

ESTABILIZACIÓN DEL LECHO EN RÍOS CON ALTAS TASAS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

José Daniel Brea, Pablo Spalletti

Programa de Hidráulica Fluvial - Laboratorio de Hidráulica - Instituto Nacional del Agua (INA)

CC21 Aeropuerto Ezeiza (CP 1802) – Te: 011-44804500

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

RESUMEN

En ríos de montaña con altas tasas de transporte de sedimento, se ha observado que la construcción de conjuntos de diques separadas una distancia relativamente corta, no es la mejor solución estructural para la estabilización del lecho, siendo obras costosas que en un corto lapso de tiempo pueden dejar de satisfacer su función original, es decir, la de reducir la pendiente del fondo en el segmento sistematizado. En el noroeste de la Argentina, existen varios ríos con fuerte pendiente y con procesos de producción de sedimentos de gran magnitud, en los cuales la estabilización por umbrales o crestas situadas a nivel del lecho, localizadas de acuerdo a un análisis morfológico, es un alternativa eficaz y de menor costo.

ABSTRACT

In mountain rivers with very high rates of sediment transport, it has been observed that the construction of sets of check dams separated a relatively short distance, is not the best structural solution for the stabilization of the bottom, being expensive works that in a short time no longer fulfill their original function, that is, to reduce the slope of the bed in the systematized segment. In the northwest of Argentina, several rivers with high slope and sediment yield processes of great magnitude exist, in which, the stabilization by crests located at the bottom level, placed according to a morphological analysis, is an effective and cheaper alternative.

INTRODUCCIÓN

En ríos de alta pendiente es habitual la construcción de conjuntos de diques, separados entre sí una distancia relativamente corta, como obra de estabilización del lecho de los cauces, para evitar el descalce de laderas y permitir el control del flujo y de los sedimentos transportados. Este tipo de solución es muy frecuente en ríos localizados en zonas de montaña, donde se ha verificado su correcto funcionamiento en el control de los procesos morfodinámicos.

Los países en los que se han aplicado gran parte de estas obras de sistematización de torrentes, se corresponden con la zona alpina y Japón, entre otros, presentando zonas pobladas o con obras de infraestructura en correspondencia con pequeñas quebradas con fuerte pendiente, por lo que resulta necesario controlar en las zonas altas de las cuencas las condiciones de escurrimiento y el transporte de materiales. En estos casos los cursos receptores de los aportes de dichas quebradas presentan condiciones controladas por las obras construidas en las cuencas altas.

En el Noroeste Argentino, y en particular en la alta cuenca del río Bermejo, existe un importante número de ríos con fuerte pendiente, con cuencas de aporte de grandes

dimensiones y donde se tienen procesos de producción de sedimentos de gran magnitud. En estos casos las escalas de los fenómenos son diferentes, y en general los problemas consisten en estabilizar cauces de cursos de alta pendiente con lecho granular de granulometría extendida, y no en la sistematización de las quebradas que descargan en el mismo.

Los torrentes de aporte suelen localizarse en sectores de difícil acceso, sin pobladores u obras de infraestructura, por lo que las obras para la estabilización del cauce y de las laderas no son factibles. Por otro lado, debido a las altas tasas de producción de sedimentos en sus cuencas por efectos de remoción en masa asociados a eventos puntuales críticos, aún con la presencia de series de diques, que rápidamente se colmatan, no pueden retenerse en las zonas altas dichas masas de material que finalmente afluyen al cauce receptor.

Los ríos que reciben los aportes de los torrentes, si bien pueden presentar fuertes desniveles y fondos conformados por clastos de gran tamaño, en el largo plazo adquieren una pendiente y una configuración del lecho de relativo equilibrio morfológico, con altas tasas de transporte de sedimentos.

La tendencia a simplificar los fenómenos complejos de transporte de sedimento y de evolución morfológica en ríos de montaña, y la tentación de utilizar obras exitosas para el control de procesos morfodinámicos en torrentes extrapolándolas a los ríos de montaña en general, ha llevado, en el campo de la ingeniería de ríos, a plantear la construcción de series de diques de baja altura separados una corta distancia, en cauces con lechos granulares y altas tasas de transporte de material.

