

ANÁLISIS MULTITEMPORAL PARA EVALUACIÓN DE EROSIÓN EN EL RÍO CTALAMOCHITA (TERCERO) EN LA LOCALIDAD DE VILLA ASCASUBI

Agustín Balbis¹, Sabrina Miyno¹, Edgar Castelló¹⁻² y Gustavo Vanoli¹⁻²

(1) David Luque 404, Córdoba, CP: 5000.

(2) Universidad Nacional de Córdoba

E-mail: agustinbalbis@arnet.com.ar

RESUMEN

En la barranca de la margen de derecha del río Ctalamochita (Tercero), en las inmediaciones de la localidad de Villa Ascasubi de la provincia de Córdoba, se generaron severos procesos de inestabilidad de cauce y erosión lateral. Éstos pusieron en compromiso el estribo de la margen derecha del puente de la ruta Provincial E-79 y la base de una torre de media tensión.

OBJETIVO

El presente trabajo tuvo como objetivo aportar elementos para la reparación de los daños producidos por los procesos erosivos en la margen derecha del río en las inmediaciones del puente y torre de media tensión antes mencionados.

Se realizó un análisis hidrogeomorfológico del sector en estudio y se evaluaron las posibles causas que pudieron haber desencadenado los procesos erosivos, a los efectos de brindar información para el proyecto de solución más adecuada y posibilitar la propuesta de solución, para evitar el avance de dichos procesos y el agravamiento de las afectaciones a las obras de infraestructura existentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación hidrogeomorfológica se realizó mediante un análisis multitemporal del sector, con la generación de mapas ejecutados sobre la base de la interpretación de fotografías aéreas, imágenes satelitales y planimetrías de distintas épocas. Para esto, se contó con fotos áreas de 1970, 1972, 1987 y 2005, imágenes satelitales de distintas épocas y relevamientos topográficos realizados en la etapa de anteproyecto de las obras propuestas.

Como complemento de lo anterior se realizó un relevamiento y análisis de bibliografía vinculada a esta problemática y se hicieron diversas recorridas de reconocimiento en el campo, a los efectos de evaluar unidades y procesos geomorfológicos in-situ, tipos de sedimentos y suelos, como así también posibles alteraciones antrópicas observadas en los registros fotográficos.

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Geomorfología

La localidad de Villa Ascasubi se encuentra en la llanura central cordobesa, en una zona de transición entre las subregiones morfológicas denominadas por Capitanelli como Plataforma Basculada y Pampa Plana. El principal rasgo fisiográfico del área lo constituye el río

Ctalamochita (Tercero) que atraviesa la zona sur de la localidad de Villa Ascasubi, con rumbo general O-E.

El río Ctalamochita presenta en ambas márgenes y particularmente, en la margen sur, una franja de derrames fluviales de textura arenosa producto de las migraciones que ha tenido a lo largo de los distintos períodos geológicos (Cuaternario). Estos derrames, hasta que el río ocupó su posición actual, han generado un gran cono de deyección que se observa claramente en las imágenes satelitarias. El ápice de este cono se encuentra en las inmediaciones de la localidad de Villa Asacasubi, y su desarrollo está vinculado a procesos tectónicos y cambios de pendiente a nivel regional. Este cono ha determinado la existencia de geformas que condicionan la hidrología superficial y subterránea, el desarrollo de suelos y le dan al paisaje una característica particular. A continuación se describen las principales subunidades definidas en el área de estudio:

Canal de Estiaje

Es la depresión longitudinal a la cual se reduce el curso del río con caudales mínimos. Este canal está originado por la erosión hidráulica y como se mencionó anteriormente es de carácter meándrico y anastomosado. Es decir, se organiza con canales que divergen y se juntan regularmente.

En las secciones amplias, el río presenta dos y a veces hasta tres canales, en cuyo caso el canal principal y el secundario se alternan periódicamente en su posición, debido a la erosión y sedimentación. En el canal de estiaje se reconocen áreas críticas de erosión por el desplazamiento de la corriente y fenómenos de turbulencia que originan las salientes en las riberas y las islas.

Lecho Ordinario y Extraordinario

Es el área que ocupa el río cuando se producen crecientes e inundaciones. Aquí quedan comprendidas una serie de unidades menores que serán descritas por separado porque presentan características particulares que deben ser tomadas en cuenta. Estas unidades menores son los albardones, terrazas bajas, diques marginales, faja meándrica, back swamps y meandros abandonados.

