

¿CUÁL ES EL ANCHO DE UN RÍO Y SUS IMPLICANCIAS EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS VIALES?

Arturo Rocha Felices
Consultor de Proyectos Hidráulicos

Conferencia dictada en el IX Congreso Internacional de Obras de Infraestructura Vial, organizado por el Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). Lima, setiembre 2010.

CONTENIDO

Resumen

- 1. Importancia y Presentación del Tema*
- 2. Clasificación de los Ríos*
- 3. Los Cauces*
- 4. Las Riberas*
- 5. Las Fajas Marginales*
- 6. El Dominio Público Hidráulico*
- 7. Las Invasiones Viales*
- 8. Ancho del Encauzamiento*
- 9. Conclusiones y Recomendaciones*

Referencias

Anexo: Capítulo III del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos.

Resumen

El ancho de los ríos es variable, principalmente con el caudal, lo que suele tener serias implicancias en el planeamiento, diseño, construcción, operación y mantenimiento de diversas obras de ingeniería, viales o no, ubicadas en el lecho fluvial o en sus inmediaciones.

Luego de desarrollar la importancia del tema y de presentar algunas ideas sobre la clasificación de los ríos, se expone los conceptos de cauce, riberas y fajas marginales y algunas de las dificultades para su delimitación. Se examina luego las invasiones viales y se termina con algunas conclusiones y recomendaciones.

1. Importancia y presentación del tema

La pregunta que da título a este trabajo parecería tener una respuesta muy simple. Sin embargo, no es así. La dificultad que existe para dar una respuesta confiable es una de las razones por las que ocurren numerosas fallas en las obras, viales o no, ubicadas en las proximidades de un río o sobre su lecho. Sabemos que, por lo general, los cursos de agua no tienen un ancho constante y definido, sino que éste varía en función de los caudales que se presentan, así como de otros numerosos e importantes factores. Esa variación es particularmente intensa en los ríos jóvenes, los que tienen una mayor tendencia a cambiar, no sólo su ancho sino su sección transversal y su recorrido.

¿Cómo saber cuál es el ancho que va a tener un río cuando se presente una determinada avenida? Resolver esta cuestión es tarea de la Hidráulica Fluvial. Pero, hay una dificultad mayor involucrada en la cuestión: ¿Cuán grandes pueden ser las avenidas que se presenten alguna vez? Y, de las avenidas que puedan ocurrir, cuál o cuáles escogeremos al establecer la Avenida de Diseño.

En el manejo de ríos es necesario aceptar que puede presentarse una avenida mayor que la esperada y, entonces, el río adquirirá transitoria y eventualmente un ancho mayor. De acá la necesidad de considerar adecuadamente los conceptos de cauce fluvial, riberas y fajas marginales, no solo desde el punto de vista de la planificación de las obras ubicadas en las inmediaciones de un río, sino como una información valiosa e indispensable para el manejo de las avenidas y del uso de las áreas de inundación. Para todo lo cual es necesario recordar algunos conceptos sobre los diferentes tipos de ríos a los que nos enfrentamos.

2. Clasificación de los ríos

Para estudiar los efectos de la proximidad entre un río y las obras viales es necesario tener en cuenta que existen dos grandes tipos de ríos: los aluviales y los confinados. Los ríos aluviales o de ancho indefinido están cambiando constantemente de posición y forma. Su ancho es muy variable. No podemos perder de vista que los ríos que corren sobre un material aluvial tienen la tendencia a adquirir mediante un mecanismo que ha sido llamado de autoajuste, la pendiente, el ancho y el tirante correspondientes al gasto líquido, al gasto sólido y al tamaño de los sedimentos que arrastran, lo que ha sido estudiado principalmente por Blench. Este principio general de Hidráulica Fluvial sigue siendo válido

durante las grandes descargas de agua y de sólidos que se presentan eventualmente (Fig. 1).

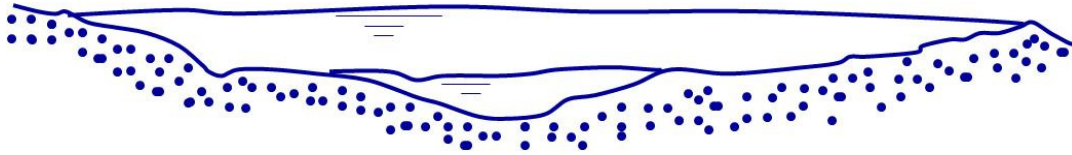


Fig. 1 Río de ancho indefinido: con áreas de inundación

Resulta entonces claro que un río aluvial tiene tendencia a desplazamientos longitudinales y transversales y a desarrollar procesos fluviomorfológicos como erosión (degradación) y sedimentación (agradación). En estas circunstancias se hace evidente el conflicto entre el río y las estructuras ubicadas en sus proximidades, especialmente cuando en el diseño de ellas no se hubiese tenido en cuenta el intenso dinamismo fluvial (Fig. 2).

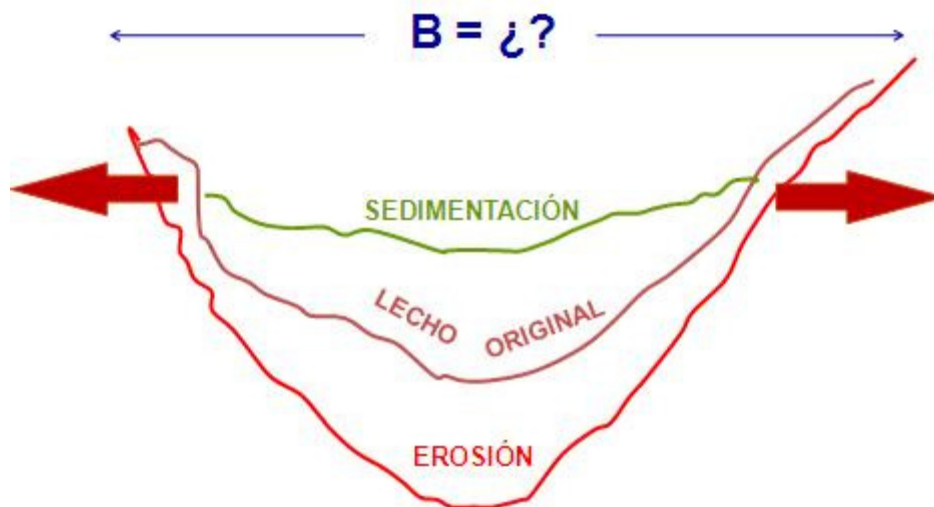


Fig. 2 Río de ancho indefinido: con tendencia a aumentar o disminuir su ancho.

