



OBRAS DE DEFENSA SOBRE EL RÍO CHOCANCHARAVA

Teresa Reyna, Santiago Reyna, María Lábaque, César Riha

CEAS S.A.

Gómez Clara 1191. Barrio Rogelio Martínez. 5000 Córdoba
E-mail: teresamaria.reyna@gmail.com - Web: <http://www.ceas-sa.com.ar>

RESUMEN

La zona en la que se encuentra ubicada la Ciudad de La Carlota presenta importantes depresiones que se extienden de oeste a este en la ciudad y forman fuera de ella las lagunas que integran la cuenca del Saladillo y posteriormente el Carcarañá. Esto representa una topografía con poca capacidad de escurrimiento de agua, al menos de manera encauzada.

Son diversos los problemas que se producen a lo largo del río Chocancharava o Cuarto, con pronunciadas erosiones, embanques y desbordes, lo que genera serias afectaciones a la infraestructura a lo largo de su traza e inundaciones en ciudades importantes de la zona como Río Cuarto y La Carlota.

Con el objetivo de limitar el riesgo de inundación en la ciudad con anegamiento de importantes zonas por la ocurrencia de crecidas extraordinarias, se proyectó la construcción de una defensa fluvial de aproximadamente 5.100 m lineales.

En este artículo se presentan los estudios realizados y la solución planteada para este proyecto con el fin de mostrar la magnitud de las obras involucradas asociadas a la inversión necesaria para atenuar la situación.

ABSTRACT

The area where is located the city of La Carlota has major depressions that extend from west to east in the city and are outside the lakes that make up the basin and later Carcaraña Saladillo. This represents topography with little capacity for water runoff, at least not channeled.

There are various problems that occur along the river Chocancharava o Cuarto, with pronounced erosion, siltation and flooding, leading to serious damages to the infrastructure along its trace and flooding in major cities like Rio Cuarto area and La Carlota.

In order to limit the risk of flooding in the city with flooding of large areas by the occurrence of extraordinary floods, is planned to build a defense river approximately 5,100 linear meters.

This article presents the studies and the proposed solution for this project to show the magnitude of the associated works involved the investment required to mitigate the situation

INTRODUCCIÓN

El río Chocancharava o, más usualmente, río Cuarto, es un río que discurre de oeste a este por el sector centro-sur de la provincia de Córdoba (Argentina). La longitud total del río es de unos 400 km.