En estos casos se ha observado que la planteada, no resulta la mejor solución estructural para la estabilización del fondo, debido a que la metodología de diseño tradicional de las mismas, basada en un criterio puramente geométrico, da como resultado la necesidad de implantar un gran número de obras, con alto costo, que en poco tiempo dejan de cumplir con su objetivo original de reducir las pendientes del lecho en el tramo sistematizado.

La necesidad de controlar los procesos morfodinámicos en algunos tramos de este tipo de ríos, ha motivado al Programa de Hidráulica Fluvial del INA a estudiar el comportamiento de estas obras desde distintos enfoques: por aplicación de un modelo numérico de evolución de lechos en ríos con sedimentos heterogéneos, mediante modelos físicos a fondo móvil con aporte sólido, y observaciones directas de campo en ríos de zonas de montaña del Noroeste Argentino, tales como los ríos Iruya (Salta) y Medina (Tucumán), y el arroyo Santa Rita (Jujuy).

De los estudios llevados a cabo se concluye que las obras definidas a partir de un análisis morfológico del río, son una alternativa eficaz y de mucho menor costo respecto al criterio geométrico tradicional en el diseño de obras de estabilización del lecho en ríos de montaña.

OBRAS DE CONTROL DEL LECHO EN TORRENTES

Para estabilizar el cauce y controlar los escurrimientos en cursos de muy alta pendiente, es común la construcción de conjuntos de diques muy cercanos entre sí. En general, la altura, cota de coronamiento y la distancia entre obras se determinan mediante simples criterios geométricos, basados a veces en formulaciones empíricas y la experiencia de los proyectistas, lo que da lugar habitualmente a encontrar expresiones de cálculo sólo aplicables a la región en

que fueron desarrolladas. El objeto de estas obras es lograr una configuración de lecho estable, con una serie de saltos y tramos de cauce entre obras, con una pendiente longitudinal menor a la del curso natural.

Como se indicara, en los países en que se han aplicado gran parte de estas obras de sistematización (Italia, Suiza, Austria, Japón, etc), es común la presencia de zonas pobladas o con obras de infraestructura en correspondencia con pequeñas quebradas de fuerte pendiente. Un ejemplo de una obra de sistematización de torrentes en Italia, puede apreciarse en la Figura 1.



Figura 1.- Obras de sistematización de torrentes.

Salvo que existan controles geológicos, la pendiente del cauce y su composición granulométrica, estará dada por la condición de equilibrio de transporte a largo plazo, donde la pendiente del cauce y la granulometría del material del lecho quedarán conformadas por la fracción de los sedimentos que son aportados y acarreados como transporte de fondo. En el mediano plazo se presentan procesos de acorazamiento dinámico del lecho e inclusive el desarrollo de otros fenómenos tales como la formación de sistemas del tipo “step-pool”, en los que el cauce tiende a una condición de máxima resistencia. Estas estructuras suelen romperse para eventos críticos (recurrencias del orden de 10 a 50 años), volviendo el cauce a adquirir su conformación histórica (Lenzi, 1999).

Un caso típico que se observa en torrentes es la ocurrencia de aportes sólidos durante eventos críticos, habitualmente asociados a procesos de remoción en masa. El resto del tiempo predominan escurrimientos en aguas claras, durante los que se desarrollan procesos de acorazamiento del lecho.

Ante la construcción de obras en cascada en estas condiciones, sólo en pocas ocasiones los escurrimientos traerán sedimentos que puedan constituir transporte de fondo, mientras que el resto de los eventos no afectarán la morfología del lecho, pero sí la de los depósitos, los que

tenderán a adquirir una pendiente del orden de la crítica del material sedimentado y menor a la del cauce.

Si se presenta un evento crítico con el ingreso al sistema de grandes volúmenes de material, aguas arriba de las obras el lecho se adaptará rápidamente a las nuevas condiciones de transporte y los sedimentos serán llevados a la zona de obras, donde encontrarán condiciones favorables para su deposición tendiendo a la pendiente del tramo de aguas arriba, es decir la de equilibrio a largo plazo del torrente. Este proceso se irá desarrollando desde la primera obra hacia aguas abajo, produciéndose la colmatación progresiva si los volúmenes de material son suficientes.

Los procesos de evolución de los depósitos son función del material generado en las cuencas de aporte y no de los procesos asociados a los escurrimientos. Por ello la factibilidad técnica para construir este tipo de obras en cascada para sistematizar torrentes, deberá ser función de la generación de sedimentos en las cuencas de aporte y de la capacidad de transporte del cauce.