En cambio, los ríos confinados no tienen la posibilidad de desplazamientos transversales (laterales). El confinamiento puede ser natural o artificial. El típico confinamiento natural se presenta cuando un río corre entre cerros (Fig. 3 y 4). El confinamiento artificial ocurre cuando se ha construido defensas y el río está encauzado (Fig. 5).

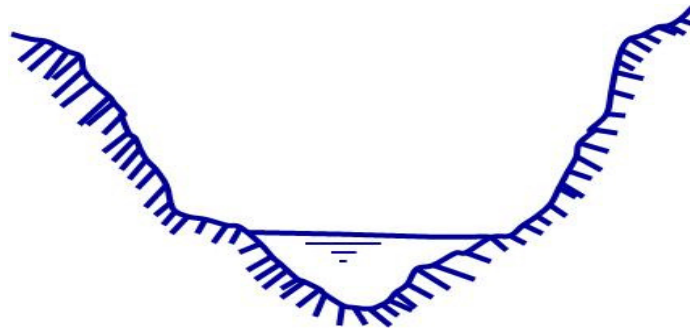


Fig. 3 Río con confinamiento natural



Fig. 4 Río Vilcanota (confinamiento natural)

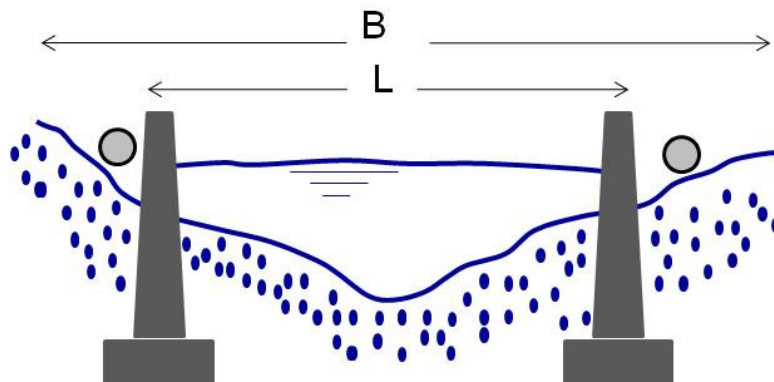


Fig. 5 Río confinado artificialmente (encauzamiento)

Cuando se presentan las avenidas, el río aluvial desarrolla la tendencia antes señalada de adquirir su propio ancho e invade (inunda) las áreas vecinas, que muchas veces le pertenecen porque son parte del

cauce fluvial. Otras veces son las obras viales las que invaden el cauce (potencial) de un río y se presentan graves daños. La movilidad fluvial tiene características especiales cuando se trata de un río meándrico, debido a la migración de meandros (Fig. 6).



Fig. 6 La migración del meandro amenaza la estabilidad de un camino próximo

En los ríos entrelazados el ancho es grande y difícil de precisar. De lo expuesto resulta que hay que tener muy claros los conceptos sobre cauces, riberas y fajas marginales, que se expone a continuación.

3. Los cauces

Conviene recordar a partir de la normatividad vigente y del DRAE (Diccionario de la Real Academia Española) algunas definiciones fundamentales para el mejor conocimiento del cauce de los ríos. “Madre” es el terreno por donde corren las aguas de un río o arroyo. Es el “cauce por donde ordinariamente corren las aguas de un río o arroyo”, según la definición del DRAE. De acá viene la expresión “salirse de madre”, que significa salirse del cauce, “desbordarse un río”, lo que ocurre muchas veces.

Los términos cauces, riberas y fajas marginales, antes mencionados, están definidos en la Ley y a ella nos referiremos a continuación. La Ley N° 29338 llamada de Recursos Hídricos fue promulgada el 30 de marzo del 2009. El 23 de marzo del 2010 se expidió su Reglamento, cuyo Capítulo III trata de los Cauces, Riberas y Fajas Marginales, el que se incluye como Anexo de esta exposición. El conocimiento del significado e implicancias de los términos que dan título al Capítulo III, y de otros relacionados, es sumamente importante en el

planeamiento y diseño de las obras, viales o no, ubicadas en las inmediaciones de los cauces o sobre ellos. Estos conceptos ya estaban considerados en la antigua Ley General de Aguas de 1969 y sus reglamentos.

El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos define el álveo o cauce como “El continente de las aguas durante sus máximas crecientes” (Art. 108º). Sin embargo, el Reglamento no precisa qué debe entenderse por “máximas crecientes”. Este es un problema difícil, que debemos tener presente, y al que no puede dársele una solución general, pero que tampoco debe ignorarse.

El cauce pertenece al río. El cauce es un bien natural asociado al agua y forma parte del Dominio Público Hidráulico, que se detalla más adelante. En consecuencia, es la Autoridad la que debe fijar en cada río, en cada tramo de él, si fuese necesario, cuales son las “máximas crecientes” que determinarán el ancho del cauce. Es significativo que el Reglamento use el plural: “máximas crecientes”. Es decir, que implícitamente se está refiriendo a un periodo de retorno, a crecientes, no necesariamente iguales, que aparecen cada cierto tiempo.