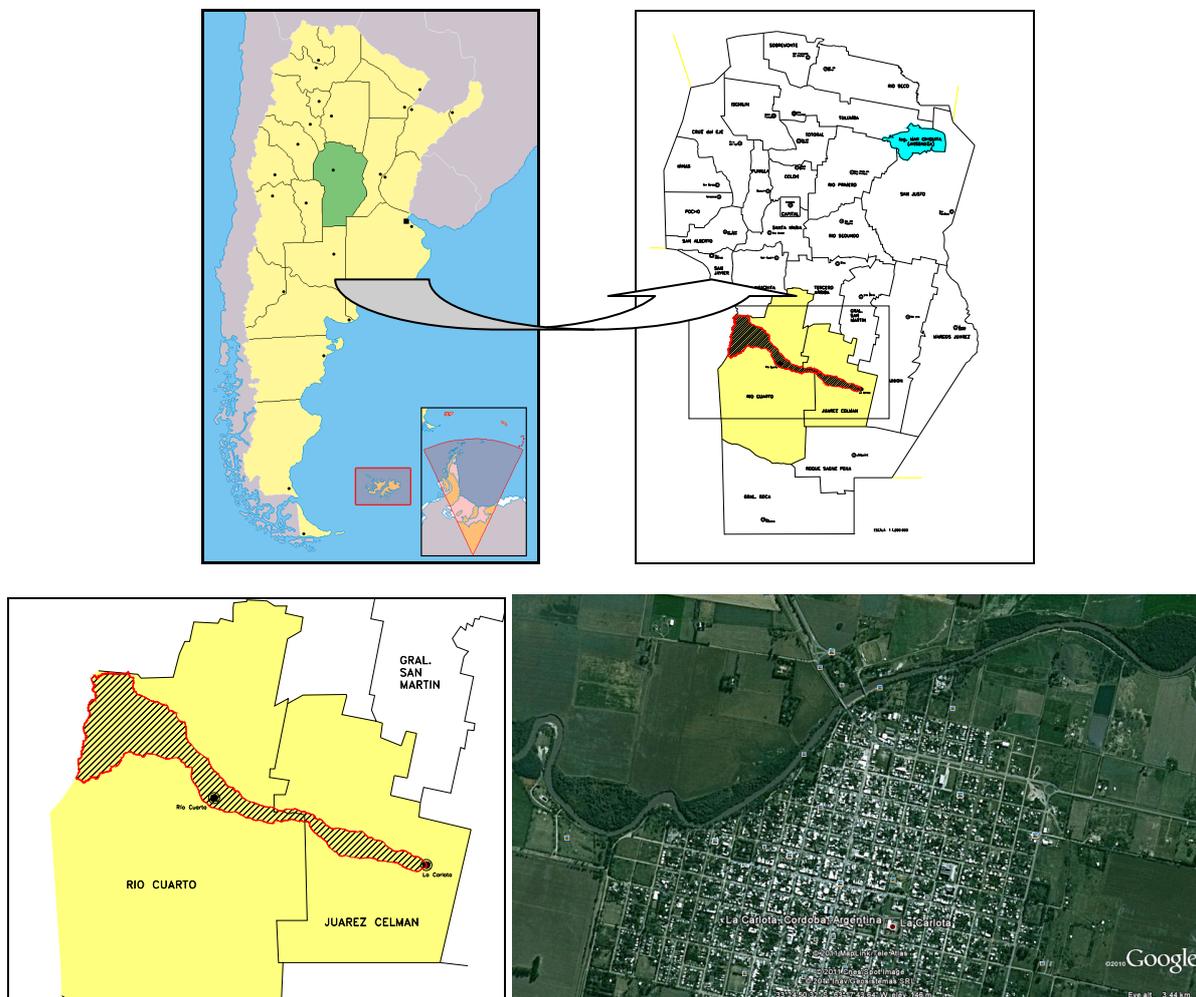


Figura1.- Ubicación de la cuenca de estudio e imagen satelital de La Carlota (www.google.es).

Son diversos los problemas que se producen a lo largo de su curso, con pronunciadas erosiones, embanques y desbordes, lo que genera serias afectaciones a la infraestructura a lo largo de su traza e inundaciones en ciudades importantes de la zona como Río Cuarto y La Carlota.

La ciudad de La Carlota se encuentra ubicada al sudeste de la Provincia de Córdoba dentro del Departamento Juárez Celman. A ella se accede desde Río Cuarto por la ruta nacional N° 8 o desde la ciudad de Villa María por la ruta provincial N° 4.

La zona en la que se encuentra ubicada la Ciudad de La Carlota presenta importantes depresiones que se extienden de oeste a este en la ciudad y forman fuera de ella las lagunas que integran la cuenca del Saladillo y posteriormente el Carcarañá. Esto representa una topografía con poca capacidad de escurrimiento de agua, al menos de manera encauzada.

En la actualidad este río está siendo usado como proveedor de áridos lo que tiende a agudizar la difícil situación de la actual dinámica de generación de sedimentos en la cuenca y acarreo de los mismos en el sistema fluvial.

Además, presenta una fuerte tendencia a la generación de crecientes repentinas de gran magnitud, dada la alta predominancia de rocas cristalinas poco permeables y altas pendientes en su cuenca alta. A esto se le suma la ocurrencia de frecuentes tormentas convectivas intensas favorecidas por las condiciones climáticas de semiaridez (concentración de lluvias en primavera-verano) y el efecto orográfico que genera la sierra de Comechingones elevada a más de 2000 m.s.n.m.

En lo que respecta a la cuenca baja, en donde debido a la aptitud de los suelos se realiza un uso agrícola intensivo centrado en los últimos años al cultivo de soja y maní, tienen lugar procesos de erosión hídrica acelerada, lo que involucra un importante aporte de sedimentos al cauce, durante la ocurrencia de lluvias intensas.