En el tramo estudiado el río presenta un diseño en planta de tipo “Meandriforme” con tramos de tipo “Trenzado” o “Anastomosado”, y tiene una tendencia a hacerse más meandroso hacia el Este, producto de la menor pendiente regional. Los ríos con diseño meandriforme presentan un coeficiente de sinuosidad superior al 1,5 y desplazamiento de curvas en sentido transversal del valle, de un lado hacia el otro. En general los meandros pueden presentar diversas características, pero en este caso el río presenta meandros irregulares. Los ríos con diseño trezado se caracterizan por presentar cursos de agua anchos y pocos profundos, que se dividen en brazos y dejan islas intercaladas a modo de trenzas. El diseño trezado se produce en tramos donde existe un incremento de pendiente o donde la carga sólida es elevada.

Albardones

Estos se originan por sedimentación lateral del curso de agua por una brusca modificación de la sección mojada, al extravasar las aguas dicho curso. Tienen un perfil asimétrico, tendido hacia afuera y frecuentemente están cubiertos de vegetación herbácea y eventualmente arbórea. La sucesión de estos albardones dejan en su interior depresiones que son invadidas por el agua en épocas de inundaciones, y permanecen en ellas por tiempos relativamente prolongados. En muchos casos, estas depresiones constituyen lagunas longitudinales semipermanentes.

En el sector estudiado, aguas arriba del puente, se ha construido un albardón lateral para protección. Si bien este albardón, es antrópico (ejecutado por el hombre) se comporta de la forma descripta precedentemente.

Terrazas

En el área en estudio se pueden individualizar hasta tres niveles de terrazas. La terraza inferior presenta características distintas a las dos restantes, por cuanto está sometida permanentemente a los movimientos y fluctuaciones del nivel del canal de estiaje. La terraza baja está formada por los sedimentos dejados por el curso, por lo cual presenta un perfil transversal ondulado y en planta un diseño en "espira". Generalmente está desprovista de vegetación o con vegetación acuática. Es muy inestable y está ligada a los cambios laterales de posición del canal.

Los otros niveles de terrazas (T2 y T3), presentan características distintas que el nivel inferior; por cuanto sus sedimentos no corresponden a ambientes neta o solamente fluviales, sino a áreas bajas que se fueron colmatando hasta que el río ocupó su posición actual. Están limitadas entre sí por un quiebre de pendiente o escarpa muy marcada y se formaron a partir de cambios climáticos del Cuaternario. En las mismas se desarrolla abundante vegetación natural y, en este caso, la terraza más alta es utilizada para cultivos. En el área en estudio la terraza alta se desarrolla hacia el sur del río, donde se pueden ver paleoformas y sedimentos típicos de los derrames fluviales, como por ejemplo paleoalbardones y sedimentos arenosos.

Barrancas

Las barrancas separan los distintos niveles de terrazas y se presentan como saltos bruscos de la pendiente transversal. El origen de las barrancas está directamente vinculado al de las terrazas y ambas están ligadas a los distintos períodos en que el río ha incidido hasta encontrar su cota actual. Puede pasar que en algunos tramos del río no exista un nivel de terraza intermedio, consecuentemente estas barrancas presentan mayor altura. En el caso estudiado las mismas presentan una altura que varía entre 1 m y 2 m, existiendo tramos como los descriptos anteriormente en que las barrancas presentan alturas del orden de los 4 m. Normalmente las barrancas son las que sufren en forma directa los procesos de erosión lateral de los ríos, dejando expuestos los sedimentos que las conforman. En este caso se observan importantes procesos de erosión lateral en ambas márgenes.

Geología

Desde el punto de vista geológico y sedimentario el canal de estiaje y los lechos ordinario y extraordinario del río, están compuestos por materiales gruesos (arenas medias a gruesas y gravas de hasta 3 pulgadas de diámetro). Se observan bancos de estos materiales donde se ha producido la deposición diferencial de los mismos, en función de su distinta granulometría y competencia.

En la terraza más baja predominan los sedimentos de granulometrías gruesas (arenas y gravas) y en las altas los sedimentos predominantes son de texturas medias (areno limosos y limo arenosos) y sobre éstos se han desarrollado complejos de suelos.