Evidentemente que el ancho del cauce puede fijarse de varios modos, según las características de cada río y de la información disponible. El problema tiene que resolverse en cada río (en realidad, en cada tramo fluvial) y para cada circunstancia. Podría adoptarse un determinado periodo de retorno y hallar el caudal correspondiente a partir del cual se determinará el ancho fluvial. Otra posibilidad es realizar el examen del lugar e identificar hidráulicamente el cauce que eventualmente (es decir, cada cierto tiempo) ocupa el río. Para esto es muy útil el testimonio de los habitantes del lugar y las huellas dejadas por las “máximas crecientes”. Recordemos que lo que sucedió alguna vez, volverá a suceder. La realidad física, topográfica y geológica, entre otras consideraciones, pueden ser determinantes (morfología fluvial, estabilidad de taludes, etc.). En cada río, de un modo u otro, debe fijarse en cada tramo el ancho del río correspondiente al concepto de cauce. Domina, pues, el concepto de lo que podríamos llamar el área de influencia del río. En muchas partes del mundo se usa el concepto de *plenissimum flumen* con el que se designa “las más altas aguas en su estado normal”.

Pero, en las zonas áridas y semiáridas los cauces no siempre están ocupados por el agua. De acá la necesidad de examinar los llamados “cauces secos”.

3.1 Los “cauces secos”

Los llamados “ríos secos” y las “quebradas secas”, a los que podría llamarse “cauces secos”, son muy comunes en el Perú, pues se originan como consecuencia del régimen irregular de lluvias que hay en muchos lugares. Se trata de los cauces inactivos. Estos ríos y quebradas pueden no presentar descargas durante décadas, de allí la denominación (engañosa) de “secos”, pero en determinadas circunstancias ocurren descargas fuertes y de corta duración. También se les da el nombre de “ríos locos”, pues a la irregularidad de sus descargas se añade la inestabilidad (divagación) de su cauce.

Cuando determinados cauces permanecen muchos años como inactivos puede ocurrir que como consecuencia del transporte de las arenas eólicas, o por cualquier otra circunstancia, el cauce quede cubierto y, cuando en un momento dado se presente una crecida, el río creará otro cauce. Los cauces inactivos son verdaderos paleocauces (cauces antiguos) que interesan mucho a los arqueólogos y que deben preocupar a los ingenieros. Debe tenerse en cuenta que dichos cauces siguen siendo potencialmente cauces fluviales y que, como ha ocurrido muchas veces, en un momento dado se activan nuevamente. A estos cauces de descargas eventuales algunos autores, como Martín Vide, los llaman “ríos efímeros, por oposición a los ríos perennes.” Son característicos de las zonas áridas y semiáridas y muy frecuentes en el Perú. Se comprende fácilmente que estos cauces “secos” pueden dar lugar a un ancho que es difícil de calcular y de prever.

A veces ocurre que al activarse los cauces “secos” se manifiestan como un abanico fluvial (Fig. 8). Las ocupaciones urbanas, agrícolas o de cualquier otro tipo, de uno o más de los brazos constituyentes del abanico disminuyen notablemente la capacidad de conducción del sistema. Muchas veces ocurre que son las obras viales las que ocupan estos brazos y los reducen a una o más alcantarillas. En consecuencia, la formación de los abanicos obliga a pensar y establecer muy bien cuál es el ancho fluvial que debe considerarse.

El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos menciona los cauces que han quedado inactivos (es decir, que no tienen descargas) y señala que esto se produce “por variación del curso de las aguas” y añade que “continúan siendo de dominio del Estado, y no podrán ser usados para fines de asentamientos humanos o agrícolas.” (Art. 109º). Evidentemente, que la “variación del curso de las aguas” puede deberse a condiciones naturales o inducidas por la acción humana.

Con respecto a la ocupación de los cauces inactivos el Reglamento solo se refiere a dos prohibiciones (asentamientos humanos y agrícolas). Sin embargo, es evidente, que debe evitarse la construcción de obras viales (o de cualquier otro tipo) en cauces inactivos o en sus áreas de influencia. Si su utilización fuese indispensable debería examinarse y preverse cuidadosamente la posibilidad real de que dichos cauces se activen, es decir que se conviertan nuevamente en ríos o quebradas capaces de descargar en un determinado momento (a veces, muy fuertemente).

De hecho, aunque el Reglamento no lo mencione, se suele considerar también como cauces inactivos a los que tienen otro origen (diferente a la variación del curso de las aguas), como podría ser, simplemente, razones hidrometeorológicas (ausencia de lluvias). Pasar por alto la existencia de cauces inactivos (ríos y quebradas “secas”) tendría graves consecuencias para la estabilidad de las obras construidas en su lecho o en sus inmediaciones.

4. Las riberas

Las riberas, al igual que los cauces, son bienes naturales asociados al agua y están definidas en el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, el que señala que son “Las áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el que éste alcance en sus mayores avenidas o crecientes ordinarias.” (Art. 111º).

El Reglamento tampoco precisa o define qué debe entenderse por “mayores avenidas” o por “crecientes ordinarias”, sobre lo que sí existen algunas pautas en las legislaciones de otros países. Obsérvese que acá el Reglamento no usa la expresión “máximas crecientes”. Sin embargo, el Reglamento da algunos criterios para delimitar las riberas (Art. 112º). Ellos son:

- a) “Nivel medio de las aguas, tomando para tal efecto periodos máximos de información disponible.”
- b) “Promedio de máximas avenidas o crecientes ordinarias que se determina considerando todas las alturas de aguas que sobrepasen el nivel medio señalado en el literal anterior”.

Es indudable que la aplicación de los criterios para fijar el cauce y las riberas presenta dificultades prácticas muy grandes. Pero, ellos no pueden dejar de considerarse en el planeamiento y diseño de las obras,

viales o no, ubicadas en las proximidades de un río. Existen numerosas obras, no solo viales, que se construyeron literalmente dentro del cauce o en las riberas, con consecuencias desastrosas. Este asunto es tan importante que la Ley, a través de su Reglamento, limita los desarrollos y ocupaciones aun más allá de las riberas y obliga a respetar las fajas marginales.