Como una medida tendiente a la ordenación del sistema se ha ejecutado la construcción de un sistema de azudes para limitar la profundización del cauce del río en el tramo urbano que cruza la ciudad de Río Cuarto, evitando así la generación de un nivel de base más profundo que afecte a obras de infraestructura urbana (en particular los puentes). Además para la regulación de caudales en la cuenca alta, se han previsto la realización de un conjunto de obras entre ellas la realización de las presas La Tapa y Piedra Blanca.

Como otra medida para lograr la sistematización del río, se proyectó un sistema de defensas fluviales de las márgenes tendientes a proteger la ciudad de La Carlota de los desbordes del río. La ciudad de La Carlota se asienta en las márgenes del Río Chocancharava aproximadamente 150 km aguas abajo de la ciudad de Río Cuarto. El desborde de este río ha provocado en numerosas ocasiones la inundación de su trama urbana. Una de las peores catástrofes se registró en enero de 2007 donde el 90% de la Ciudad de 12.000 habitantes se vio invadida por las aguas del río.



Figura 2: Imágenes de la inundación sufrida por la Ciudad de la Carlota, enero de 2007 (Municipalidad de La Carlota, 2007)



Figura 3: Imágenes de la inundación sufrida por la Ciudad de la Carlota, enero de 2007 (Municipalidad de La Carlota, 2007)

Las defensas proyectadas para esta localidad, se encuentran ya licitadas. En este artículo se presentan los estudios realizados y la solución planteada para este proyecto con el fin de mostrar la magnitud de las obras involucradas asociadas a la inversión necesaria para atenuar la situación.

HIDROGRAFÍA

El Río Cuarto o Chocancharagua discurre todo su recorrido en el ámbito de la provincia de Córdoba, nace en la Sierra Alta de Comechingones y desemboca en el Bañado del Río El Saladillo (este sistema desagua finalmente en el Río Tercero o Ctalamochita, afluente del Carcarañá y éste, a su vez, del Paraná). Su cuenca imbrífera es de 2300 Km². A esta cuenca se la puede dividir en: Cuenca Alta o Serrana y Cuenca Baja o de Llanura.

La cuenca alta está comprendida entre la cúspide y el pie de las sierras, abarcando una superficie de 1377 Km². Se trata de una zona serrana, con laderas escarpadas de fuertes pendientes, que le dan carácter de torrencial al régimen del río en esta zona. (Miatello et al., 1973)

La cuenca baja comprendida entre el pie de las sierras y el bañado del Río El Saladillo abarca una superficie de 923 Km². Sus características morfológicas son las siguientes: pendientes suaves, muy permeables y está cultivada en la totalidad de su extensión.

De la vertiente oriental de la sierra Alta de Comechingones se desprenden los distintos cursos de agua que dan origen al Río Cuarto o Chocancharagua; son ellos: Alpa Corral, llamado también Río Barrancas o Río Seco; San Bartolomé, denominado más adelante como Río de la Invernada; Arroyo de las Tapias y el Río La Tapa, que juntos forman el Río de Las Cañitas, luego el más importante de todos los tributarios, el Río Piedra Blanca, que después de la confluencia con el Río de las Cañitas toma el nombre de Río Cuarto o Chocancharagua y por último el más meridional, el Río Los Chañares que desagua sobre el Río Piedra Blanca.

La cuenca hidrográfica alta, que cruzan los ríos nombrados se desarrolla entre una altura de 1600 metros sobre el nivel del mar, (máxima la del cerro de oro, 2200 m) y la de 630 m que corresponde a la confluencia Piedra Blanca - Las Cañitas.

En la expresada confluencia se inicia el curso medio del río, en el que la pendiente, aunque menos pronunciada, es siempre bastante fuerte. Así, en el sector Confluencia – El Tambo, la pendiente alcanza a 3,20 m/Km; el ancho del cauce varía entre 30 y 200 m, con barrancas de 5 a 15 m de altura. El tramo El Tambo - Ciudad de Río Cuarto, se caracteriza por una pendiente aún mayor, que llega a 4,10 m/Km; el cauce se ensancha, variando entre 100 y 450 m, alcanzando frente a la ciudad un ancho de 360 m, mientras que más adelante las márgenes van disminuyendo de altura. En los 58 Km que siguen, desde la ciudad hasta Alejandro, la

pendiente es de 2,85 m/Km, con un cauce variable entre 60 y 140 m, cruza 45 Km más abajo por La Carlota con un ancho de 300 m, iniciándose el curso inferior, caracterizado por pendientes reducidas que varían entre 0,64 m/Km (La Carlota – Puente Carretero en Olmos) y 0,43 m/Km (Puente Carretero en Olmos - Bañados del Saladillo).

