

# LA RESTAURACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL RÍO GUADIAMAR DESDE LA CONFLUENCIA DEL AGRIO HASTA EL VADO DE DON SIMÓN.

A. SANTIAGO; J.L. SAIZ

(1)

(1)

(1) Empresa de Gestión Medio Ambiental

## RESUMEN

La recuperación de la geomorfología fluvial del río Guadamar tras el accidente del vertido minero de la mina de Aznalcóllar, se aborda tras un proceso de modelización para establecer su funcionamiento hidrológico e hidráulico. Para ello, se han manejado dos escalas de trabajo, una mayor con un estudio a nivel de cuenca que aportará los datos generales, y otra escala menor, centrada en el cauce afectado, que permita la toma de decisiones y el diseño de actuaciones. La adscripción de los terrenos vecinos al cauce dentro de la figura del Corredor Verde, permite un enfoque más ambicioso a la hora de restaurar el río, admitiendo la devolución de espacio al río, como éste requiere en los periódicos desbordamientos e inundaciones. De esta manera, se pretende dotar de mayor naturalidad al sistema fluvial recuperando zonas que habían sido funcionales anteriormente, pero que se han visto coartadas por la presión que han venido ejerciendo las distintas actividades humanas sobre el río.

**P.C.:** recuperación fluvial, geomorfología, modelización, Guadamar

## SUMMARY

The river geomorphology restoration of Guadamar river after the mine of Aznalcollar's accident, is approached after a modeling processto establish the hydrologic and hydraulic functioning. Therefore, two different working scales have been approached, firstly a river basin study, which produced general data, and on the second hand, another scale focused on the affected course, which allow to take decisions and design actions. The attachment of the adyacent lands to the course of the "Corredor Verde ", allows a more ambitious scope to restore the river by recovering its own space, as when its demand in periodics overflows and floods. This way, we pretend to make the river system more natural, restoring zones that had been functionals previously, but that had been limited by the pressure of human activities over the river banks.

**K.W.:** river restoration, geomorphology, modeling, Guadamar

## INTRODUCCIÓN, MATERIAL Y MÉTODOS:

A lo largo de los años, la actividad antrópica ha condicionado y modificado la geomorfología del cauce del río Guadamar. La sustracción de terreno al río para dedicarlo al uso agrícola, la implantación de linderos elevados para proteger los cultivos de las crecidas, el relleno de vaguadas por el laboreo y también la extracción de tierras creando desniveles artificiales, habían creado un sistema fluvial inestable, con gran generación de sedimentos y con frecuentes inundaciones y desbordamientos. Por último, el accidente minero con el vertido torrencial de lodos y las posteriores labores de limpieza de los mismos, han alterado de forma desastrosa el funcionamiento hidráulico natural del cauce y sus zonas aledañas.

La adscripción de las tierras afectadas por el vertido dentro del Proyecto del Corredor Verde, ha recuperado terreno propio del río que se quiere renaturalizar. La implantación de una cubierta vegetal estable que sustituya a la temporalidad de la agrícola o a la inexistencia de cubierta en terrenos dedicados a otros usos, ralentizará y en el mejor de los casos detendrá el proceso de degradación del río y su entorno, lo que debe producirse de una forma paralela a la reconstrucción de la geomorfología del río.

Para la recuperación del río y la implantación del Corredor Verde, con el objetivo intermedio de renovación de la cubierta vegetal y la naturalización y protección del cauce, se hace necesario el análisis y caracterización hidrológica e hidráulica del río y de su cuenca, objeto que se ha abordado en base a los siguientes epígrafes:

- Evaluación del comportamiento de la cuenca del río Guadiamar para la generación de caudales de escorrentía.
- Simulación de los caudales que se generan en la cuenca para diferentes periodos de retorno.
- Evaluación de la conducta del río Guadiamar en la conducción de los caudales anteriores para el tramo más afectado por el vertido.
- Protección de las nuevas plantaciones con la recuperación del cauce natural del río.