5. Las fajas marginales

En el Perú los conceptos referidos a las fajas marginales están definidos en la ley de Recursos Hídricos y en su Reglamento. En la ley se establece que las fajas marginales son bienes naturales asociados al agua.

5.1 Definición

El Reglamento establece que las fajas marginales “Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales” (Art. 113.1º). Y añade que sus “dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento, respetando los usos y costumbres establecidos” (Art. 113.2º). Este concepto se aplica tanto en las áreas rurales como en las urbanas.

En los cauces artificiales (canales) también deben determinarse las respectivas fajas marginales, las que se definirán en los estudios de las obras de infraestructura hidráulica mayor y serán habilitadas en la etapa constructiva del proyecto. (Art. 116º).

En algún momento (de baja probabilidad de ocurrencia) las fajas marginales se convertirán transitoriamente en cauce fluvial. De acá que deben estar delimitadas y debe señalarse cuáles son las restricciones para su uso. Esto debe tenerse en cuenta por los proyectistas de obras civiles. Las fajas marginales son áreas de uso restringido. Hay determinadas actividades que están prohibidas en ellas: no pueden usarse para fines de asentamiento humano, agrícola u otra actividad que las afecte. Es decir, por ejemplo, que no pueden construirse viviendas. Para la ejecución de obras de defensa ribereña y la utilización de materiales ubicados en las fajas marginales se requiere la autorización de la Autoridad Administrativa del Agua.

En lo que respecta a los programas de mantenimiento de las fajas marginales el Reglamento señala en su artículo 118º que “La Autoridad

Administrativa del Agua, en coordinación con el Ministerio de Agricultura, gobiernos regionales, gobiernos locales y organizaciones de usuarios de agua promoverá el desarrollo de programas y proyectos de forestación en las fajas marginales para su protección de la acción erosiva de las aguas.” Los proyectos de forestación, no solo ayudan a la protección de las márgenes, sino que contribuyen a que éstas no tengan usos prohibidos o inconvenientes. Sin embargo, resulta claro que es difícil ponerse de acuerdo entre varias organizaciones.

En algunos lugares del país hay preocupación por lo que ocurre con las áreas próximas a los ríos. Así, en mayo 2010 se realizó el **Encuentro entre Comunidades Campesinas, Comité de Riego y Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento de la subcuenca Huatanay (Cusco)** y una de sus conclusiones fue la de conformar un Consejo Multisectorial para afianzar la protección de las fajas marginales del río Huatanay. Se informó acerca de la “Invasión no planificada del territorio en la que las poblaciones se instalaron en zonas cercanas a las riberas del río invadiendo la faja marginal y en muchos casos angostando el cauce del río lo que originó la variación del régimen hídrico y de las zonas naturales de inundación.”

5.2 Delimitación y linderos

El Reglamento da varios criterios para la delimitación, en cada caso, de las fajas marginales. Entre ellos están:

- a) “La magnitud e importancia de las estructuras hidráulicas de las presas, reservorios, embalses, canales de derivación, entre otros.
- b) El espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y de los cauces.
- c) El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.
- d) La máxima crecida o avenida de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua. No se considerarán las máximas crecidas registradas por causas de eventos excepcionales.”

El literal c podría incluir dentro de los usos públicos, las obras viales. Llama la atención lo señalado en el literal d: ¿Qué es máxima crecida?, ¿Qué son eventos excepcionales? ¿Qué es una máxima crecida que no corresponda a un evento excepcional? Estas variadas denominaciones demuestran que se requiere una precisión para cada tramo fluvial y para cada fin específico.

En lo que respecta a los ríos cabe la pregunta siguiente: ¿Hasta dónde se extiende el Dominio Público? Esta pregunta guarda relación con las interrogantes planteadas líneas arriba acerca de la definición, por ejemplo, de una “máxima crecida”. Al respecto, la ley española hace algunas precisiones importantes; así, Carlos Villarroya Aldea, Jefe de Área del Dominio Público Hidráulico de la Dirección General del Agua, señala que: “De acuerdo con el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, el caudal teórico de la máxima crecida ordinaria se define como el valor medio de los máximos caudales anuales en su régimen natural, observados en diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico.”

La Autoridad debe fijar y señalar en cada río los linderos de las fajas marginales. En efecto, el Reglamento mencionado señala que “La señalización en el lugar de los linderos de la faja marginal, previamente fijados por la Autoridad Administrativa del Agua, se efectuará mediante el empleo de hitos u otras señalizaciones” (Art. 117º). Las fajas marginales son, o pueden ser, y en eso se diferencian del cauce, una propiedad privada, pero de uso restringido. Algo similar ocurre con el retiro municipal en las construcciones urbanas.

6. El Dominio Público Hidráulico

Cuando un Estado se constituye como tal proclama para sí la propiedad de los recursos naturales de su territorio. Eso es lo que ocurre con el agua en sus diversas manifestaciones. La Ley de Recursos Hídricos señala (Art. 5º, 6º, y 7º) los Bienes de Dominio Público Hidráulico (agua, en cualquiera de sus formas), que son materia de regulación por ella:

1. La de los ríos y sus afluentes, desde su origen natural;
2. La que discurre por cauces artificiales;
3. La acumulada en forma natural o artificial;
4. La que se encuentra en las ensenadas y esteros;
5. La que se encuentra en los humedales y manglares;
6. La que se encuentra en los manantiales;
7. La de los nevados y glaciares;
8. La residual;
9. La subterránea;
10. La de origen minero medicinal;
11. La geotermal;
12. La atmosférica; y
13. La proveniente de la desalación.