Aguas abajo se inicia la zona de los bañados del Saladillo, que se prolonga unos 40 Km, hasta el puente carretero Salvai. En ese tramo, la pendiente no supera los 0,23 m/Km, mientras que el cauce se borra por completo, transformándose en una serie de lagunas y bañados. El tramo final del río, que toma aquí el nombre de Saladillo, hasta su desembocadura en el Río Tercero, en una longitud de 74 Km, presenta una pendiente de 0,30 m/Km, mientras que el ancho del cauce varía entre 10 y 40 m, recorriendo barrancas de 1 a 5 m de altura con un recorrido muy tortuoso.

ESTUDIOS HIDROLÓGICO – HIDRÁULICOS

Para definir el nivel y la longitud final de las defensas para la ciudad de La Carlota se realizaron estudios del régimen hidrológico de toda la cuenca del Río Chocancharava desde las zonas serranas hasta las llanuras inundables y luego se modeló su tránsito hidráulico.

La cuenca del Río Cuarto presenta, en líneas generales, las características climáticas propias de la zona sur de la Provincia de Córdoba. Se trata, específicamente, de un clima templado. La temperatura media en verano es superior a los 22 °C, mientras que durante el frío en invierno, la temperatura mínima media es de 3° C. La zona presenta precipitaciones medias de 700 a 900 mm anuales. Por lo tanto el clima es considerado benigno para las explotaciones agropecuarias, que prácticamente no tiene deficiencia anual de agua.

Desde el punto de vista dinámico, el clima es típico de la zona templada, con caracteres específicos de una provincia mediterránea.

Para la delimitación de la cuenca se trabajó con cartas topográficas escala 1:50.000. Se dividió la cuenca en 58 subcuencas (figura 4). El tiempo de concentración de la cuenca es de 19 horas. Para el diseño de las defensas se trabajó con tormentas de duración de 12 y 24 horas y una recurrencia de 10 años. Se adoptó el patrón de distribución temporal de la estación Río Cuarto con el pico ubicado en el segundo sextil. Para este estudio se preseleccionaron 11 puestos pluviométricos emplazados en la zona de la cuenca del Río Cuarto. Los pesos correspondientes para cada subcuenca se establecieron utilizando el método de los polígonos de Thiessen.

