

# Modificación de series históricas de precipitación con base en escenarios climáticos futuros. El caso de estudio de la cuenca del río Con (Galicia)

## *Perturbation of historic rainfall series based on future climate scenarios. A study case of the river Con basin (Galicia)*

(Recepción 29/01/2020;

Aceptación 25/05/2020)

García-Alén, G.<sup>1</sup>; Cea, L.<sup>1</sup>; Bermúdez, M.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade da Coruña, Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (GEAMA), A Coruña, España

<sup>2</sup>Universidad de Granada, Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IISTA), Granada, España

Email: g.glores@udc.es luis.cea@udc.es maria.bermudez@udc.es

**Resumen.** La predictibilidad climática cobra cada vez más relevancia a medida que se comprenden los posibles efectos que tiene y tendrá el cambio climático. El desarrollo de metodologías que permitan incorporar los efectos del cambio climático se convierte en un elemento clave en los estudios hidrológicos e hidráulicos. En este artículo se describe la aplicación de una metodología de perturbación climática desarrollada por la Universidad Católica de Lovaina, que permite modificar series de precipitación históricas de acuerdo con escenarios climáticos futuros. La metodología se aplica a una cuenca gallega, observándose un descenso general tanto en precipitación máxima diaria como en número de días lluviosos.

**Palabras clave.** Inundación, hidrología, escorrentia, cambio climático

**Abstract.** Climate prediction is becoming more and more relevant as we understand the possible effects that long-term climate change will have. The development of methodologies that allow the incorporation of climate change considerations becomes a key element in hydrological and hydraulic studies. This article describes the application of a methodology of climatic perturbation developed by KU Leuven to the historic rainfall series of a Galician basin. The results indicate a general decrease both in maximum daily precipitation and in the amount of wet days.

**Keywords.** Flood, hydrology, runoff, climate change

## 1. Introducción

La estimación de inundaciones es clave en la planificación territorial y en la evaluación del riesgo en los asentamientos de la población. Desde el año 1980 han sido notificadas en Europa 1500 inundaciones de las cuales más de la mitad han ocurrido desde el año 2000 (IPCC, 2014), observándose una clara modificación tanto en la frecuencia como en las intensidades de los episodios de lluvia extremos. Muchas de estas variaciones han sido atribuidas en gran medida al cambio climático y resulta por tanto necesario incorporar sus efectos a la planificación del riesgo de inundación. Los actuales modelos climáticos globales proporcionan, sin embargo, proyecciones que no son directamente aplicables a los estudios de inundabilidad locales debido a su resolución espacial y temporal.

Bajo estas circunstancias, esta investigación constituye un primer paso para evaluar el efecto que tendrá el cambio climático en la frecuencia de avenidas en el noroeste de España, elaborando escenarios climáticos futuros para el cálculo hidrológico de avenidas en cuencas de Galicia. Tomando como caso de estudio la cuenca del río Con

en Vilagarcía de Arousa, se describe la metodología llevada a cabo para modificar las series de precipitación históricas de esta cuenca de acuerdo con escenarios climáticos futuros. Dicha metodología está basada en la aplicación de una técnica de downscaling estadístico desarrollada por la Universidad Católica de Lovaina (Uytven and Willems, 2015).

## 2. Metodología

### 2.1. Caso de estudio y series históricas

Como caso de estudio se considera la cuenca del río Con en Vilagarcía de Arousa, en la provincia española de Pontevedra. Esta cuenca cuenta con una extensión aproximada de 24 km<sup>2</sup> y una topografía relativamente abrupta con pendientes pronunciadas (cota máxima y mínima de 640 y 4 m.s.n.m., respectivamente). Su tiempo de concentración es bajo (170 minutos).

Como datos de partida se toman las series diezminutales de precipitación de 15 estaciones meteorológicas de la red de estaciones de MeteoGalicia próximas al núcleo de Vilagarcía de Arousa (Tabla 1). La selección de las estaciones se ha llevado a cabo basándose en el objetivo final de



conseguir un número representativo espaciado adecuadamente en la cuenca, pero priorizando entre aquellas estaciones que proporcionan series de mayor longitud y calidad.