A los que debe añadirse los Bienes Naturales Asociados al Agua, los que nos interesan particularmente para fines de planeamiento y diseño de obras de ingeniería ubicadas en las proximidades de un río. Ellos son:

- a) La extensión comprendida entre la baja y la alta marea, más una franja paralela a la línea de la alta marea en la extensión que determine la autoridad competente;
- b) Los cauces o álveos, lechos y riberas de los cuerpos de agua, incluyendo las playas, barriales, restingas y bajiales, en el caso de la amazonía, así como la vegetación de protección;
- c) Los materiales que acarrea y deposita el agua en los cauces.
- d) Las áreas ocupadas por los nevados y los glaciares;
- e) Los estratos o depósitos por donde corre o se encuentra el agua subterránea;
- f) Las islas existentes y las que se formen en los mares, lagos, lagunas o esteros o en los ríos, siempre que no procedan de una bifurcación del curso del agua al cruzar las tierras de particulares;
- g) Los terrenos ganados por causas naturales o por obras artificiales al mar, a los ríos, lagos, lagunas y otros cursos o embalses de agua;
- h) La vegetación ribereña y de las cabeceras de cuenca;
- i) Las fajas marginales a que se refiere esta Ley; y
- j) Otros que señale la Ley.

De lo anteriormente expuesto resulta claro que para el planeamiento y diseño de las obras de ingeniería ubicadas en las proximidades de los ríos es necesario conocer cuáles son los bienes que constituyen el Dominio Público Hidráulico y los respectivos Bienes Naturales Asociados al Agua. Dichos bienes están constituidos por aquello que no es, ni puede ser, propiedad privada.

La aplicación de la Ley de Recursos Hídricos y la Ley General de Aguas, que la antecedió, tienen a través de sus respectivos Reglamentos un tratamiento similar en lo que respecta a los cauces, riberas y fajas marginales. Como una ilustración de los problemas y soluciones en torno al manejo de las áreas adyacentes a los ríos, se presenta brevemente algunos aspectos de una Sentencia del Tribunal Constitucional, del año 2001.

Al resolver un cierto litigio el Tribunal Constitucional señaló que si bien la ley y su reglamento “declararon áreas intangibles los cauces, las riberas y las fajas marginales de los ríos” también lo es que con ello se “establece limitaciones a una propiedad que no le pertenece al Estado, sino a los demandantes”. Por lo tanto, señala el Tribunal, estas normas no pueden “de plano establecer limitaciones y desconocer derechos que ciertos particulares tienen sobre determinadas áreas que son de su propiedad, sino más bien, y ya que según los procuradores se trata de un tema de interés público, debe existir una previa declaración legal de interés público y el pago de la indemnización justipreciada correspondiente, a fin de que se respeten los derechos que ellos tienen sobre dichos terrenos, de conformidad con las condiciones establecidas en el artículo 70° de nuestra norma constitucional.” Y añade que “ya se han establecido limitaciones a la propiedad de los demandantes, al haber dejado sin efecto resoluciones, contratos y permisos de ocupación temporal, además de prohibirse la instalación de asentamientos humanos y la realización de actividades agrícolas, pecuarias e industriales.”

Se ve, pues, que estos asuntos de cauces, riberas y fajas marginales tienen que ser vistos desde diversos ángulos que incluyan los aspectos técnicos, legales, sociales y económicos, todos ellos a la luz del interés público.

7. Las invasiones viales

El cauce fluvial está expuesto a invasiones de diferente tipo: agrícolas, urbanizaciones, actividades industriales, infraestructuras diversas (viales, canales, etc.), depósitos de basura, de desmonte, etc. Las invasiones del cauce producen un estrechamiento que puede causar el aumento de la socavación o el desborde del río, entre otros efectos. La invasión de cauces es un fenómeno que ocurre en diferentes partes del mundo. Sus consecuencias afectan la vida y la seguridad de las personas, así como sus inversiones económicas. Es por eso que debe haber un ordenamiento de la ocupación de las áreas inundables. Esta exposición se restringe a algunos aspectos vinculados a las obras viales.

La construcción de obras viales en las proximidades de los ríos suele significar una invasión de los cauces fluviales. Este tema ha sido tratado por muchos autores. Para la presente exposición se ha tenido muy presente el importante trabajo “Highways in the River Environment” de Richardson, Simons, Karaki, Mahmood y Stevens. Se denomina “Invasión vial” (*encroachment*, en inglés) a “cualquier

ocupación del cauce y/o de sus áreas de inundación para construir obras viales".

Los ríos aluviales que, como se señaló anteriormente son los de ancho indefinido, tienen la posibilidad de crecer lateralmente (ensancharse) y aun de desplazarse en cantidades importantes o formar nuevos brazos. De acá que para el planeamiento de una obra vial próxima a un río haya que examinar y tener en cuenta esta circunstancia. Sin un encauzamiento adecuado ninguna obra en contacto con el río podrá ser segura.

Volviendo al concepto de "invasión vial" es necesario precisar que ésta tiene diversas repercusiones entre las que están las hidráulicas, fluviomorfológicas y ambientales, que se originan en el hecho de que el río constituye una unidad inseparable. Lo que se haga o deje de hacerse en un lugar repercute en otros lugares del río. Hay determinadas obras viales que quedan cerca de los ríos. Surge así, como consecuencia de la proximidad, la posibilidad de invasión.

Las invasiones, tal como se han definido, tienen muchas veces su origen en las peculiares características de nuestro territorio y en la escasez de suelos para el desarrollo de actividades sociales y económicas. El valle, que es el lugar en el que la vida humana se desarrolla más fácilmente, resulta siendo disputado por el río, la carretera, el ferrocarril, el canal, la agricultura, y el desarrollo habitacional e industrial. Esta difícil condición nos obliga a ser excepcionalmente cuidadosos en la planificación del uso de la tierra. Las invasiones viales son de dos tipos: transversales y longitudinales.

7.1 Invasiones transversales

Se dice que las invasiones son transversales cuando lo son con respecto al eje del río. Las invasiones transversales están por lo general asociadas a los puentes, aunque no exclusivamente.