Por todo esto, se ha escogido como metodología general la utilización de los SIG como herramienta de trabajo. En concreto, se han empleado los SIG Blacklandgrass y ArcInfo para el procesado de datos y Arcview para la representación de los resultados.

De forma más específica, para cubrir el objetivo de obtención de los caudales que se generan en la cuenca para diferentes periodos de retorno, se ha diseñado un modelo lluvia-escorrentía, con la utilización del número de curva y el hidrograma unitario del Servicio de Conservación de Suelos, para su aplicación dentro de un SIG.

Este modelo parte de la distribución de la precipitación sobre la cuenca y la forma en que ésta se produce para, a través de datos del tipo de suelo, tipo de cubierta y datos topográficos, obtener los caudales que se generan en cada punto de la cuenca, y haciendo el cómputo para cada subcuenca, se obtiene el caudal a la salida de las mismas. Este proceso precisa la ejecución de las siguientes tareas:

- Estudio de la cuenca.
- Caracterización de los hietogramas de proyecto.
- Determinación de caudales generados por la cuenca.

Posteriormente estos caudales se circulan por el cauce, con el Método de Muskingum, para considerar su superposición y laminación, obteniendo en el mismo datos de caudal punta en diversos emplazamientos, que servirán como datos de partida para el proceso siguiente.

Por último, para evaluar el comportamiento hidráulico del río en la zona más directamente afectada por el accidente del vertido y limitando la aplicabilidad de modelos hidráulicos simples hasta el Vado de Don Simón, por debajo del cual las condiciones hidráulicas son difíciles de especificar, se desarrolla y se ejecuta un modelo de simulación de la circulación de caudales con la geometría y las características hidráulicas del cauce y de obstáculos como puentes en este tramo, utilizando también herramientas basadas en los SIG. Se ha simulado el comportamiento del río en régimen permanente, con flujo tanto crítico como subcrítico, para caudales de diferentes periodos de retorno mediante el uso de los programas HEC.

Tras esta primera fase de caracterización general se comenzó la etapa de análisis de estos resultados.

Como resultados del estudio a nivel de cuenca, se ha caracterizado ésta hidrológicamente, con la obtención de la precipitación para diferentes periodos de retorno en las estaciones meteorológicas distribuidas por la cuenca, así como los caudales punta generados para los mismos periodos de retorno en diferentes emplazamientos de los cauces de la cuenca.

Continuando lo anterior, el estudio hidráulico del tramo de río objeto del estudio ofrece resultados de velocidades, calados y zonas de inundación para los diferentes caudales simulados (Tabla 1 y Figura 1), constituyendo la base para el análisis de problemáticas y atisbo de soluciones. De forma especial, los mapas de inundación para los distintos periodos de retorno muestran bien el esquema de funcionamiento del río, se infiere la presencia de cuellos de botella al paso del agua dentro del cauce, así como la existencia de vías alternativas por la que circula el exceso de agua.

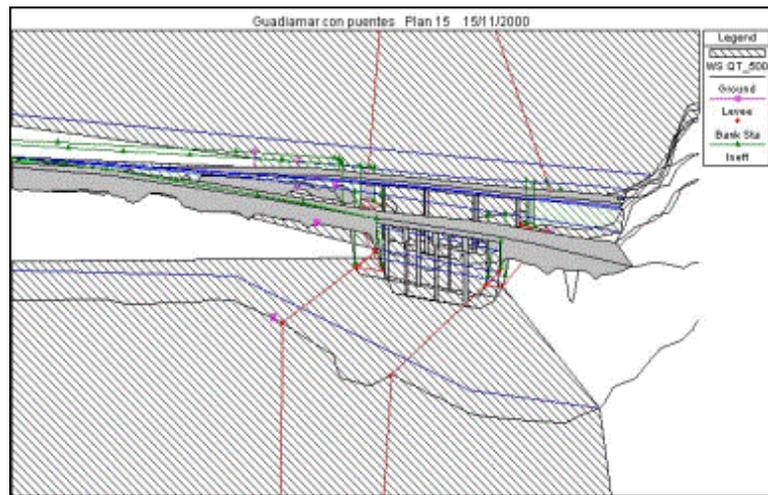


Fig. 1. Vista tridimensional de la inundación de 500 años en el puente de Aznalcázar.

