

# CUANTIFICACIÓN ESTIMATIVA DE IMPACTOS HIDRÁULICOS Y ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN DRENAJE URBANO: CONCORDIA (E.R.) Y SANTA FE

A. Villanueva, E. Garat, A. Spais y G. Riccardi

INA, UTN, INA, UNR, Argentina.  
E-mail: aonvilla@gmail.com

## Introducción

De acuerdo a lo informado en el AR5-IPCC (IPCC, 2014) y en la Tercera Comunicación para el Cambio Climático de la República Argentina (TCCCAR; CIMA, 2015), los resultados de los modelos GCM para diferentes escenarios indican que en casi toda la región húmeda de Argentina, que incluye las provincias de Misiones, Corrientes, Santa Fe, Entre Ríos y Buenos Aires las precipitaciones extremas tienden a aumentar en los escenarios futuros. Ese incremento de la magnitud y frecuencia de las precipitaciones extremas por causa del cambio climático afectará la severidad y la cantidad de fallas de los sistemas de drenaje urbano. La caracterización de los impactos sobre la frecuencia y gravedad de los eventos críticos es uno de los elementos básicos para el análisis de estrategias de adaptación frente al cambio climático.

El aumento de las precipitaciones según los escenarios de cambio climático aumenta la severidad y la frecuencia de las fallas del sistema (impactos hidráulicos), que implican mayores daños y costos de adaptación del sistema (impactos económicos).

Tomando como punto de partida las estimaciones máximas y mínimas presentadas en la TCCCAR se definió, de manera simplificada, un intervalo de variación de las curvas IDF de la ciudad de Concordia, E.R. (Garat, 2017) y de la ciudad de Santa Fe, S. F. para escenarios futuros. Ese espectro de variación del impacto del cambio climático fue utilizado para analizar como serían afectadas la frecuencia de los eventos críticos y la gravedad de las fallas del sistema de drenaje urbano en la cuenca del arroyo Manzores en Concordia y en la cuenca Cruz Roja del centro de Santa Fe.

En este trabajo se presentan valores estimativos de esos impactos para esas dos cuencas, como forma de comenzar a establecer un marco general de análisis de medidas de adaptación a los impactos del cambio climático sobre el drenaje urbano.

## Impactos de cambio climático considerados

El AR5-IPCC (IPCC, 2014) y la TCNCCAR (CIMA, 2015) dan valores indicativos de los potenciales impactos del cambio climático sobre las lluvias intensas.

A partir de estos valores se adoptaron incrementos de las precipitaciones extremas de 10%, 20% y 30%, para cubrir todo el rango sugerido por los estudios mencionados. Los escenarios de cambio climático fueron caracterizados de manera simplificada, afectando a la lámina total precipitada por coeficientes entre 1,10 y 1,30, asumiendo que esa es la única afectación, la distribución intensidad-duración-recurrencia se mantiene, o sea que el impacto es el mismo para todas las intensidades y todas las recurrencias.

El efecto general es, por ejemplo, que un sistema de microdrenaje, pensado para tener una probabilidad de falla (PF) de 20 % ( $T_r=5$ ) pasaría a tener una PF entre 27 % y 54 % (para impactos entre 10 % y 30 %). En otras palabras, las fallas de los sistemas pasan a ser más frecuentes y graves. Para una magnitud fija de falla, aumenta la frecuencia; si se fija la frecuencia, aumenta la gravedad (Villanueva y Garat, 2015).

## Cuencas analizadas

La cuenca del arroyo Manzores tiene una superficie total de 727 Ha y se encuentra ubicada en la planta urbana de la ciudad de Concordia, en la Provincia de Entre Ríos, Argentina (Garat, 2017).

Según se ilustra en la figura 1, el arroyo escurre en el sector oriental de la ciudad, con dirección de desagüe noroeste-sudeste. La zona de estudio seleccionada para desarrollar el análisis de impacto de la incerteza corresponde al área de aportes del cauce principal del arroyo, la cual abarca una superficie de 577,38 Ha.