En las barrancas de las terrazas bajas o bancos laterales se pueden ver claramente los procesos de acumulación vinculados a distinta competencia erosiva y de deposición. En el banco de arena que se encuentra en la margen izquierda del río, aguas abajo del puente, se distinguen capas de distinta granulometría asociadas a eventos de mayor y menor energía de transporte.

En las barrancas de las terrazas altas y en aquellas que han sido el producto de la erosión lateral, se pueden observar sedimentos areno limosos o limo arenosos, vinculados a la transición entre la llanura eólica y la faja fluvial. Estos sedimentos son poco cohesivos y friables. Esta condición geomecánica los hace muy susceptibles a la erosión hídrica cuando están expuestos y descubiertos de vegetación.

Análisis Hidrogeomorfológico y Multitemporal del Sector

Para que un río se comporte en forma estable o inestable, normalmente intervienen una serie de factores. Entre los factores hidrogeomorfológicos que se destacan, están las características hidráulicas propias del río (sedimentos, pendientes, secciones y caudales, entre otros) y el comportamiento hidrológico de la cuenca de aporte. Además, y de manera determinante, para que se produzca la inestabilización de los cauces, intervienen factores que tienen que ver con el grado de afectación antrópica que ha sufrido la cuenca de aporte y el tramo del río en análisis.

Entre los impactos antrópicos a los ríos, se destacan la destrucción de la vegetación ribereña, la utilización de terrazas bajas, la extracción de áridos en el cauce, la modificación de barrancas o márgenes con obras de protección o rigidización, como así también la construcción de obras civiles como puentes o zanjeos transversales, con sus correspondientes obras complementarias (canalizaciones, albardones u otras).

Según Hey y Heritage (1993) para el reconocimiento del grado de estabilidad de un cauce existen síntomas visibles vinculados a determinados procesos fluviales. A continuación se expone una tabla donde estos autores dan algunos ejemplos concretos de lo anteriormente mencionado.

Síntoma visible	Proceso fluvial
Descalce de estructuras de protección de orillas, pilares de puentes, etc.	Incisión de cauce, diseño inadecuado, sobrecargado.
Erosión de márgenes: - sin formación de islas o bancos - con islas o bancos de arenas	Incisión, o remoción de vegetación Sedimentación
Erosión de orillas en las curvas de los meandros y bancos de sedimentos sin vegetación	Degradación o erosión del cauce
Evidencia histórica de cambios en la sección transversal o aumento de la sinuosidad	Incisión, Erosión lateral o sedimentación, Contracción del cauce

Tabla 1 – Síntomas visibles vinculados a estabilidad de cauces

Además de condicionantes de tipo general como los descritos, pueden existir elementos o factores vinculados a los anteriores, que incidan o determinen procesos tales como la erosión lateral. Uno de estos elementos, es la longitud que pueda tener una erosión lateral en los ríos, en función del grado de ataque de la corriente de agua. De acuerdo con el Principio de Velocidad de Reflexión de Leliavsky (1955), el ángulo interno de la curva del río condiciona la longitud de la erosión en la margen externa (ver figura). A mayor ángulo, mayor es la longitud de la erosión.

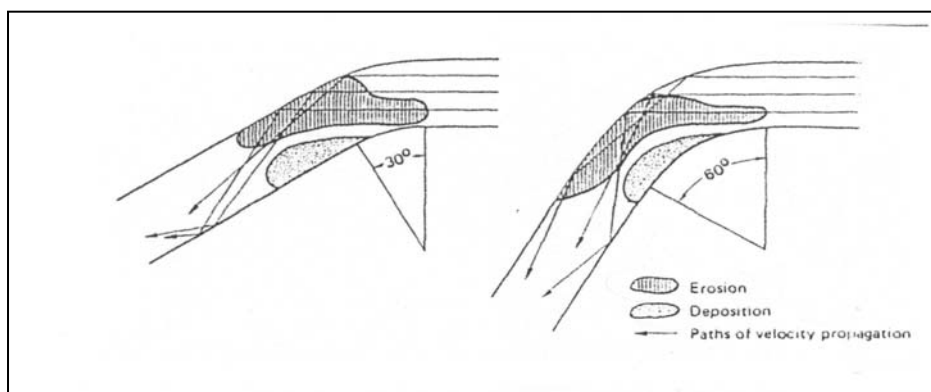


Figura 1 – Erosión lateral en los ríos, en función del grado de ataque de la corriente de agua (Leliavsky, 1955)