RÍOS CON ALTAS TASAS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

En ríos de montaña con su lecho bajo una condición media de equilibrio morfológico y altas tasas de transporte de sedimentos, la construcción de series de diques a partir de los criterios anteriores, puede no ser la mejor alternativa para el control de los procesos morfodinámicos, ya que los procesos asociados al transporte de material sólido se desarrollan con mayor velocidad. En estos casos, la gran cantidad de sedimentos producidos en las cuencas de aporte que pueden ser acarreados como transporte de fondo, participan en la conformación del material del lecho, y la pendiente longitudinal se corresponde con la de equilibrio medio dada por el transporte y la coraza desarrollada ante el pasaje de los eventos que fueron modelando el tramo de río.

Como se expresara antes, en el Noroeste Argentino, y particularmente en la alta cuenca del río Bermejo, existen ríos con estas características, es decir, fuerte pendiente, cuencas de aporte activas y de grandes dimensiones, con altas tasas de producción de sedimentos.

Para evaluar cómo se desarrolla la evolución del lecho ante diversas obras de control y estudiar las mejores alternativas en el proyecto de obras de estabilización del cauce en este tipo de ríos, se ha utilizado un modelo numérico de evolución de lechos en ríos con sedimentos heterogéneos de desarrollo propio, cotejándose los resultados con modelos físicos y observaciones directas de campo.

Con estas herramientas se evaluó la factibilidad de proyectar obras de estabilización del lecho en ríos de montaña con altas tasas de transporte de sedimentos, del tipo de las utilizadas para sistematizar torrentes de muy alta pendiente, dando al diseño una base morfológica, diferente de la geométrica, clásica para este tipo de obras.

A modo de ejemplo, en la Figura 2 se presentan resultados obtenidos con el modelo, del funcionamiento de una serie de obras en el río Colanzulí-Iruya (Brea, 2003).

