

CONTROL DE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE SAN CARLOS, URUGUAY

Christian Chreties, Rodrigo Alonso, Guillermo López y Luís Teixeira

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Universidad de la República, Uruguay
chreties@fing.edu.uy, ralonso@fing.edu.uy, glopez@fing.edu.uy y luistei@fing.edu.uy,

Introducción

En este artículo se presenta la metodología y los resultados obtenidos en el estudio de la problemática de inundaciones de la ciudad de San Carlos. Esta ciudad, de 25.000 habitantes, se encuentra en la región Este de Uruguay, 20 km. al norte de Punta del Este. Los arroyos Maldonado y San Carlos bordean la ciudad, al Oeste y al Este respectivamente, y confluyen inmediatamente aguas abajo de la misma. (Figura 1). Diversos episodios de inundación debidos a crecidas de estos arroyos afectaron y preocuparon a los habitantes de San Carlos, quienes aprovecharon las distintas instancias de participación ciudadana para plantear la problemática y proponer soluciones. En este contexto el estudio presentado en este trabajo brindó a las autoridades municipales y a los habitantes de la ciudad elementos técnicos para la resolución de las acciones concretas a llevar adelante.



Figura 1.- Ubicación de San Carlos (Izq.)- Marisma del A° Maldonado (Der.)

En los últimos 35 años ocurrieron muchos episodios de crecidas donde un importante conjunto de familias tuvieron que ser evacuadas. Particularmente se destacan tres episodios: Julio 1973, Mayo 2000 y Mayo 2005 donde en cada uno de ellos fueron evacuadas del orden de 130 familias.

Resulta importante destacar que aguas abajo de la ciudad de San Carlos se desarrolla un humedal salino (marisma) asociado al arroyo Maldonado. Esta marisma se extiende desde la confluencia de los arroyos hasta la desembocadura en el mar (Figura 1). El humedal salino depende del aporte de agua dulce proveniente de los arroyos así como del ingreso de agua salobre oceánica. Modificaciones significativas de la dinámica hídrica de este ecosistema provocan consecuencias negativas para la conservación de este ambiente. Las marismas del A° Maldonado y en segundo lugar de la Laguna de José Ignacio constituyen los únicos ambientes de este tipo desde la Lagoa dos Patos en Río Grande do Sul hasta el Sur de la Provincia de Buenos Aires en Argentina. Esto tiene implicancias determinantes para la distribución y sobrevivencia de las especies que dependen de estos ambientes. Por este motivo resulta clave considerar en la evaluación de medidas de mitigación de las inundaciones de San Carlos, como éstas afectan el régimen hídrico del humedal. Para ello, se trabajó de manera interdisciplinaria con un equipo de biólogos expertos en la caracterización y funcionamiento de estos ecosistemas. Este

estudio fue presentado a los habitantes de la ciudad de San Carlos con el objetivo de que integren a la problemática de inundaciones la importancia de conservar uno de los ambientes de mayor riqueza ecológica del país.

Objetivos

Caracterizar en base a un modelo hidrodinámico las inundaciones fluviales de la ciudad de San Carlos.

Evaluar distintas medidas estructurales y no-estructurales, considerando la efectividad, costo e impacto ambiental de cada una.

Materiales y Métodos

El problema fue abordado en base a la modelación hidrodinámica uni-dimensional no estacionaria del sistema fluvial. El modelo fue calibrado y validado con la información histórica de niveles y caudales en los cursos y a partir del mismo se caracterizó la problemática y se evaluaron distintas medidas estructurales y no estructurales para el control de inundaciones. La caracterización de la problemática consistió en la determinación de las curvas de inundación para distintas recurrencias, mientras que las medidas evaluadas fueron: dragado y limpieza del cauce principal de ambos cursos, construcción de diques longitudinales de defensa, construcción de una o dos represas laminadoras aguas arriba de la ciudad, y medidas no estructurales de ordenamiento territorial. Para cada medida se evaluó su efectividad para controlar las inundaciones, se estimó su costo y se evaluaron sus consecuencias ambientales, especialmente sobre la marisma. La modelación se realizó en base al software Hec-Ras 4.0 en el cual se esquematizó el sistema fluvial tal como se indica en la Fig. 2. En ella se indica la ubicación de las estaciones hidrométricas a partir de las cuales se obtuvo información de caudales y niveles. Como condición de borde aguas arriba se fijaron los niveles de agua en el arroyo Maldonado y San Carlos a la altura de los respectivos puentes de la Ruta Nacional N° 9.