Perfil nº 1				
Periodo Retorno (años)	Total (m <sup>3</sup> /s)	Calado (m)	Vel Canal (m/s)	Anchura inundada (m)
2	189	2.9	1.05	104.1
10	560	4.1	0.94	168.9
50	873	5.1	0.93	200
500	1378	6.6	0.95	231.9

Tabla 1. Resultados para un perfil a modo de ejemplo en el puente de Aznalcázar.

También la experiencia vivida en el campo permite observar como el río en situaciones de avenida se desborda ocupando amplias zonas de inundación y activando madres viejas que conducen agua cuando en situación normal están secas, o incluso abriéndose nuevos cauces, que posiblemente se hubieran difuminado con las labores de limpieza de los lodos.

Por otra parte, en las fotografías aéreas de 1956 pueden observarse estos cauces secundarios que, en algunos casos, mantienen incluso una vegetación ribereña, en lo que sería un funcionamiento más natural del río y que se habría visto alterado por la presión de la actividad agrícola sobre el río. (Figura 2)

Lo expuesto anteriormente obliga a considerar la evaluación del funcionamiento del sistema fluvial. Para lo cual se han realizado las siguientes tareas:

- Localización a partir de los resultados de la simulación de las zonas en que se desborda el cauce principal y comprobación en el campo.
- Diseño de los puntos de desbordamiento para controlar y encauzar dichos saltos del agua.
- Implementación de los modelos hidráulicos necesarios para simular estas derivaciones.
- Estimación de la capacidad actual para conducir agua de estas vías alternativas.
- Diseño de la geometría de los flujos secundarios para aumentar la capacidad de conducción de agua durante las avenidas.

## RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN

Se han identificado varias derivaciones del cauce principal que podrían funcionar como vías alternativas para conducir el agua en situación de avenida. En estas zonas se ha estudiado la posibilidad de encauzar el agua en las inserciones y al mismo tiempo aumentar la capacidad de los cauces para evacuar de forma más eficiente la avenida.

Así, del mismo modo que para el río en su totalidad, se han implementado modelos de simulación hidráulica para cada una de las derivaciones, caracterizando sus perfiles longitudinales y transversales y coeficientes hidráulicos, para determinar el caudal que pueden evacuar.



Fig. 2. Fotografía aérea de 1956 donde se observa la funcionalidad de las zonas fuera del cauce principal.

Se ha simulado el funcionamiento de estas derivaciones de forma conjunta con el cauce principal para evacuar los caudales de los distintos periodos de retorno. En el programa HEC-RAS se ha comprobado el efecto de remodelar la sección de los cauces alternativos para evacuar un mayor caudal, lográndose esto sin alterar sustancialmente el funcionamiento del cauce principal. Posteriormente, se han identificado a partir del modelo de elevaciones, diversas zonas a modificar en sus secciones para darle continuidad al flujo, eliminando obturaciones, estrechamientos y obstáculos. Por último, se han localizado los puntos en que se desborda el cauce en situación de avenida, para los cuales se han considerado obras de encauzamiento. Con estas actuaciones, en las que, de forma general, se llevará a cabo un perfilado de los cauces y una estabilización de los taludes por compactación y la implantación de una cubierta protectora, se conseguiría aumentar la capacidad de desagüe del río sin desbordarse correspondiendo a un periodo de retorno de 4 a 5 años.

Se han identificado siete subsistemas en los que realizar la reactivación de zonas que se ha comprobado que entran en funcionamiento durante las avenidas, y en los que es necesaria la intervención. En la Figura 3 se recoge distinta información para uno de los subsistemas.

