

CONTROL DE EROSIÓN DE MÁRGENES EN ZONAS DE CONOS DE DEYECCIÓN. EL CASO DEL RÍO PESCADO. SALTA

Gabriel E. Amores¹, Gustavo O. Salerno¹, José D. Brea²

¹INMAC S.A. José Ingenieros 3417. CP B1643FRQ. Beccar. Buenos Aires. Argentina

²Programa Hidráulica Fluvial - Laboratorio de Hidráulica - Instituto Nacional del Agua (INA)

E-mail: gamores@inmac.com.ar - gsalerno@inmac.com.ar - dbrea@ina.gov.ar

www.inmac.com.ar - www.ina.gov.ar

RESUMEN

El río Pescado, ubicado en la provincia de Salta, es uno de los mayores tributarios del río Bermejo, afluente del río Paraguay. Una de las características singulares del río Pescado es su alta carga de sedimentos en suspensión. El “Ingenio San Martín del Tabacal”, importante productor de azúcar del país, es adyacente a la margen derecha del río, en una longitud de aproximadamente 4 km. Durante los importantes picos de crecida, dicha margen del río se ve afectada por severos procesos erosivos, con importantes pérdidas de cultivos e infraestructura productiva. Diferentes propuestas de protecciones de márgenes fueron diseñadas para resolver el problema, seleccionándose finalmente un sistema de protección integral.

La decisión sobre el sistema de protección seleccionado se tomó sobre la base de una serie de estudios básicos que incluyeron la evaluación de la producción de sedimentos, y una caracterización morfológica del área, completada con un modelo morfológico conceptual del río. En este contexto es de resaltar que la zona a defender se encuentra emplazada en el cono de deyección del río, lo que constituye una dificultad adicional al problema, ya que el río pierde su control lateral, dado por las montañas aguas arriba, cambiando su pendiente, dispersándose el flujo de agua sobre un ancho valle aluvial, que genera la deposición de sedimentos en forma de lóbulos.

ABSTRACT

The Pescado River, located in Salta (Northeast of Argentina), is the biggest tributary of the Bermejo River, which in turn discharges to the Paraná River. One singular feature of the Pescado River is its high suspended sediment load. The “Ingenio San Martin del Tabacal” (sugar producer) lies adjacent to the right margin of the river, for a length of about 4 km. During those high discharges, part of the river margin is flooded, as a result of which big streambank scour is produced, losing very high quantities of rich agricultural soil. Several different proposals of local streambank protection had been made before the present project was undertaken. But, finally, the present integral protection system was adopted.

Basic studies were undertaken, including a sediment production test and a morphologic numerical model of the river. From them it was concluded that the proposed integral protection system, including groins and local protection works for the water intake, was the most appropriate solution to get a reasonable level of security for the affected area. The place where the protection system stands is in the middle of the dejection cone of the river. That was an important additional difficulty, because there the river loses its lateral control (provided by the mountains in the upstream part), and change its gradient, dispersing the flow on a big alluvial valley and generating lobular deposits of sediment.

INTRODUCCIÓN

Los conos de deyección o abanicos aluviales constituyen acumulaciones de sedimentos en una zona donde, en general, los ríos abandonan el fuerte control geológico cordillerano, e ingresan a una planicie aluvial o un valle de otro origen. Este proceso se ve acompañado por un fuerte cambio en la pendiente, que implica la brusca pérdida en el río de su capacidad para transportar sedimentos, generando los depósitos que conforman los abanicos.

Las particulares características de los ríos en la zona descripta, plantean problemas a la hora de

definir obras de protección de márgenes o control de erosión. Si bien en los abanicos aluviales predominan los procesos de sedimentación, la variabilidad de los caudales y de la carga sólida, más la concentración de caudales en zonas preferenciales, producida por las características y conformación de los depósitos, pueden generarse fenómenos de socavación de gran intensidad, tanto locales como generales, en líneas de concentración del flujo.

El río Pescado, ubicado en la provincia de Salta, es uno de los mayores tributarios del río Bermejo, afluente del río Paraguay. Una de las características singulares del río Pescado es la alta carga de sedimentos en suspensión que transporta, que es del orden de 40 millones de toneladas anuales, lo que representa cerca del 40 % de los sólidos en suspensión transportados por el río Paraná a la altura de Corrientes .

En la Figura 1 puede observarse la zona en cuestión. Sobre la margen derecha del río en la zona se ubica el “Ingenio San Martín del Tabacal”, importante productor de azúcar del país, abarcando una longitud de costa de aproximadamente 4 km. Durante los picos de crecida, dicha margen del río se ve afectada por severos procesos erosivos, con importantes pérdidas de cultivos e infraestructura productiva.



Figura 1.- Río Pescado en zona de estudio.