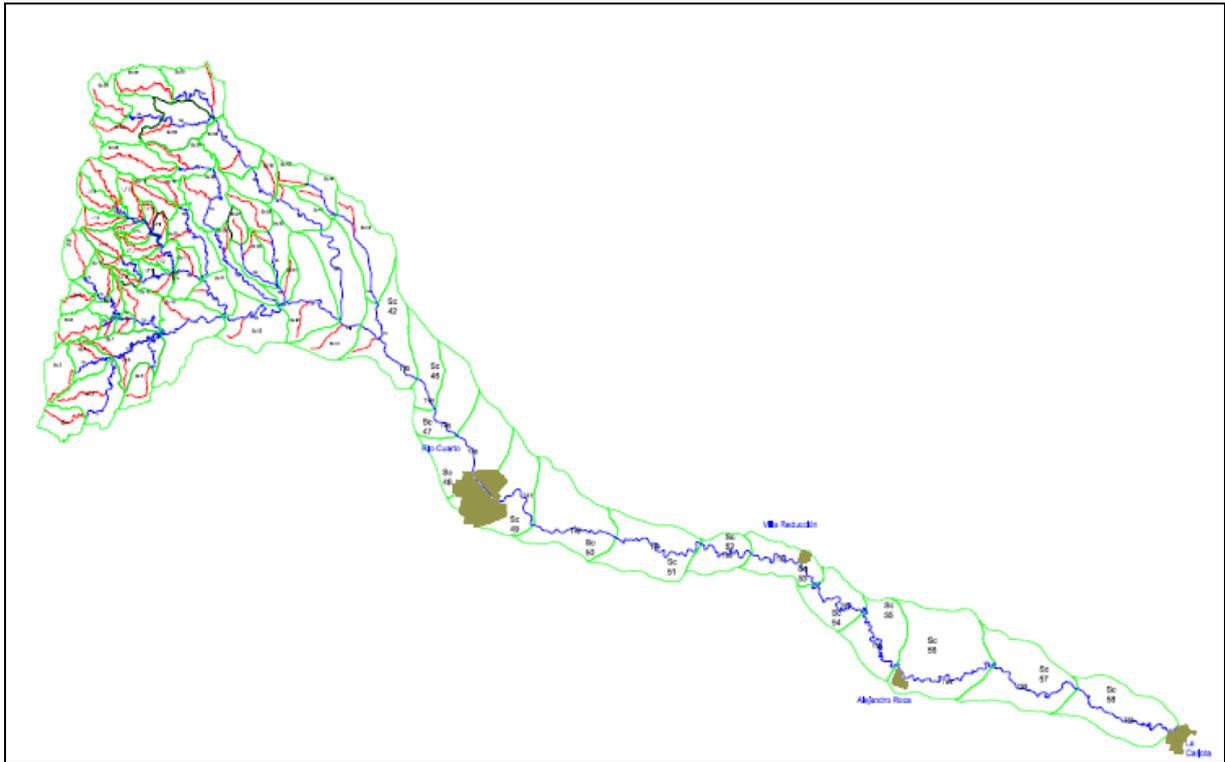


Figura 4: Delimitación de las cuencas de estudio

La modelación hidrológica se realizó con el software HEC-HMS 3.5 (Hydrologic Modeling System) del U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (2010). Los caudales obtenidos en la modelación en el tramo donde se asienta la Ciudad de La Carlota para una tormenta de 24 hs de duración y 10 años de recurrencia fue de $961 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para el estudio hidráulico se desarrolló un modelo hidráulico unidimensional con el software HEC-RAS 4.1, también del U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (2010). El modelo permitió la estimación de los niveles alcanzados por el agua para el caudal determinado además de la cuantificación de las variables hidráulicas medias y su distribución en el perfil transversal.

Para establecer la geometría del tramo estudiado se relevaron secciones transversales en una longitud aproximada de 10 km del río. Los valores del coeficiente Manning adoptados, fueron derivados de los antecedentes recopilados, de fotografías de la zona y del reconocimiento del lugar. En la modelación se cargaron 500 secciones.

RESULTADOS Y OBRA PROPUESTA

Los resultados obtenidos determinaron alturas de protección de hasta 4,50 metros sobre del cauce el terreno natural y una longitud de defensa necesaria de aproximadamente 5.200 m lineales (figura 5). Se diseñaron tres perfiles transversales de defensa correspondientes a muros de 1 a 4 metros de altura respectivamente. En el caso de muros de altura menor o igual a un metro, la protección consistirá en un sistema de base de fundación sobre el que se apoyarán gaviones modulares.

La cota de coronamiento de la defensa se encuentra comprendida entre los 147,33 y 144,42 m.s.n.m., en función de los niveles de inundación asociados a la recurrencia de diseño, cuidando de respetar las características urbanísticas próximas. La traza de las obras se ajustó a

Estabilidad al vuelco: Se verificó la seguridad contra el giro y vuelco de la estructura, referida al punto exterior de la base del refuerzo. Para ello se compararon el momento estabilizante, debido al peso propio del material, con el momento de vuelco, producido por las fuerzas horizontales actuantes.

Estabilidad al deslizamiento: Se verificó que la masa de suelo reforzada sea lo suficientemente ancha para que resista el deslizamiento a lo largo de la base. Las acciones desestabilizantes son las acciones horizontales y las resistentes están dadas por la capacidad friccional del material en la sección de la base.