El cauce principal comprende una longitud de 3921 m hasta su desembocadura en el Río Uruguay, sitio donde se emplaza el Puerto local.



Figura 1.- Cuenca del arroyo Manzores, Concordia.

La otra cuenca analizada es la denominada Cruz Roja, de 25 hectáreas en el centro comercial de la ciudad de Santa Fe (figura 2), con una población aproximada de 18000 habitantes. Limita al Norte con calle Salta, al Sur con calle Buenos Aires, al Oeste con calle 9 de Julio y al Este con el Dique 1; corresponde íntegramente a una zona densamente poblada, donde hay problemas de anegamiento debido a la baja densidad de desagües y a la poca pendiente del terreno.

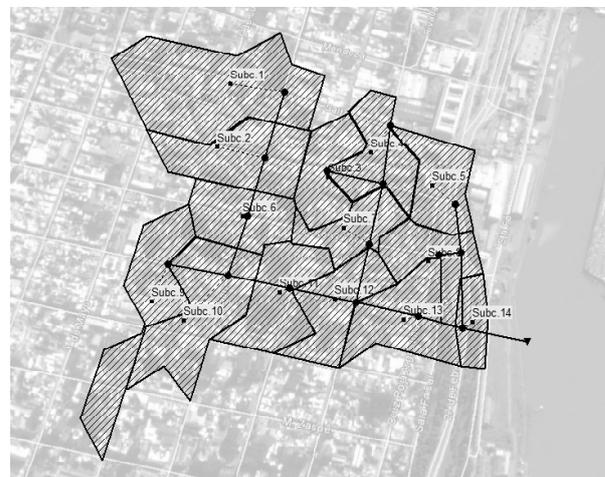


Figura 2.- Cuenca Cruz Roja, Santa Fe.

## Metodología

La estimación del impacto del cambio sobre las precipitaciones intensas ya fue presentada en el segundo ítem de este texto.

A partir de esos impactos sobre las precipitaciones, los impactos hidráulicos fueron cuantificados simulando las cuencas con el modelo SWMM (EPA, 2015), que representa la transformación lluvia→caudal y la propagación en los conductos de la red de drenaje y en las calles del sistema superficial. Esas simulaciones permitieron estimar la cantidad de agua que inunda las calles por falla del sistema de drenaje.

Una vez cuantificadas las condiciones de inundación, el impacto económico fue estimado en función de los daños a las propiedades, con la metodología FLEMOps(+), (Thieken, 2008). Esa metodología estima los daños en función del tirante como un porcentaje del valor de la propiedad, siendo entonces más simple de transferir entre diversas localidades.

Los costos de posibles medidas para evitar o mitigar los impactos fueron estimados por los métodos standard de cálculo y costeo. Los daños y costos fueron después combinados en indicadores como Relación Beneficio-Costo (B/C), Valor Presente Neto (VPN), y Expected Annual Damage (EAD), todos para un horizonte de 30 años, para facilitar análisis y comparaciones.

A los efectos de evitar un farrago de números, la presentación de los resultados obtenidos se limita a los principales valores representativos.

## Impactos hidráulicos

Arroyo Manzores, Concordia, E.R.

En la tabla 1 se presenta el grado de inundación en las calles y el incremento del caudal pico en el arroyo. En el caso de las calles, para el Tr de proyecto de 5 años no habría agua en las calles, siendo que el impacto del cambio climático haría aparecer inundaciones, las que se harían más extensas y con mayor tirante cuanto mayor sea el impacto.

En el curso de agua principal el aumento del caudal de pico es más evidente, ya que representa el efecto agregado sobre toda la cuenca.