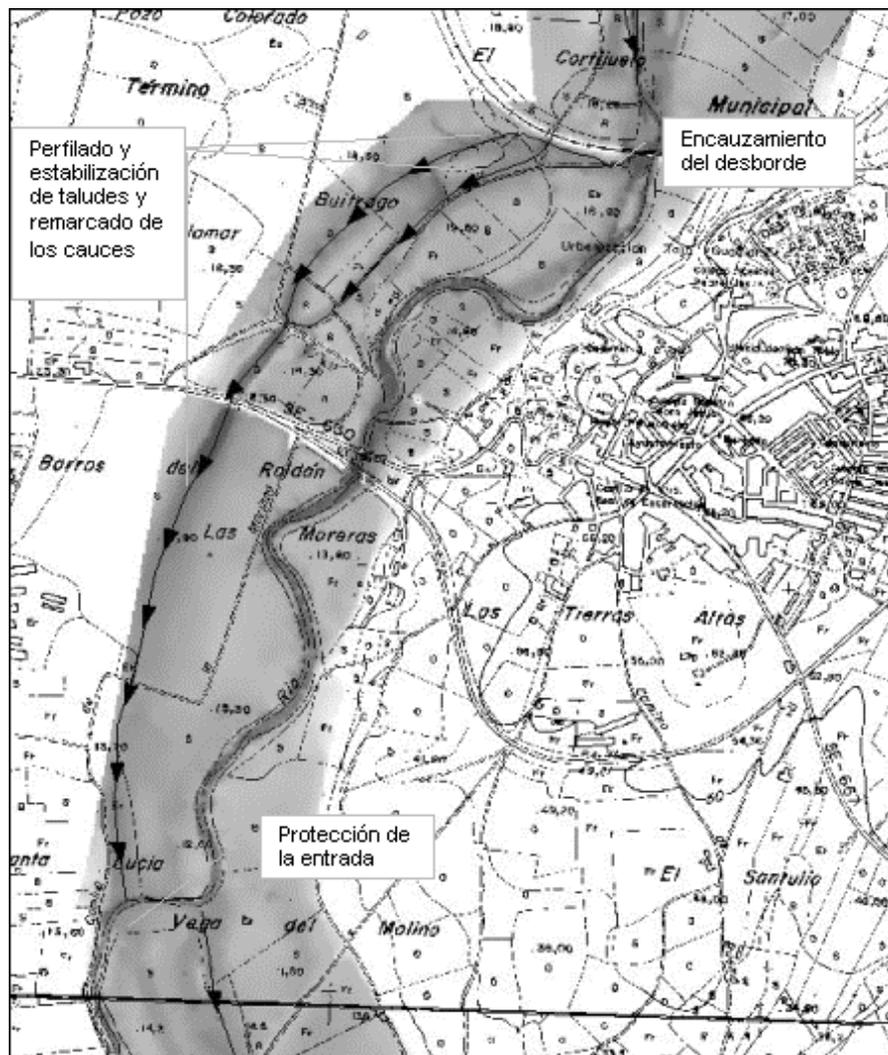


Fig. 3. Mapas de inundación con la altura inundada en escala de grises y el eje de las zonas a reactivar.

## CONCLUSIONES

La modelización hidrológica e hidráulica utilizando los SIG, se muestra como una herramienta de utilidad para la simulación del comportamiento fluvial, para desde este conocimiento abordar las diferentes soluciones para la restauración hidrológica de un cauce degradado y de la entidad del río Guadiamar. En concreto, la unión de un SIG con programas de simulación del comportamiento hidráulico aporta facilidad para el ensayo de soluciones alternativas para los sistemas fluviales.

Por último, cabe destacar la conveniencia de la recuperación de la geomorfología propia del río como solución para la restauración hidrológica de zonas deterioradas que permitan este enfoque, y como paso previo a las actuaciones de restauración de taludes y estabilización de zonas degradadas.

## AGRADECIMIENTOS

La realización este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración y soporte prestados por el

Departamento de Ingeniería Rural de la Universidad de Córdoba y la Oficina Técnica del Corredor Verde.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER; (1998). *HEC-RAS. River Analysis System. User's Manual*. U.S. Army Corps of Engineers. Davis, CA.
- OFICINA TÉCNICA DEL CORREDOR VERDE; (2000). *Estudio hidrológico y propuesta de restauración del río Guadiamar*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.