En el sector en análisis, el río presenta diversos tramos con procesos de erosión lateral de distinta envergadura y magnitud. El más grave de éstos se emplaza actualmente sobre su margen derecha, donde se ha desarrollado una erosión lateral de aproximadamente 25 m de longitud y hasta 4 m de altura, que afectó las obras de infraestructura antes mencionadas. A esta erosión, le sigue en importancia una que se produjo en la margen izquierda aguas arriba del puente. Esta última está erodando la barranca y se observa que este proceso continúa activo.

La erosión del estribo se generó porque existe un brazo del río que impacta en forma frontal a la barranca expuesta. Como se verá más adelante, el desarrollo de este brazo es reciente y probablemente esté vinculado al meandro con desplazamiento hacia el norte que se desarrolló aguas arriba del puente, la rigidización producida por la construcción de un albardón agua

arriba del puente y el propio estribo. A esta situación, se le suma un banco de arena, de probable origen antrópico, que se encuentra en la margen izquierda del río, aguas abajo del puente. Tanto el banco de arena, como el albardón mencionado, generan un estrechamiento de la sección del río, que modifica las condiciones hidráulicas del mismo.



Foto 1 – Brazo del río impactando en margen derecha del río, aguas abajo del puente



Foto 2 – Detalle de erosión lateral

El análisis multitemporal permitió determinar que, en el transcurso de los últimos 35 años, el tramo del río en análisis ha tenido importantes modificaciones en planta (ver Figura 2). Las fotografías de los años 1970 y 1972 (año de ejecución del puente) presentan al río con características en planta muy similares. En el año 1987, los cambios con respecto a las fechas anteriores ya comienzan a ser significativos, en particular aguas arriba del puente, y en el año 2005 estos cambios son aún más notables. En las tomas de los años más recientes se observan

modificaciones significativas en el emplazamiento de cauce dentro de la llanura de inundación. En la foto del 2005 se destaca una mayor laterización del cauce, amplitud de los meandros en planta y afectación de barrancas, con erosión lateral.

A partir de 1972 comienzan a observarse intervenciones antrópicas en el cauce, como por ejemplo la rectificación de un tramo del mismo, probablemente para la ejecución del puente en ese año. En la foto del año 2005 se destaca la ejecución de un albardón que forma una laguna en la margen derecha y la rigidización del banco de arena en la margen izquierda, bajo el puente.



Foto 3 – Zona de estrechamiento del cauce del río aguas arriba del puente

En esta última foto, se observa claramente la disminución de la sección efectiva del río en la zona del puente y una profusa aparición de nuevos brazos, con la correspondiente afectación de barrancas. La canalización de los ríos o su rectificación, tienden a disminuir su sinuosidad natural y crean problemas de erosión de fondo que se transmiten hacia sus orillas. Esto provoca la inestabilidad de márgenes y el progresivo ensanchamiento del cauce. En estos casos, el nuevo aporte local de sedimentos supera la capacidad de transporte de los caudales, provocando la deposición de los mismos en secciones más o menos próximas de su lugar de procedencia, con los consecuentes embanques, cambio de dirección de la corriente hacia las márgenes y nuevos procesos de erosión lateral.