**Tabla 1.-** Algunos indicadores de impacto hidráulico – Concordia.

IDF	Inundación calles (P Tr 5)	Qmax Manzores (P Tr 25)
1,10 PE	2 %, h~ 7cm	+ 18 %
1,20 PE	17 %, h~15 cm	+ 40%
1,30 PE	35 %, h~20 cm	+ 48 %

Cuenca Cruz Roja, Santa Fe

En la cuenca Cruz Roja el principal impacto hidráulico se por inundación de una de las esquinas centrales. Ese lugar ya presenta problemas en las condiciones de proyecto (Tr 2 años), lo que requiere medidas de solución. A medida que el impacto del cambio climático se hace sentir más marcadamente el problema se agrava. Un factor adicional que empeora las cosas es que al ser una zona comercial central hay un tránsito intenso de vehículos, particulares, comerciales y de transporte urbano. El tránsito genera oleaje, haciendo más críticas las consecuencias de la inundación.

**Tabla 2.-** Algunos indicadores de impacto hidráulico - Santa Fe.

Precip.	Tirante (m)	Cota agua (m)	Area afectada (m2)
Tr 2	0.27	17.10	6,700.00
Tr 2+20%	0.36	17.19	9,200.00
Tr 5	0.38	17.21	9,800.00
Tr 5+20%	0.47	17.30	11,600.00

En ambos casos cabe comentar que al efecto de aumento la precipitación para un dado Tr hay que sumar el efecto de aumento de frecuencia de una dada precipitación. Sobre llovido, mojado, la lluvias serán más intensas y las intensidades más frecuentes.

## Impactos económicos

Arroyo Manzores, Concordia, E.R.

La tabla 3 muestra el valor de daños para un horizonte de 30 años, y la tabla 4 el costo adicional que tendría dimensionar el sistema para el

incremento esperado de precipitación. Ese sobredimensionamiento es una de las posibles estrategias de adaptación al cambio climático. El costo de la red proyectada según las IDF actuales es de \$98.000.000; cabe destacar que el curso principal del arroyo no está entubado, si lo estuviera eso podría modificar significativamente la ecuación económica.

**Tabla 3.-** Daño Esperado Anual – Concordia.

IDF	EAD 30 años
1,10 PE	+7% (\$ 1.600.000)
1,20 PE	+30% (\$ 7.000.000)
1,30 PE	+47% (\$ 11.000.000)

**Tabla 4.-** Costo de sobredimensionamiento – Concordia.

IDF	Costo de sobredimensionamiento
1,10 PE	+3 % (\$ 4.050.228)
1,20 PE	+7 % (\$ 8.002.426)
1,30 PE	+13 % (\$ 13.430.769)

Cuenca Cruz Roja, Santa Fe

En el caso de la cuenca Cruz Roja, la tabla 5 presenta el valor del daño causado por la inundación provocada por las tormentas de 2 y 5 años de tiempo de retorno, sin y con impacto de cambio climático. A los efectos de comparación, el costo de aumentar la red actual sería de \$ 8.200.000.

Un aspecto interesante que se puede notar en la tabla es la semejanza entre los tirantes de inundación causados por la tormenta de Tr 2 años con un impacto de 20 % y la de Tr 5 años.

**Tabla 5.-** Daños por inundación en la cuenca Cruz Roja - Sta. Fe.

IDF	Tirante (m)	Daños (\$)
2	0.27	1.032.850
2+20%	0.36	1.864.100
5	0.38	2.074.100
5+20%	0.47	2.616.600

## Referencias bibliográficas

**CIMA**, 2015, "Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones" TCNCCAR, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires, Argentina.

**EPA** 2015, "Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1", United States Environmental Protection Agency - Office of Research and Development Water Supply and Water Resources Division., Cincinnati, OH, USA.

**Garat, E.**, (2017). "Incorporación de la incerteza del cambio climático en la gestión del drenaje urbano". Tesis de doctorado, FCEIA, UNR, Rosario.

**IPCC** 2014, "Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", Cambridge University Press, Cambridge, U.K.; New York, NY, USA.

**Thieken, A. H.** 2008, "Floods, flood losses and flood risk management in Germany", Ph.D. Thesis, University of Potsdam, Potsdam, Alemania.

**Villanueva, A. & Garat, E.**, 2016. Efecto del Cambio Climático sobre la Severidad y Frecuencia de Lluvias Extremas y el Drenaje Urbano. V Taller Sobre Diseño Hidrológico, Salta, Argentina, 2016.