Tabla 1. Estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis

Estación	Periodo de registro	Ubicación (UTM H29 – WGS84)	
Corón	2002-2018	42.5801	-8.8047
Tremoedo	2010-2018	42.5399	-8.7844
Torrequeintás	2011-2018	42.5371	-8.7161
Barrantes	2012-2018	42.5048	-8.7680
Pé Redondo	2012-2018	42.5072	-8.7267
A Lanzada	2012-2018	42.4575	-8.8760
Castrove	2001-2018	42.4593	-8.7043
Simes	2012-2017	42.4363	-8.7747
Sálvora	2006-2018	42.4649	-9.0136
Lourizán	2007-2018	42.4092	-8.6642
Corrubedo	2000-2018	42.5552	-9.0286
Ons	2005-2017	42.3821	-8.9362
Xesteiras	2010-2018	42.6756	-8.5862
Muralla	2001-2018	42.7456	-8.7763
Cespón	2011-2018	42.6747	-8.8546

## 2.2. Método de *downscaling*

Para obtener series de precipitación para escenarios futuros se utiliza la técnica de *downscaling* estadístico conocida como método de perturbación de cuantiles (Willems and Vrac, 2011), implementada en la herramienta de perturbación climática desarrollada por la Universidad Católica de Lovaina (Van Uytven and Willems, 2015)

Esta herramienta permite modificar las series de precipitación históricas. Su metodología de perturbación considera los cambios en las frecuencias de día seco y día lluvioso y los cambios en la intensidad de precipitación. Estos últimos, se basan en cuantiles para tener en cuenta el hecho de que los cambios pueden depender de la magnitud del evento o de su periodo de retorno. La modelización de estas perturbaciones ha sido integrada en el programa basándose en modelos climáticos de entrada de una longitud aproximada de 30 años (Ntegeka *et al.*, 2014).

## 2.3. Escenarios climáticos futuros

La herramienta anterior modifica las series de precipitación en base a escenarios climáticos futuros. En este estudio, se han usado 170 simulaciones de modelos climáticos globales obtenidos del archivo de datos del CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*). Este proyecto estudia la predictibilidad climática explorando la capacidad de los modelos para predecir el clima en diferentes escalas de tiempo.

La herramienta de perturbación, se enfoca así en la proyección de las series históricas de precipitación en función de 4 escenarios climáticos basados en 4

Sendas Representativas de Concentración (RCP): RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5. Cada uno de estos RCP viene caracterizado por el forzamiento radiactivo en  $Wm^{-2}$  (2.6, 4.5, 6.0 y 8.5) estimado para el año 2100.

## 2.4. Aplicación al caso de estudio

A partir de los GCM existentes, se calculan las perturbaciones para cada simulación del modelo climático, comparando las precipitaciones en el periodo de control (1960-1990) con el periodo escenario (2071-2100). Posteriormente, estas perturbaciones son aplicadas a las series históricas, cuya longitud es variable de acuerdo con el periodo de registro (Tabla 1). De esta forma, se aplica el método de *downscaling* estadístico a través del cual se modifica la frecuencia de los días lluviosos y se aplican cambios relativos a los cuantiles cuando la cantidad total diaria de lluvia es de al menos 0.1 mm (Uytven and Willems, 2015).

Cabe señalar que no se han producido alteraciones importantes en cuanto a cobertura o usos del suelo en la cuenca de estudio, así como en lo que se refiere a infraestructura hidráulica, entre el periodo de control del modelo climático y el periodo de registro de las estaciones meteorológicas.

## 3. Resultados y discusión

Una vez obtenidas las series perturbadas para las 170 simulaciones de los modelos climáticos, se ordenan y se calcula la serie de valor mediana, el percentil 90 y el percentil 10 para cada uno de los escenarios (RCPs). Así, se obtienen doce series perturbadas representativas para cada una de las estaciones pluviométricas analizadas. En la Figura 1, a través del análisis del caso particular de los datos procedentes de la estación meteorológica del Con, se puede observar el porcentaje de cambio de precipitación máxima diaria que sufren las series con respecto a su valor de precipitación máxima diaria original.

Los modelos climáticos que producen un mayor porcentaje de cambio tanto en la precipitación como en el número de días lluviosos, son los correspondientes al RCP 8.5. Observando la mediana de los modelos climáticos, se puede decir que, en general, estos escenarios dirigen las series de precipitación a un descenso tanto en la precipitación como, especialmente, en el número de días lluviosos. Este descenso es particularmente acusado durante los meses de junio a septiembre, coincidiendo con la época de estío. No obstante, la predicción mediana apunta en paralelo a un posible incremento de la precipitación máxima diaria en los meses de invierno y otoño. Nótese, además, que el hecho de que disminuya la precipitación total no implica que disminuyan también los picos de precipitación. Los efectos del cambio climático podrían provocar la concentración de los eventos de fuerte precipitación en cortos periodos, seguidos por periodos de estiaje de mayor persistencia.