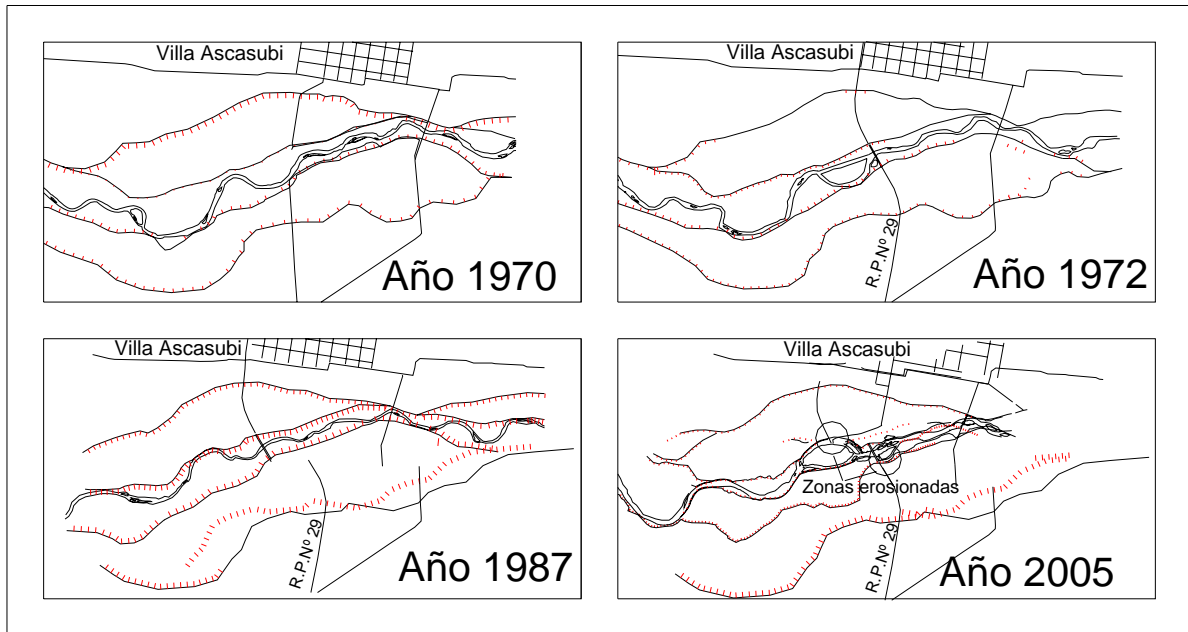


Figura 2 – Evolución multitemporal del río

CONCLUSIONES

Sobre la base del análisis de los resultados se concluye que:

- El río ha tenido importantes movimientos laterales en los últimos 35 años, con generación de erosiones laterales de barrancas y afectación de obras de infraestructura.
- Estos movimientos pueden estar vinculados a intervenciones antrópicas en su cauce, entre las cuales se distinguen rectificaciones y estrechamiento del mismo en algunos tramos.

RECOMENDACIONES

- Evitar nuevas modificaciones en el río, procurando no generar excesivas rigidizaciones de barrancas.
- Ejecutar obras de protección hidráulicas de características flexibles como por ejemplo estructuras con gaviones y colchonetas, en los sectores más afectados por la erosión lateral en las inmediaciones del estribo del puente y base de la torre de media tensión.
- Implantar especies arbóreas o pasturas que se adapten al paisaje y que contribuyan a proteger la barranca.
- Se deberá hacer un seguimiento de las obras a ejecutar, como así también de otros sectores críticos.

A partir de estas recomendaciones la obras que se proyectaron fueron la ejecución de protección de márgenes con muros de gaviones y colchonetas en el pie de los mismos. Con todo esto se cumplió con el objetivo de detener el avance de la erosión lateral del río,

minimizando el riesgo en el estribo del puente y el descalce de la torre de media tensión.

Con la premisa de no producir nuevas modificaciones en el cauce del río y de realizar obras que soporten los embates de las crecidas del río, la protección se proyectó en gaviones tipo caja y colchonetas de piedra embolsada. Además, este tipo de estructuras tienen la flexibilidad suficiente como para experimentar considerables deformaciones (generadas por asentamientos y/o socavaciones menores) sin comprometer la estabilidad global de la obra.

La obra se diseñó de acuerdo a los resultados obtenidos del modelo hidráulico y a las características presentadas por el terreno, resultando un muro de gaviones de altura variable desde 1.00 a 4.00 m según la progresiva creciente hacia aguas abajo, con un desarrollo total de 60 m aproximadamente. En este punto la obra se abre en un abanico de 10 m de largo compuesto por gaviones de 0,50 m de altura, aprovechando la pendiente natural de la barranca. Desde los 70 m y hasta el final de la obra, se colocan colchonetas apoyadas sobre el terreno natural.