Hay dos modalidades de invasiones transversales vinculadas a puentes. Una de ellas se refiere a los terraplenes de aproximación que suelen hacerse, transversalmente al río, con el objeto de disminuir la longitud de un puente (Fig. 7). Esto obligaría al río a pasar por un cauce con un ancho menor que aquel que necesita. El río aluvial reacciona y profundiza su cauce o busca la manera de recuperar su ancho. En un caso o en otro se puede producir la falla del puente. En otras oportunidades sucede que al ser los terraplenes elementos extraños al río

y al no haberse tomado en cuenta las características de su interacción con el flujo, el río busca un nuevo cauce.

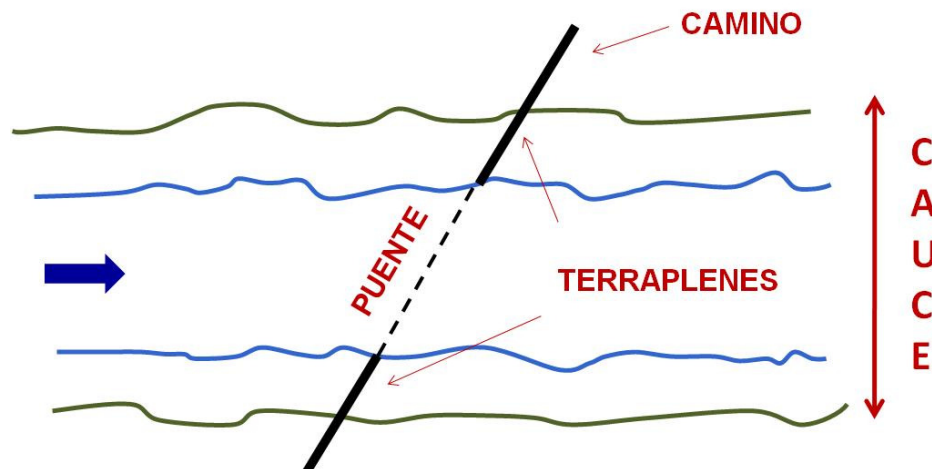


Fig. 7 Los terraplenes de aproximación al puente están dentro del cauce y constituyen una invasión transversal.

Otra forma de invasión transversal ocurre cuando se construye un puente en el que las luces entre los pilares son pequeñas. Como se sabe un río transporta muchas veces gran cantidad de cuerpos extraños, que eventualmente constituyen una palizada que al llegar a los pilares bloquea el espacio entre ellos y obstruye el paso de agua, llegándose a la falla de la estructura. También hay una invasión transversal cuando un camino atraviesa un abanico fluvial. Un camino construido transversalmente a un abanico fluvial constituye otra forma de invasión transversal (Fig. 8). Se denomina abanico fluvial al fenómeno mediante el cual un río se abre en varios brazos. Generalmente un abanico fluvial se presenta como consecuencia de una disminución de pendiente y, por lo tanto, de la velocidad.

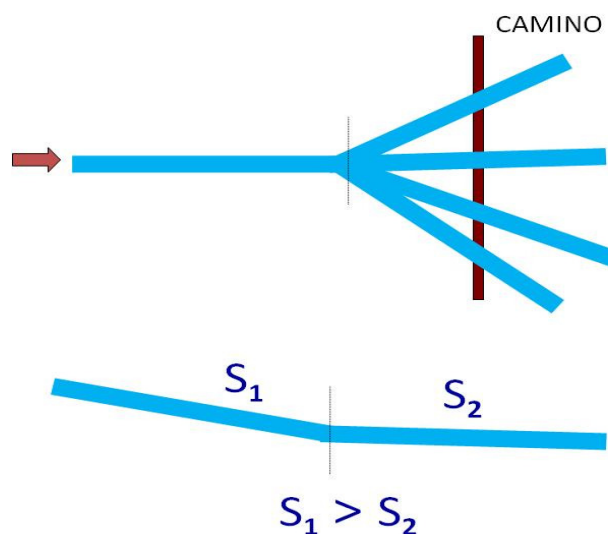


Fig. 8 Abanico fluvial

Usualmente, al construirse un camino que atraviesa los brazos del abanico fluvial se proyecta un puente sobre lo que parece ser el cauce principal y se proyecta algunas alcantarillas sobre los que parecen ser cauces secos. Cuando ocurren avenidas importantes el río busca la manera de recuperar sus antiguos brazos y cauces (paleocauces). Es entonces cuando el conjunto de la carretera, su terraplén y los cruces de los cursos de agua se convierten en una “represa”, en una invasión transversal al río y ocurre la inundación, el desborde fluvial y la aparición de nuevos cauces. Este fenómeno es más o menos frecuente en la costa peruana.

7.2 Invasiones longitudinales

Otras veces se construye el camino, el ferrocarril o el canal, paralelamente al cauce fluvial, dentro del álveo (cauce), dando lugar a que terraplén y defensa se confundan y el cauce se estreche (Fig. 9). En algunos lugares se encauza el río, lo que a veces implica su rectificación, o el corte de meandros, para “acomodarlo” al camino. Hay otras formas de invasión, que podríamos llamar totales, que se presentan cuando se construye sobre un cauce “seco” o sobre una quebrada, lo que es muy frecuente. En relación a las invasiones no se debe olvidar que en el Perú uno de los recursos más escasos es el suelo.

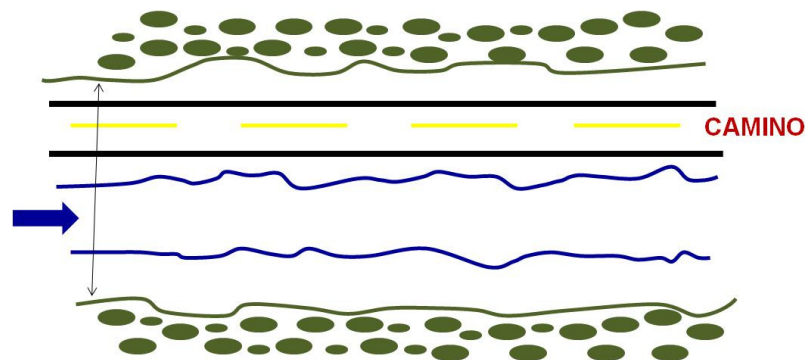


Fig. 9 El camino construido dentro del cauce, paralelamente al río, constituye una invasión longitudinal.