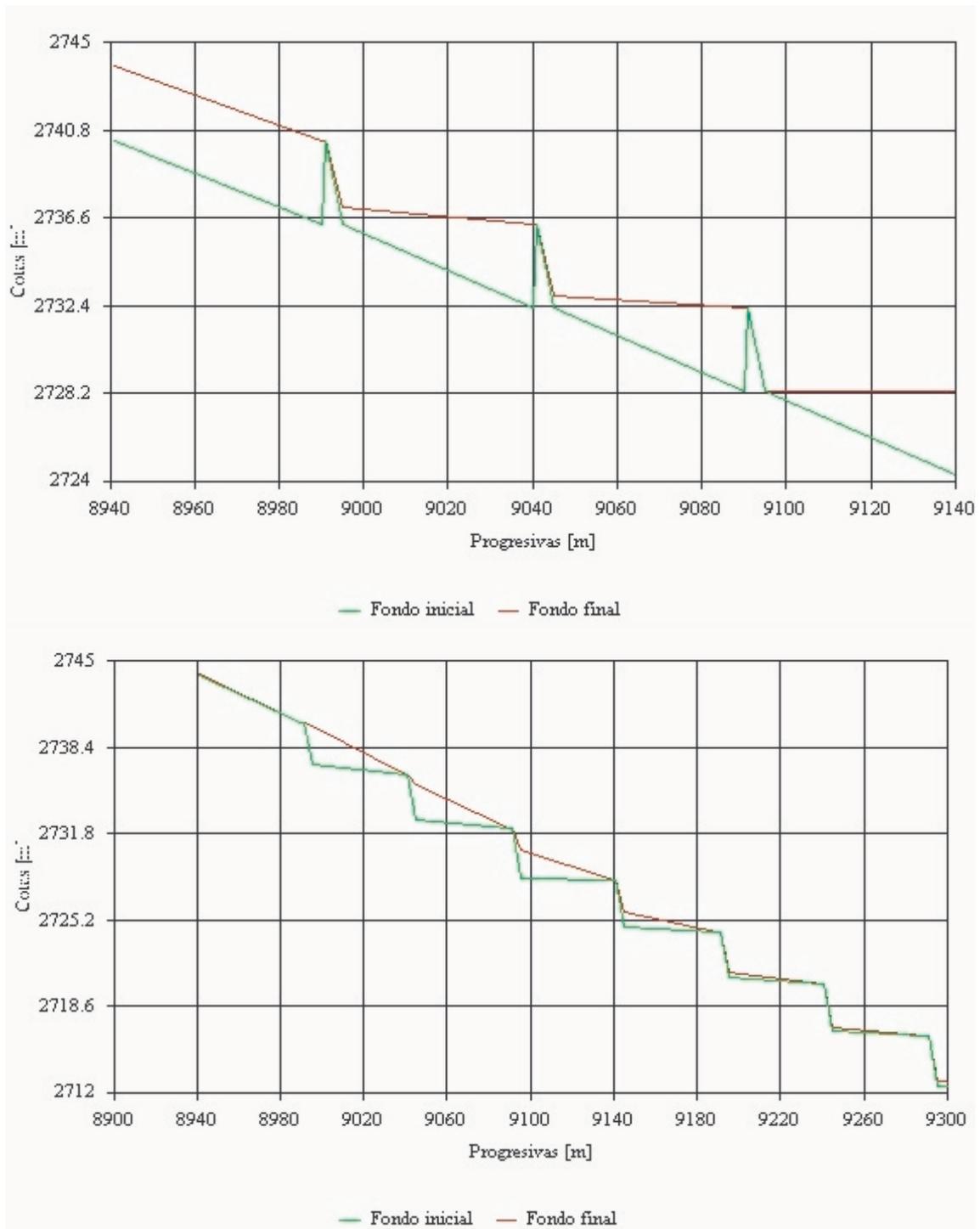


Figura 2.- Resulta del modelo – Obras proyectadas en el río Colanzulí-Iruya.

Debido a los procesos de sedimentación observados aguas arriba de las estructuras en pocos ciclos de crecida, rápidamente el cauce tiende a adquirir la pendiente original, pero en correspondencia con las crestas de las estructuras. En estas condiciones en poco tiempo las obras dejan de actuar como control de sedimentos y de la velocidad del escurrimiento y sólo cumplen con la función de fijar el fondo del río.

A medida que se tiende a la nueva condición de estabilidad tras los desequilibrios inducidos por las obras, la pendiente se acercará al valor que presentaba originalmente, los depósitos

irán aumentando progresivamente los tamaños de las partículas tendiendo a adquirir granulometrías semejantes a la del lecho antes de las obras, y el agua escurrirá entre obras a velocidades medias del orden de las que se tenían en la condición natural.

Los resultados del modelo numérico se confirmaron a partir de observaciones directas de campo, ya que algunas de las obras estudiadas en el río Colanzulí fueron construidas y los procesos morfológicos desarrollados en torno a las estructuras se correspondieron con los predichos por la modelación, tal como se observa en la Figura 3 donde se aprecia que tras el paso de sólo una crecida el lecho se localiza en correspondencia con la cresta de la obra.



Figura 3.- Situación del lecho en la obra construida en el río Colanzulí-Iruya.

Mediante el uso del modelo y de las observaciones de campo, se ha verificado que la estabilización del cauce mediante umbrales de fondo, ubicados de acuerdo a un análisis morfológico, es una alternativa eficaz y de mucho menor costo respecto al criterio geométrico tradicional en el diseño de este tipo de obras.

CONCLUSIONES

- Para estabilizar torrentes y controlar los escurrimientos, es común la construcción de diques en cascada, diseñados con un criterio geométrico. Se ha verificado con estas obras un correcto funcionamiento en el control de los procesos morfodinámicos.
- La tendencia a utilizar obras exitosas para el control de torrentes extrapolándolas a los ríos de montaña en general, ha llevado a plantear la construcción de series de diques en cauces con altas tasas de transporte de material.
- Mediante el uso de un modelo para estudiar la evolución morfológica de ríos de montaña y de las observaciones de campo, se ha verificado que la estabilización del cauce mediante umbrales de fondo, ubicados de acuerdo a un análisis morfológico, es

una alternativa eficaz y de mucho menor costo respecto al criterio geométrico tradicional en el diseño de obras de estabilización del lecho en ríos de montaña con altas tasas de transporte de sedimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brea, J.D.; Spalletti, P.D. (2003). "Estudios Hidráulicos de las obras de sistematización del cauce del río Colanzulí-Iruya".

Lenzi, M.A.; D'Agostino, V. (1999). "Step pools of the Río Cordon". *Quaderni di Idronomia Montana 20 – Dynamics of water and sediments in mountain basins*. Editoriale BIOS.