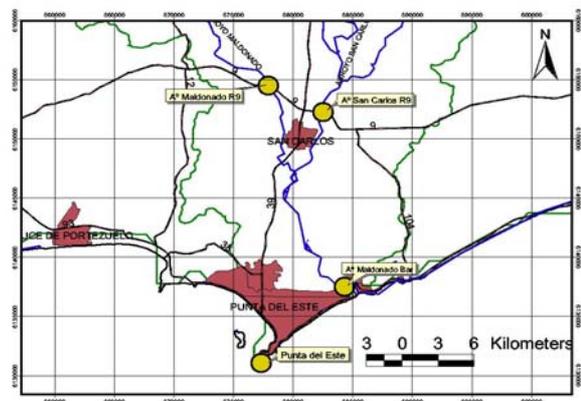


Figura 2.- Esquema del sistema fluvial modelado.

Como condición de borde aguas abajo se adoptó el nivel del Océano Atlántico (Punta del Este). En las etapas de calibración y validación se ajustaron los coeficientes de rugosidad de Manning, de forma de lograr el mejor ajuste entre los resultados del modelo con las curvas de aforo en

las secciones transversales de los puentes de la Ruta 9, con las curvas de inundación relevadas en la ciudad de San Carlos y con los niveles registrados en la estación hidrométrica del puente existente aguas arriba de la desembocadura. El modelo calibrado y validado fue utilizado para analizar los cambios hidrodinámicos en el sistema fluvial debido a la implementación de las distintas medidas planteadas.

Desde el punto de vista ambiental, se realizó una caracterización de la marisma, a partir de una clasificación del ecosistema en “Unidades Ambientales”, de acuerdo a factores geomorfológicos. Luego fueron establecidos los valores para su conservación en cada una de las Unidades Ambientales identificadas, considerando 7 criterios de selección de especies con valores destacados. Mediante esta metodología, se determinaron aquellas zonas del humedal donde no sería admisible un cambio en el régimen hídrico actual, aquellas zonas donde es posible un cambio hidrológico acotado y aquellas zonas donde podrían ser admisibles cambios en el régimen hídrico.

Evaluación de Resultados

En cuanto a la caracterización de las inundaciones en la ciudad de San Carlos, en la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos al simular eventos de 10 y 100 años de recurrencia.

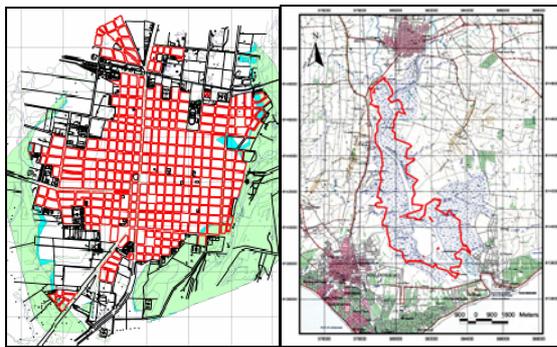


Figura 3.- Izquierda: Zona inundada para eventos de 10 años (verde) y 100 años (celeste) de recurrencia. Derecha: Impacto de la construcción de represas de laminación para régimen medio.