7.3 ¿Qué hacer ante las invasiones?

Producida una invasión aparece la respuesta del río, la que puede ser inmediata (corto plazo) o mediata (mediano o largo plazo). Por lo general, la reacción del río ante la invasión de su cauce se manifiesta

durante las grandes crecidas y puede ser local o generalizada, en función de la extensión del cauce comprometida con la invasión.

Con respecto a las invasiones viales no queda sino dos posibilidades. En primer lugar, evitarlas, siempre que ello sea posible. Si esto no fuese posible, las invasiones viales deben ser tratadas sin olvidar que se trata de un problema de hidráulica fluvial.

8. Ancho del encauzamiento

Una de las formas de fijar (artificialmente) el ancho de un río es construyendo un encauzamiento. El encauzamiento fluvial representa el proceso largo y paulatino hecho por el hombre para adecuar la Naturaleza a sus necesidades. Un encauzamiento se hace para proteger un área o para crear las condiciones favorables de funcionamiento de una estructura o de un proyecto (un puente, una bocatoma, un camino, etc.)

La dinámica fluvial juega un papel importante en el comportamiento de un río encauzado. Los procesos de erosión (degradación) y sedimentación (agradación) en el cauce fluvial creado por un encauzamiento suelen ser muy intensos. Es muy importante la selección adecuada del ancho de encauzamiento, el que guarda mucha relación con la idea de los ríos en equilibrio. Precisamente, allí se señala que en función del autoajuste un río tiene una tendencia a fijar sus propias variables hidráulicas (ancho, tirante y pendiente). El encauzamiento es la imposición de estas variables. El diseño y construcción de un encauzamiento no puede dejar de tener en cuenta y, aún más, debe precisar debidamente además del cauce, las riberas y las fajas marginales. Esta consideración es particularmente importante cuando se trata de obras viales, ubicadas en el área de influencia (áreas de inundación) de un río. Lamentablemente, el Manual de Diseño de Puentes (MTC-2003) no menciona en sus aspectos hidráulicos, la necesidad de considerar las características de los cauces, riberas y fajas marginales cuando se determina la longitud de un puente.

Si el encauzamiento produjese un estrechamiento excesivo, el río socavaría y profundizaría su lecho, para comprobar lo cual bastaría con mirar el río Rímac atravesando la ciudad de Lima (o el río Piura, atravesando la ciudad del mismo nombre). Por el contrario, si el encauzamiento tuviese un ancho muy grande, entonces el río divagaría dentro de él y podría atacar peligrosamente las defensas constituyentes del encauzamiento.

El encauzamiento puede significar también un cambio en el alineamiento natural del río. Si se corta un meandro, el tramo resultante tiene mayor velocidad y pendiente y, por lo tanto, mayor capacidad de arrastre (posibilidad de erosión).

Fijado para determinadas condiciones el ancho de un río se puede proceder al encauzamiento y, por ejemplo, al diseño de un puente. La longitud del puente será consecuencia del ancho establecido para el río, y no al revés, como en algunas oportunidades se ha hecho.

9. Conclusiones y Recomendaciones

- I. **No es fácil definir el ancho de un río. La inadecuada consideración del ancho fluvial y del área de influencia del río trae numerosos daños a las obras ubicadas en sus inmediaciones.**
- II. **En el planeamiento y diseño de las obras de ingeniería ubicadas en las proximidades de un río se debe tener presentes los conceptos expuestos sobre cauces, riberas y fajas marginales.**
- III. **Una decisión equivocada implica no solo la invasión del Dominio Público Hidráulico, sino un hecho físico innegable: la ocupación del área que pertenece al río y que éste, en algún momento tratará de recuperar.**
- IV. **En el Capítulo III del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos se usa varios conceptos para referirse a las avenidas, los que no están definidos: Máximas crecientes, Mayores avenidas, Crecientes ordinarias, Máxima crecida, Máxima avenida, Eventos excepcionales, Máxima crecida que no corresponda a un evento excepcional. En consecuencia se recomienda adoptar algunas precisiones generales al respecto y específicas en cada caso.**

Referencias

1. ARANCIBIA Samaniego Ada **Criterios para manejo de quebradas y su aplicación en el diseño de obras civiles.** Lima, 1998
2. MARTÍN VIDE Juan P. **Ingeniería de Ríos.** Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona, 2007.
3. MARTÍNEZ VARGAS y MARTÍNEZ DEL ROSARIO JOSÉ **Defensas Ribereñas en el río Rímac.** Facultad de Ingeniería Civil, UNI, Sección de Postgrado, Boletín Técnico N° 8, Mayo-Agosto 2003.

4. REPÚBLICA DEL PERÚ **Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos**. Decreto Supremo N° 001-2010-AG, 2010.
5. REPÚBLICA DEL PERÚ **Ley de Recursos Hídricos**. 2009.
6. RICHARDSON E.V., SIMONS D.B. y otros **Highways in the River Environment**.
7. ROCHA FELICES Arturo **Introducción a la Hidráulica de las Obras Viales** (Segunda edición). Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima, setiembre 2010.
8. ROCHA FELICES Arturo **Comentarios sobre Aspectos Hidráulicos del Manual de Diseño de Puentes**. IV Congreso de Internacional Ingeniería Estructural, Sísmica y Puentes. Lima, Junio 2010.
9. ROCHA FELICES Arturo **Revisión de los estudios del encauzamiento y de los puentes ferroviarios en la quebrada Alcamayo-Cuzco**. Instituto de Recursos Naturales (INRENA). Diciembre 2004.
10. ROCHA FELICES Arturo **Interacción del comportamiento fluvial y las obras viales durante el Fenómeno de El Niño**. II Congreso Nacional de Obras de Infraestructura Vial. ICG. Lima, agosto 2003.
11. RODRÍGUEZ AGUILERA Patricio y VILLODAS Rubén **Delimitación del dominio público hidráulico y el ordenamiento de las áreas inundables en las márgenes de los ríos de la provincia de Mendoza**. Jornadas Internacionales sobre Gestión del Riesgo de Inundaciones y Deslizamientos de Laderas. Brasil, Mayo 2007.
12. TRIBUNAL CONSTITUCIONAL **Sentencia**. 22 diciembre 2001.
13. VILLARROYA ALDEA Carlos **La delimitación del Dominio Público Hidráulico y el proyecto LINDE**. Ambienta. Setiembre, 2004.