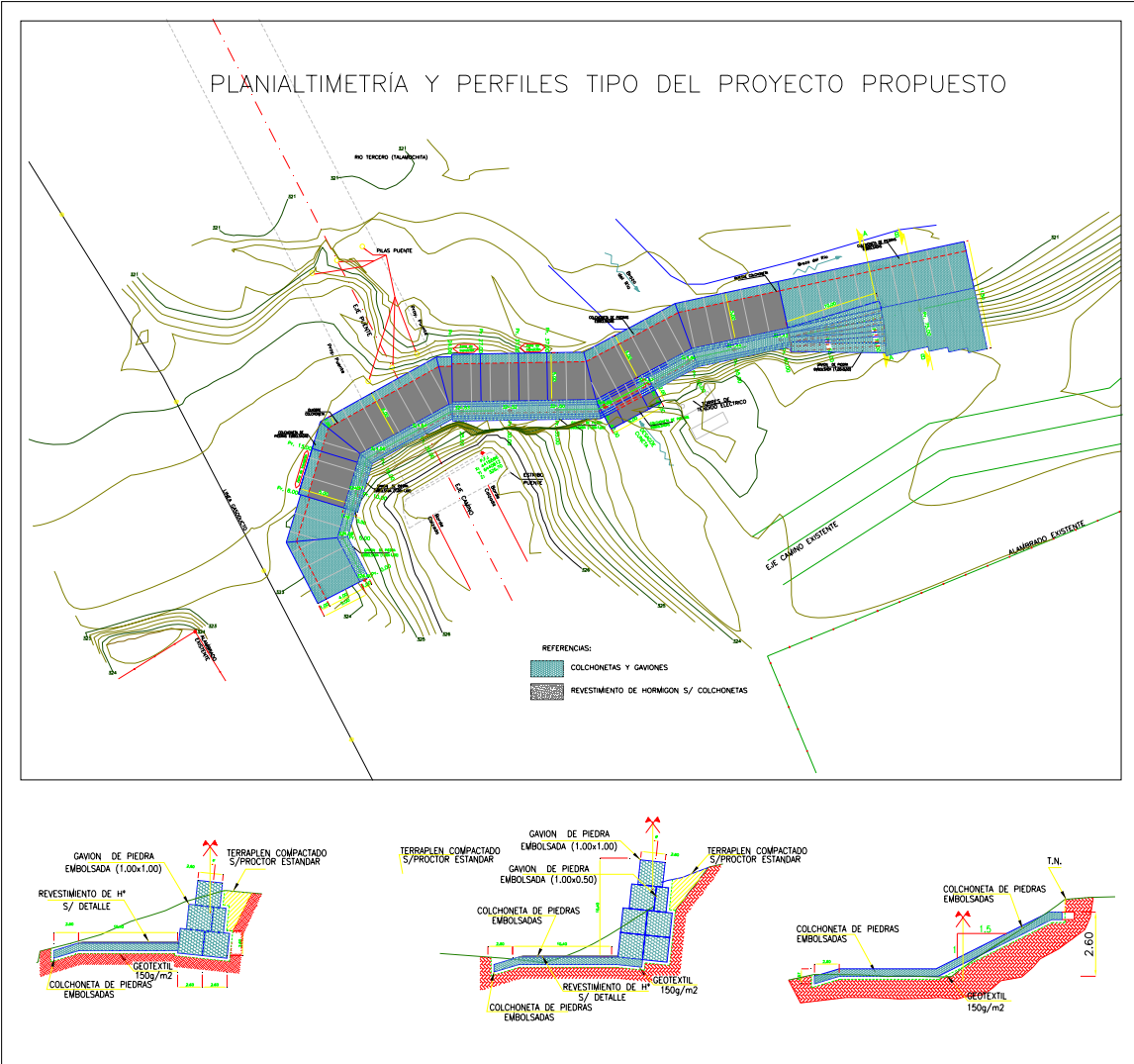


Figura 3 – Proyecto de Obra propuesto

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Capitanelli, R. (1977). Geomorfología en: Geografía Física de la Provincia de Córdoba. Cap. V pp. 263-279. Ed. Boldt, Córdoba.

González Vallejo L.I. (2002). Ingeniería Geológica. Pearson Educación SA, Madrid.

Brookes, A. (1988). Channelized Rivers. Ed. John Wiley & Sons Ltd. Great Britain.

González Del Tánago del Río, M y D. García de Jalón Lastra (1998). Restauración de Ríos y Riberas. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.