Estabilidad global: Para la estabilidad global se realizó la verificación de la posible falla por deslizamiento rotacional del talud. Para ello, se realizaron modelaciones numéricas del perfil de suelos, utilizando el método de equilibrio límite. Se consideraron potenciales fallas de deslizamiento semicirculares.

Capacidad de carga: Las verificaciones de capacidad de carga se realizaron utilizando la teoría de Terzaghi para determinar las presiones admisibles, las cuales se compararon con las presiones verticales actuantes.

CONCLUSIONES

Las importantes y violentas crecidas que presenta el río Chocancharava generan a lo largo de su recorrido serios problemas de erosión y de inundación de localidades y campos asentados en sus márgenes. Estos hechos afectan a una zona agrícola – ganadera particularmente rica de la Provincia de Córdoba lo que provoca serias pérdidas económicas. Esto ha provocado el planteo por parte de las autoridades de medidas estructurales de considerable magnitud para intentar reducir los impactos de estos sucesos. (Reyna et al. 2011).

Como ya se mencionó sobre este río se han venido realizando una serie de medidas tendiente a la ordenación del sistema entre las que se mencionan: la regulación de caudales en la cuenca alta, con la realización de las presas La Tapa y Piedra Blanca; la construcción de un sistema de azudes para limitar la profundización del cauce del río en el tramo urbano que cruza la ciudad de Río Cuarto, y el proyecto del sistema de defensas que se describió en este artículo. Todas estas obras han requerido de inversiones importantes por parte de la provincia.

De manera particular, la magnitud de la protección necesaria de las defensas de la Ciudad de La Carlota (más de 5.000 metros), su altura y la necesidad de elementos complementarios la presentan como una obra de importancia.

Las medidas planteadas sobre la cuenca se han mostrado como soluciones parciales a los serios problemas de régimen que muestra actualmente el río, los que se van agudizando debido principalmente a dos factores: los desmontes sistemáticos e incendios a la que se ve expuesta la cuenca alta y el uso del río como proveedor de áridos. Todo esto tiende a agudizar la difícil situación de la actual dinámica de generación de sedimentos en la cuenca y acarreo de los mismos en el sistema fluvial.

La conciencia general sobre la importancia de la protección del medio ambiente, el desarrollo sustentable y la incorporación de medidas que legislen de manera eficiente estos aspectos se vuelven insustituibles a la hora de limitar los daños producidos por este río; más aún si se compara las grandes inversiones realizadas que sólo han servido para atenuar la situación y que se encuentran actualmente lejos de resolverla.

Esta misma situación se presenta en otras cuencas de la Provincia de Córdoba que vienen sufriendo procesos antrópicos que originan el deterioro de las mismas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Miatello, R. A.; Roqué, M.E.; Racagni, T. L. (1973); *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*. Editorial Boldt.

Municipalidad de La Carlota (2007). *“Informe de Emergencia”*. Córdoba.

Reyna, T.; Lábaque, M.; Reyna, S. (2011). “Obras de Defensa sobre el Río Cuarto”. *Revista Control de Erosión en Iberoamerica*. CEIBE Año 5, N° 9. Primer semestre de 2011. ISSN 1850-2636. Pag 36-41. Buenos Aires.

U. S Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (2010). *“HEC-RAS 4.1 User’s Manual”*. U.S.A.

U.S. Army Corps of Engineers (2010). *“User Manual: HEC – HMS 3.5 Hydrologic Modeling System”*. Hydrologic Engineering Center. U.S.A.

http://www.google.es/intl/es_es/earth/download



Instituto de Recursos Hídricos



Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías



Universidad Nacional de Santiago del Estero



Instituto Nacional del Agua



Subsecretaría de Recursos Hídricos



Agencia Nacional de Promoción Cient. y Tec.



Gobierno Prov. de Santiago del Estero



Ministerio de la Producción



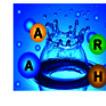
Secretaría del Agua



Secretaría de Desarrollo, Ciencia y Tecnología



Consejo Prof. de la Ingeniería y Arq.



Asociación Argentina de Recursos Hídricos



Asoc. Internacional de Investig. Hidroamb.



Comisión Regional del Río Bermejo



CORPORACION ARGENTINA TECNOLÓGICA s.a. INGENIERIA CIVIL E HIDRAULICA