Diferentes propuestas de protecciones de márgenes fueron diseñadas para resolver el problema de erosión, seleccionándose finalmente un sistema de protección integral para resolver el problema planteado. En la Figura 2 se indica la zona de trabajo.

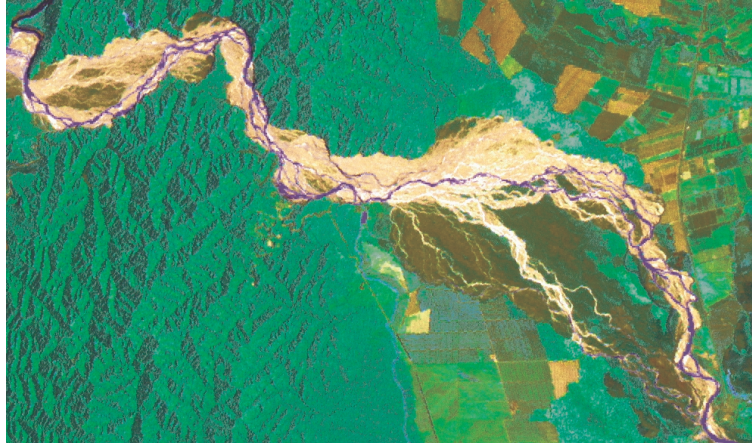


Figura 2.- Río Pescado zona de trabajo.

La decisión sobre el sistema de protección a ejecutar se tomó sobre la base de una serie de estudios básicos que incluyeron la evaluación de la producción de sedimentos en la cuenca del río Pescado, y una caracterización morfológica del área, completada con un modelo morfológico conceptual del río.

El sistema integral de defensa de la margen derecha del río consistió en la construcción de una batería de 27 espigones, de diferentes características y materiales, que trabajan tratando de alejar el flujo del río de la margen a proteger. Los espigones tienen un cambio gradual de altura en su perfil longitudinal, de modo de disminuir los efectos de arrastre y la alteración general del comportamiento del curso de agua.

La construcción de los trabajos de defensa se completa con un plan de mantenimiento y control de erosión, que se está llevando a cabo, de modo de asegurar la estabilidad del sistema hasta lograr el objetivo de obra. El sistema construido ha sufrido el pasaje de picos de crecida de algo más de 1000 m³/seg, verificándose el buen funcionamiento de las obras.

RÍOS EN ABANICOS ALUVIALES

Como ya se expresara, los abanicos aluviales constituyen acumulaciones de sedimentos en una zona donde los ríos abandonan el fuerte control geológico cordillerano, e ingresan a una planicie aluvial o un valle de otro origen.

La conformación más común de los abanicos obedece a la divagación de los cauces a un lado y otro del ápice o punto de salida del río en la montaña. Esto implica una peculiar forma de depositación de los sedimentos en los conos, por episodios temporales, que favorecen la creación de lóbulos. Cada lóbulo puede mantenerse en formación por largos períodos, hasta que finalmente estarán tan elevados en comparación con el resto del cuerpo del depósito, que el río puede romper hacia un lóbulo mas bajo.

La dinámica del río en las zonas de abanicos es el resultado de las condiciones topográficas, hidráulicas, climáticas, geológicas y geomorfológicas imperantes.

Dicha dinámica también está influenciada por fenómenos localizados de socavación y erosión que ocurren en un cauce aluvial por la diferencia que existe entre las tasas de abastecimiento de

sedimentos y la capacidad de los ríos para transportarlos.

Como ya se expresara, si bien en las zonas de abanicos predominan los procesos de sedimentación, la dinámica morfológica puede inducir procesos erosivos de gran intensidad. Varios fenómenos influyen en el desarrollo de estas erosiones concentradas, entre los cuales se destacan la dinámica direccional de la corriente, la dificultad de la corriente para expandirse (los flujos de alta velocidad tienden a concentrarse en un chorro central de alto caudal unitario, a cuyos lados el caudal fluye a baja velocidad, con menos carga sólida), corrientes secundarias creadas por los obstáculos, exceso de deposición en una zona del abanico (lóbulo), fenómenos de avulsión, entre otros.

Los fenómenos de avulsión ocurren cuando un escurrimiento cargado de sedimentos deposita instantáneamente su carga, cerrándolo y saltando luego sobre el depósito para formar un nuevo chorro, en una dirección diferente a la que llevaba. La depositación ocurre por la alta concentración de sedimentos y a la súbita pérdida de capacidad de transporte en sitios de variación brusca de la pendiente.

