de estas mediciones. La metodología de medición con muestreos a 0.50 m de profundidad llevan a subvaluar las concentraciones.

Se resalta nuevamente al alto grado de dificultad que implica hacer mediciones de concentraciones de sólidos en el río Pilcomayo en época de crecida, y se valora la intención de los trabajos llevados a cabo en esta línea de acción.

Modelos implementados. Resultados.

Se implementaron modelos uni y bidimensionales, que fueron alimentados por los datos recopilados descriptos. Como modelo unidimensional se utilizaron el HEC-RAS y el ISI 2D. Con HEC-RAS 4.0 se modeló un tramo del río desde Misión la Paz hasta la zona del Pantalón y su continuación en los escurrimientos encauzados en territorio argentino, hasta La Rinconada. El tramo representado abarcó una extensión total de 216 kilómetros, con el extremo superior en correspondencia con Misión La Paz, que se localiza unos 87 kilómetros aguas arriba, a lo largo del cauce del río Pilcomayo, de la actual posición del canal de derivación de Paraguay, y el inferior en la zona de La Rinconada en territorio argentino. Desde el punto de vista del funcionamiento hidromorfológico del sistema, uno de los resultados de mayor interés es la variación de la concentración en función de la progresiva. La figura 2 muestra la forma en que se produce el decaimiento de las concentraciones a lo largo del perfil longitudinal del cauce del río Pilcomayo, para distintos tiempos durante el desarrollo de la crecida.

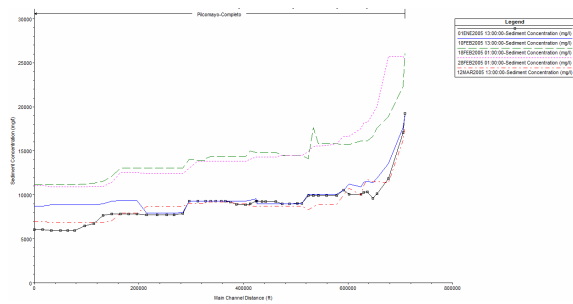


Figura 2.- río Decaimiento de la concentración con la progresiva

Estos resultados se corresponden con el ingreso de sedimentos en suspensión con la granulometría de los registros disponibles en la zona de la estación de aforo de Misión La Paz. Pero más allá del decaimiento en las concentraciones observado, en el extremo final de la zona bajo estudio, se tienen valores superiores a los 5 g/l, que se ubican entre la mitad y la tercera parte de las concentraciones en la sección inicial. Esto se debe a que cuando el agua escurre encauzada hay una fracción de sedimentos finos que no puede sedimentar y se mantiene en suspensión.

La modelación 2D se realizó con el modelo RMA2, al que se acopló el SED2D. Abarca el tramo del río Pilcomayo y su zona de desbordes en Argentina y Paraguay desde aproximadamente 10 kilómetros aguas arriba del Pantalón hasta una sección extrema aguas abajo localizada entre El Simbolar y El Potrillo en la margen argentina. Tiene una longitud del orden de los 70 kilómetros y un ancho medio de 20 kilómetros. Siendo el aspecto de mayor interés en esta etapa del estudio, la forma en que se producen y desarrollan los depósitos en la zona de desborde y el consecuente decaimiento en las concentraciones, debe caracterizarse el material en suspensión y definir a partir de allí la velocidad de caída típica del sedimento suspendido. El estudio de la deposición de limos y arcillas transportados en suspensión como carga de lavado, presenta serias dificultades por la complejidad de los fenómenos involucrados, incluyendo aspectos tales como la formación y rotura de flóculos, velocidad de caída de las partículas individuales y de los flocs, características de los escurrimientos, turbulencia, concentración de sólidos, etc.

Por ello, históricamente la descripción de los mecanismos de sedimentación de las fracciones finas, se ha basado en estudios experimentales a partir de los cuales se han desarrollado metodologías para cuantificar los procesos.

Estas metodologías, basándose en las observaciones empíricas, han caracterizado los procesos de deposición en función de las características de los sedimentos en suspensión, las concentraciones y la tensión de corte en el fondo (Mehta y Partheniades, 1975). Teniendo en cuenta la forma en que los modelos matemáticos cuantifican la sedimentación de finos, se determinó una función o ecuación de transferencia para extrapolar los resultados del modelo morfológico implementado con el SED2D, con el objeto de estimar los depósitos que se registrarían con los parámetros hidráulicos obtenidos de las corridas del modelo hidrodinámico Isis2D.

La ecuación de transferencia relaciona la tensión de corte en el fondo que puede calcularse mediante parámetros hidráulicos que se tienen en cada nodo de la malla de cálculo, con la tasa de deposición, en función de la concentración.

Conclusiones

Para la realización de los estudios se recopiló todos los registros disponibles de aforos líquidos y sólidos, además de datos de granulometrías de material del lecho y suspensión en Misión La Paz. Los intentos de medir parámetros del escurrimiento aguas abajo en crecida no dieron el resultado esperado, especialmente por el alto grado de dificultad que involucra esta tarea en el río Pilcomayo en aguas altas. Deben explorarse metodologías de medición que permitan obtener resultados, al menos de tipo cualitativo. Los modelos numéricos utilizados cumplieron los objetivos buscados, aportando interesantes conclusiones sobre el comportamiento del río encauzado y en la planicie y los patrones de sedimentación. Debe no obstante seguir estudiándose el tema, que aún presenta aspectos no resueltos.

Referencias Bibliográficas

- Brea, J.D.; Jaime, P.; Spalletti, P.** (2007). *Estudios de Erosión, Transporte y Sedimentación en la Cuenca Alta del Río Pilcomayo*. Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo. Contrato Comisión Europea n.ASR/B7-3100/99/136. Proyecto LHA 628. Informe Final - LHA 03-628-07. Ezeiza, Octubre de 2007
- Halcrow Hydrocontrol** (2010). Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Pilcomayo. *Obtención de Información Básica para la Realización del Estudio de Prefactibilidad de la Obra del Dique Distribuidor*. Referencia de Publicación: SERV/002/2009/1.
- Van rijn, L.** (1993). *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas*. Acqua Publications.
- Metha, a. a.j.; Partheniades, P.** (1975.) *An Investigation of the depositional properties of flocculated fine sediments*. *Journal of Hydraulic Research*. 13. (1975) No 4.
- Spalletti, P.D.; Brea, J.D.** (2009). "Análisis de los escurrimientos en territorio argentino de caudales provenientes del río Pilcomayo". *Cuarto Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos*. Salta, Argentina, Noviembre 2009.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos**, (2010). *Subsecretaría de Recursos Hídricos. Programa de Monitoreo Sistemático del río Pilcomayo (Misión La Paz, Prov de Salta, Argentina). Período 2008-2009 – Informe Consolidado, 42 páginas. Producido por Orfeo, Oscar. Unidad Ejecutora CONICET: CEAL (Centro de Ecología Aplicada del Litoral) Documento Técnico de Circulación Restringida*