ANEXO

REGLAMENTO DE LA LEY DE RECURSOS HÍDRICOS Nº 29338 Decreto Supremo Nº 001-2010-AG, 2010

CAPÍTULO III

CAUCES, RIBERAS Y FAJAS MARGINALES

Artículo 108º.- Cauces o álveos

Para efectos de la Ley, los cauces o álveos son el continente de las aguas durante sus máximas crecientes.

Artículo 109º.- Cauces inactivos

Los cauces que han quedado inactivos por variación del curso de las aguas, continúan siendo de dominio del Estado, y no podrán ser usados para fines de asentamientos humanos o agrícolas.

Artículo 110º.- Reparación de daño por desvío del cauce

110.1 Cuando los flujos o corrientes de los cauces naturales o artificiales desvíen su curso por acción del hombre causando daños, la reparación será por cuenta del autor del hecho.

110.2 La Autoridad Nacional del Agua al tomar conocimiento de la desviación no autorizada del curso del agua por acción de una persona natural o jurídica, se constituirá al lugar para verificar y evaluar los hechos y los daños ocasionados así como para dictar las disposiciones de la restitución inmediata e inicio del procedimiento sancionador.

Artículo 111º.- Riberas

Las riberas son las áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el que éste alcance en sus mayores avenidas o crecientes ordinarias.

Artículo 112º.- Criterios para la delimitación de las riberas

La delimitación de las riberas se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. Nivel medio de las aguas, tomando para tal efecto períodos máximos de información disponible.
- b. Promedio de máximas avenidas o crecientes ordinarias que se determina considerando todas las alturas de aguas que sobrepasen el nivel medio señalado en el literal anterior.

Artículo 113º.- Fajas Marginales

113.1 Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales.

113.2 Las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento, respetando los usos y costumbres establecidos.

Artículo 114º.- Criterios para la delimitación de la faja marginal

La delimitación de la faja marginal se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. La magnitud e importancia de las estructuras hidráulicas de las presas, reservorios, embalses, canales de derivación, entre otros.
- b. El espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y de los cauces.
- c. El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.
- d. La máxima crecida o avenida de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua. No se considerarán las máximas crecidas registradas por causas de eventos excepcionales.

Artículo 115º.- Actividades prohibidas en las fajas marginales

115.1 Está prohibido el uso de las fajas marginales para fines de asentamiento humano, agrícola u otra actividad que las afecte. La Autoridad Nacional del Agua en coordinación con los gobiernos locales y Defensa Civil promoverán mecanismos de reubicación de poblaciones asentadas en fajas marginales.

115.2 La Autoridad Administrativa del Agua autoriza la ejecución de obras de defensa ribereña y la utilización de materiales ubicados en las fajas marginales necesarios para tal fin.

Artículo 116º.- Fajas marginales en cauces artificiales

Los estudios de las obras de infraestructura hidráulica mayor definirán las dimensiones de las fajas marginales correspondientes, las mismas que serán habilitadas en la etapa constructiva del proyecto.

Artículo 117º.- De la señalización de los linderos de la faja marginal

La señalización en el lugar de los linderos de la faja marginal, previamente fijados por la Autoridad Administrativa del Agua, se efectuará mediante el empleo de hitos u otras señalizaciones.

Artículo 118º.- De los programas de mantenimiento de la faja marginal

La Autoridad Administrativa del Agua, en coordinación con el Ministerio de Agricultura, gobiernos regionales, gobiernos locales y organizaciones de usuarios de agua

promoverá el desarrollo de programas y proyectos de forestación en las fajas marginales para su protección de la acción erosiva de las aguas.

Artículo 119º.- Reservas para fines de defensa nacional

A iniciativa del Ministerio de Defensa y con la opinión de la Autoridad Nacional del Agua, mediante Decreto Supremo refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros se determinarán las fajas marginales a reservarse para fines de defensa nacional.

Artículo 120º.- Del régimen de propiedad de terrenos aledaños a las riberas

120.1 En las propiedades adyacentes a las riberas, se mantendrá libre una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios públicos, según corresponda.

120.2 En todos estos casos no habrá lugar a indemnización por la servidumbre, pero quienes usaren de ellas, quedan obligados, conforme con el derecho común, a indemnizar los daños que causaren, tanto en las propiedades sirvientes como en los cauces públicos o en las obras hidráulicas.

Artículo 121º.- Pérdida de la propiedad de terrenos adyacentes a fajas marginales

Cuando las aguas, por causas propias de la naturaleza, arrancan una porción considerable y reconocible de un terreno colindante con la faja marginal, el propietario perderá su derecho de propiedad, si dentro de los siguientes dos años de ocurrido el evento no inicia las acciones necesarias para su recuperación. En este caso pasa a formar parte del dominio público hidráulico.

Artículo 122º.- Del aislamiento de un predio por un nuevo cauce

Cuando un nuevo cauce deje aislado o separados terrenos de un predio o estos fueran inundados con motivo de las crecientes de las aguas, dichos terrenos continuarán perteneciendo a su propietario, cuando éstas se retiren.