El funcionamiento descrito de los ríos en la zona del cono de deyección, permite dar una idea cabal de la dificultad en definir en dichas zonas obras de control de erosión tendientes a proteger las márgenes del río. Del análisis resulta claro que cualesquiera sea el tipo de obra seleccionada, la misma debe ser de defensa de la margen a proteger, no siendo recomendables soluciones de desvío de las aguas mediante obras de canalización del curso, las que rápidamente dejarán de cumplir el objetivo, de acuerdo a todo lo explicado sobre el comportamiento de los ríos en abanicos.

CONTROL DE EROSIÓN EN EL RÍO PESCADO

El río Pescado es el más caudaloso de los afluentes del río Bermejo, desde Junta de San Antonio, hasta la Junta de San Francisco. Nace en las sierras de Santa Victoria a 4000 m de altura y tiene como afluente principal al río Iruya, de elevada producción de sedimentos. Las cuencas de ambos ríos pueden observarse en la Figura 3

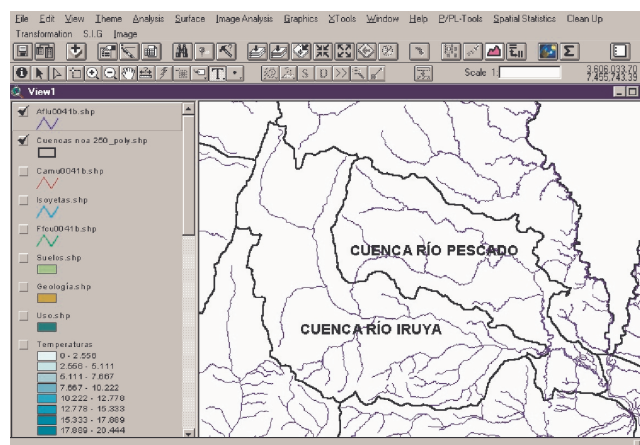


Figura 3.- Cuencas Río Pescado y Río Iruya.

Una característica singular de este río es la alta carga sólida que transporta. En efecto, analizando los porcentajes de aporte sólido en suspensión de los principales ríos de la alta

cuenca del Río Bermejo, puede observarse que el río Iruya y el río Pescado, en conjunto, aportan el 47 % del total de los sedimentos transportados por río Bermejo aguas abajo de la junta de San Francisco.

Entre los estudios básicos realizados, se calculó la producción de sedimentos por erosión superficial en las cuencas del Pescado y del Iruya. En la Figura 4 se presenta el mapa con la distribución de la tasa de producción de sedimentos. Pueden identificarse las zonas con mayor tasa de producción en ambas cuencas.

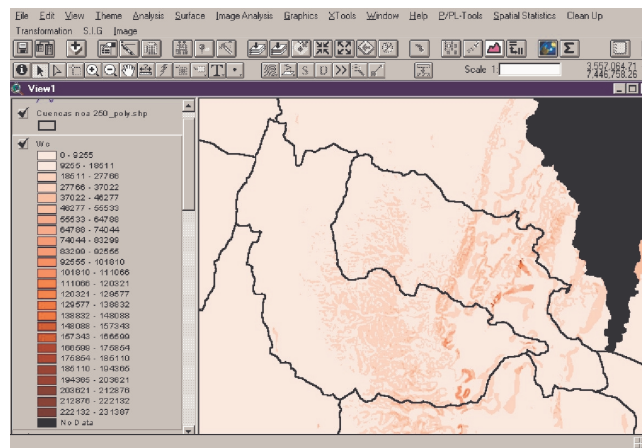


Figura 4.- Mapa de tasa de producción de sedimentos.

Se incluyó entre los estudios previos la implementación de un modelo morfológico del río Pescado en la zona en estudio. Como puede apreciarse en la Figura 2, esta zona se ubica en el tramo inicial del cono de deyección del río, siendo válidas en consecuencia todas las consideraciones realizadas al respecto en el desarrollo del trabajo.

Si bien en estas condiciones es dificultosa la tarea de representar correctamente el movimiento del agua y el sedimento en la zona de influencia, con el fin de determinar variables de diseño de obras a ser construidas, se realizó un modelo conceptual que permitiera un mejor conocimiento el funcionamiento hidrosedimentológico del río, a través de la resolución de situaciones cercanas a la realidad física de los fenómenos intervinientes.

En estas condiciones, se implementaron tres esquemas de modelación del tramo de río en estudio. Se trata de esquemas conceptuales, que muestran el comportamiento esperable en un tramo de río como el Pescado en la zona de la toma de agua.

En la Figura 5 se presenta el resultado de la corrida efectuada para un caudal de 2330 m³/s, escurriendo durante 24 horas, que se corresponde al caudal medio diario de una crecida de 25 años de recurrencia. Muestra los perfiles longitudinales del río, inicial y luego del pasaje de la crecida.