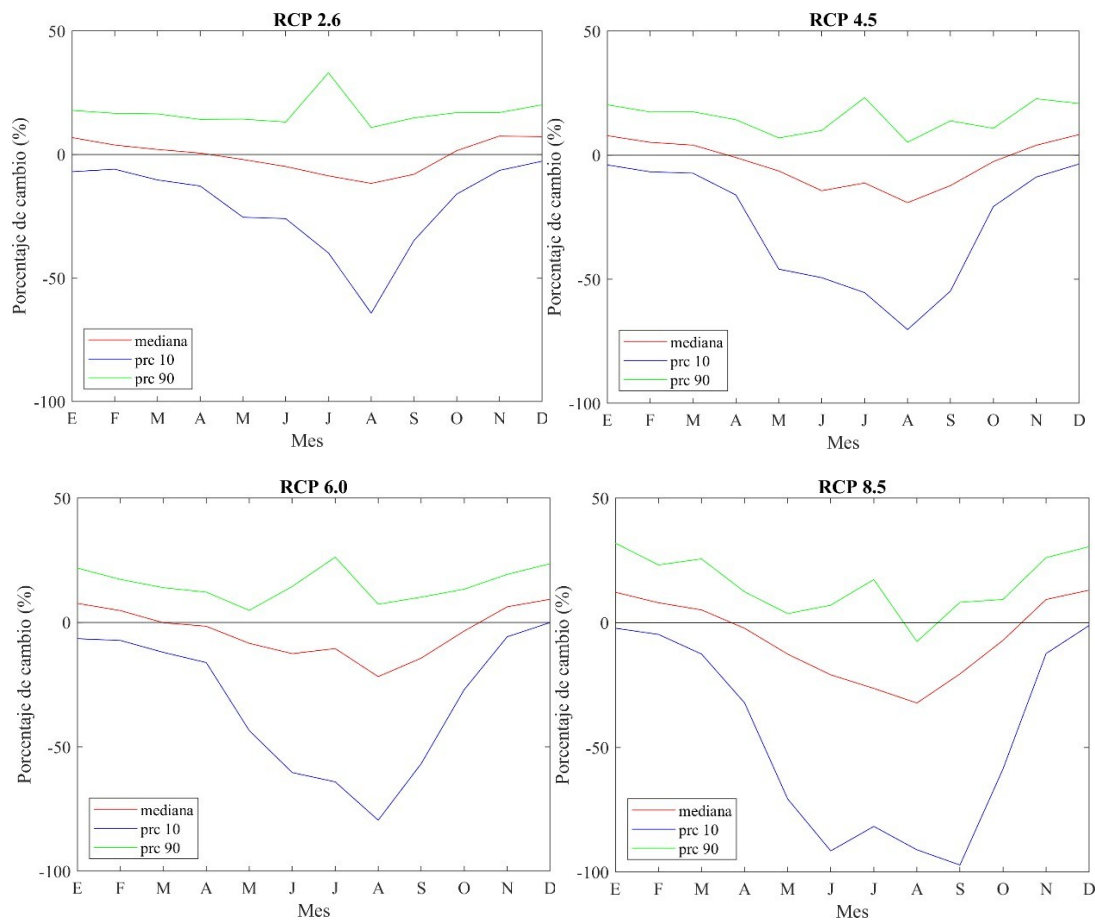


Figura 1. Porcentaje de variación aplicado por la herramienta de perturbación en la serie de precipitación de la estación meteorológica de Corón.

## 4. Conclusiones

Las herramientas de perturbación climática son instrumentos muy útiles en los estudios hidrológicos e hidráulicos. Sin embargo, debido a la gran incertidumbre con la que se trabaja en estudios climáticos a tan largo plazo, todavía no es posible su aplicación directa en predicciones hidrológicas futuras. Pese a esto, los resultados obtenidos sí muestran una tendencia general consistente entre los diferentes escenarios climáticos.

Con estas nuevas series de precipitación, es posible estimar hietogramas de diseño representativos de la cuenca para cada uno de los posibles futuros escenarios y analizar así el efecto real que tendrían en la cuenca del río Con.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento de Hidráulica de KU Leuven, en particular a P. Willems y a E. Van Uytven, por facilitar la herramienta de perturbación climática. M. Bermúdez agradece su financiación del Programa UE-H2020 a través de la acción Marie

Skłodowska-Curie (nº 754446) y el Plan Propio de Investigación y Transferencia de la UGR - Athenea3i.

## Referencias

IPCC. “Climate Change 2014: Synthesis Report.” *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, 2014, doi:10.1017/CBO9781107415324.

Ntegeka, Victor, et al. “Developing Tailored Climate Change Scenarios for Hydrological Impact Assessments.” *Journal of Hydrology*, vol. 508, Elsevier B.V., 2014, pp. 307–21, doi:10.1016/j.jhydrol.2013.11.001.

Van Uytven, E., and P. Willems. *Climate Perturbation Tool*. Manual. September, 2015.

Willems, P., and M. Vrac. “Statistical Precipitation Downscaling for Small-Scale Hydrological Impact Investigations of Climate Change.” *Journal of Hydrology*, vol. 402, no. 3–4, Elsevier B.V., 2011, pp. 193–205, doi:10.1016/j.jhydrol.2011.02.030.