El resultado presentado en la Figura 3 (Izquierda) se traduce en que: eventos de 10 años de recurrencia implican la evacuación de 112 familias, mientras que eventos de 100 años de recurrencia implican la evacuación de 150 familias. En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de cada medida en cuanto a su efectividad de mitigación de crecidas, aspectos económicos y ambientales, para el evento extremo de mayo de 2000 (aprox. 100 años de recurrencia). El dragado de los cauces resulta inefectivo, especialmente debido a que se trata de cursos aluviales de llanura donde la mayor parte del caudal en crecida circula por la planicie de inundación. Si bien este resultado es conocido en términos generales, resultó necesario desarrollarlo para este caso, de modo de concienciar a los pobladores. La construcción de diques laterales resulta una medida eficiente pero requiere la solución del problema de drenaje interno de las aguas pluviales. Además, esta medida conlleva a la “falsa seguridad”, ya que para crecidas cuyo nivel superen el coronamiento del dique, la situación resulta peor que la actual. Finalmente, la medida estructural más efectiva para el control de avenidas resulta la construcción de 2 represas de laminación. Esta solución no solo es por lejos la más costosa, sino que además provoca un fuerte impacto ambiental en el humedal. Este impacto fue cuantificado a partir de la afectación de la dinámica hídrica del humedal, tanto en relación a los caudales extremos

como a los caudales medios y bajos. El resultado es que la zona del humedal periférica (exterior de curva roja en Fig. 3 derecha) recibe menos cantidad de agua dulce, secándose el humedal en la zona alta y salinizándose la zona baja. Por su parte, la zona interna del humedal (interior de la curva roja en Fig. 3 derecha) recibe más agua dulce y por lo tanto sufrirá desalinización. Esta situación no resulta admisible desde el punto de vista ambiental, ya que las especies hoy existentes en el humedal no tolerarían esta variación del régimen hídrico y salino.

Tabla 1.- Evaluación de las alternativas para el evento de Mayo 2000. Se incluye solo el costo de movimiento de suelo.

Alternativa	Manzanas afectadas	Afectación ambiental	Costo estimado (US\$)
Situación Actual	59	-	-
Dragado	59	Baja-Local	2:625.000
Diques de defensa	16	Baja-Local	2:475.000
Represa A° Maldonado	36	Alta-General	7:900.000
Represa A° San Carlos	49	Alta-General	9:800.000
Represas ambos arroyos	8	Alta-General	17:700.000

Conclusiones

En base a un modelo hidrodinámico del sistema fluvial conformado por los arroyos Maldonado y San Carlos se caracterizaron las inundaciones fluviales de la ciudad de San Carlos y se evaluaron distintas medidas para el control de las crecidas. Esta evaluación se realizó considerando no solamente la reducción del área inundable atribuible a cada medida, sino también incorporando el impacto sobre el humedal salino del arroyo Maldonado. De todas las medidas estructurales evaluadas, la única que generaría reducciones significativas en el área inundable es la construcción de 2 represas de laminación. Para esta medida, los impactos en el régimen hídrico del humedal son muy importantes, generando situaciones irreversibles para ese ecosistema. Se recomendó entonces la aplicación de medidas de ordenamiento territorial que permitan realojar a las familias que ocupan la planicie de inundación. Esta medida es económicamente viable debido a que el número de inundados es suficientemente bajo y a su vez es la única medida efectiva que no afecta el régimen hídrico del humedal. Para su implementación, que ya ha sido iniciada exitosamente, ha sido necesario resolver conflictos sociales asociados al desarraigo e implementar políticas de concientización social tendientes a evitar la re-ocupación futura de la planicie de inundación.

Referencias Bibliográficas

IMFIA (2008). “Estudios del arroyo Maldonado orientado a definir la política de manejo integrado de su curso y planicie de inundación”, Convenio: IMMaldonado, UdelaR-FI-IMFIA, Informe final.

Isacch J.P et al (2006). “Association between distribution pattern of vascular plants and environmental factors in SW Atlantic saltmarshes” *Journal of Biogeography* 33:888-900.