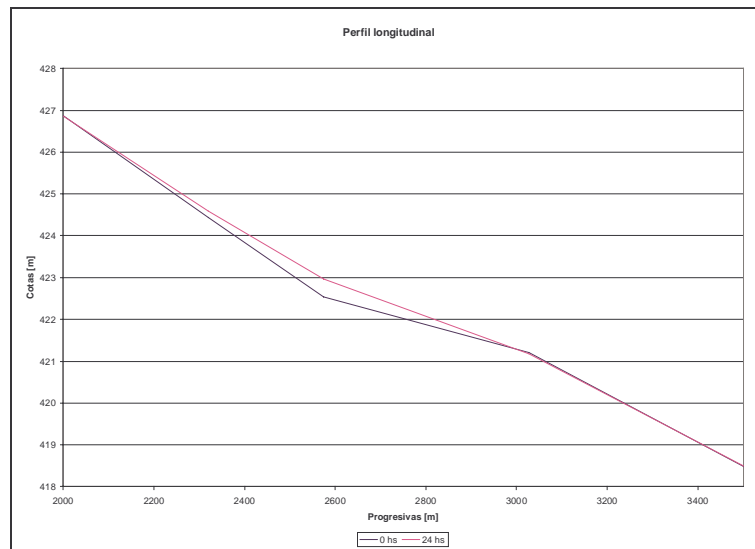


Figura 5.- Perfil longitudinal inicial y final para $Q=2330$ m³/s

Para la crecida simulada, el incremento de la cota de fondo máximo fue de casi 50 centímetros. Sobre la base de los estudios realizados, y en función de las necesidades de protección de la margen derecha del río, se definió un sistema integral de defensa, que consistió en el proyecto y construcción de una batería de 27 espigones, de diferentes características y materiales, que trabajan tratando de alejar el flujo del río de la margen a proteger. Los espigones tienen un cambio gradual de altura en su perfil longitudinal, de modo de disminuir los efectos de arrastre y la alteración general del comportamiento del curso de agua. La relación entre la longitud total de cada espigón y el ancho total del río en correspondencia con cada uno de ellos, se mantuvo siempre debajo del 10 %, lo que garantiza la no afectación de la margen izquierda del río por efectos de la contracción.

Las defensas propuestas están ubicadas en general con una separación menor o igual a 4 veces la luz de trabajo del espigón y en su extremo o cabeza producen una socavación controlada que asegura el auto dragado para mantener alineado el cauce independientemente del nivel de la crecida y del aporte de sedimentos continuo.

En base a la experiencia en este tipo de ríos con verdaderas coladas de material sólido las colchonetas que protegen la cabeza poseen en su perímetro activo un gavión que actúa a modo de contrapeso para evitar el movimiento hacia arriba del revestimiento en el golpe de crecida. Las Figuras 6 y 7 muestran parte de las obras construidas.



Figura 6.- Detalle espigones.



Figura 7.- Planta zona de obra y espigones.

La malla de las tapas de los colchones es de doble torsión y 3 mm de diámetro para prevenirse de la fuerte abrasión del material en suspensión del cauce.

En la Figura 8 se presenta una vista aérea de la zona del cono hasta la ruta. Puede apreciarse la magnitud del fenómeno y el riesgo de afectación de tanto de infraestructura como de tierras productivas.



Figura 8.- vista zona de hasta la ruta

CONCLUSIONES

Se han presentado las características de los ríos en conos de deyección o abanicos aluviales, y las dificultades en encarar obras de control de erosión en dichas zonas. Las mismas permiten concluir que, para encarar tareas de defensa de márgenes, no resultan recomendables soluciones de desvío de las aguas mediante obras de canalización del curso, las que rápidamente dejarán de cumplir el objetivo, de acuerdo a todo lo explicado sobre el comportamiento de los ríos en abanicos. Deben pues ejecutarse obras de defensa sobre la margen a proteger.

En el caso del río Pescado, el comportamiento morfológico en la zona se ve potenciado por el alto aporte de materiales sólidos de las subcuencas del Iruya y del Pescado, que son transportados por el río.

Las obras de espigones resultan una buena solución de los problemas de control de erosión en estas zonas, especialmente si las obras se complementan con un plan de mantenimiento y control de erosión, que permita asegurar la estabilidad del sistema hasta lograr el objetivo de obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brea, J.D.; Hopwood, H.J.; Amores, G.E. (1992). "Parámetros de diseño de protecciones de márgenes mediante series de espigones" XV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena, Colombia.

Brea, J.D.; Hopwood, H.J.; Amores, G.E. (1994) "Parámetros de diseño de protecciones de márgenes mediante series de espigones flexibles" XVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica Santiago de Chile, Chile.

INMAC (2004) "Proyecto de Defensas de la Margen Derecha del Río Pescado, aguas abajo de la Toma de Abra Grande".

