

The background of the cover is a watercolor illustration. The upper portion shows a large, multi-story building with a prominent tower and arched windows, rendered in warm, golden-yellow and brown tones. The lower portion shows a stone bridge with several arches spanning a river. The water is depicted with blue and green washes, and the bridge's reflection is visible in the water below. The overall style is artistic and textured.

Jia₂₀₁₅

**ACTAS DE LAS
IV JORNADAS DE INGENIERÍA
DEL AGUA**

La precipitación y los procesos erosivos

Córdoba, 20 a 23 de octubre de 2015



**ACTAS DE LAS IV JORNADAS
DE INGENIERÍA DEL AGUA**
La precipitación y los procesos erosivos

Córdoba, 20 a 23 de octubre de 2015

Editores:

María Fátima Moreno Pérez
José Roldán Cañas

ACTAS DE LAS IV JORNADAS DE INGENIERÍA DEL AGUA

Fecha de aparición: 15/10/2015

Formato: Memoria USB

Editores

María Fátima Moreno Pérez

José Roldán Cañas

ISBN: 978-84-608-3043-6

PRESENTACIÓN

Las IV Jornadas de Ingeniería del Agua (JIA 2015) han sido organizadas por los Grupos de **Investigación Hidráulica y Riegos** y **Hidrología e Hidráulica Agrícola** (Universidad de Córdoba). Los temas abordados en las JIA 2015 son:

- A. Dinámica fluvial, de embalses, estuarios y humedales.
 - B. Hidrología, usos y gestión del agua.
 - C. Agua y ciudad.
 - D. Estructuras Hidráulicas
- M. Monográfico: La precipitación y los procesos erosivos.

El tema monográfico elegido para las JIA 2015 es “La precipitación y los procesos erosivos”. El objetivo es recibir trabajos dirigidos hacia el estudio de la lluvia, su modelado y caracterización, y hacia el análisis de la erosión provocada por la lluvia: influencia de la intensidad, frecuencia y duración de la precipitación; generación de escorrentía; producción de sedimentos; papel de la vegetación en el proceso de interceptación; etc.

En total se han recibido 146 comunicaciones, de las han sido aceptadas por el Comité Científico 130: 12 del tema A, 39 del tema B, 31 del tema C, 29 del tema D y 19 del tema M. 82 comunicaciones se presentan oralmente y 48 en forma de poster.

La organización de estas IV JIA ha supuesto un notable esfuerzo que ha recaído, fundamentalmente, en sus Comités Organizador y Científico. Querría destacar la labor del Presidente y Secretario del Comité Científico, de la Secretaría Técnica y Administrativa, del Coordinador y responsable de la página web, de los becarios que constituyen el apoyo a la organización y, muy especialmente, de la Secretaria del Comité Organizador.

La labor del Comité Organizador se ha incardinado y coordinado con el Comité Permanente y con las directrices emanadas de sus decisiones, lo que ha permitido ofrecer unas Jornadas de Ingeniería del Agua (JIA) con un sello de identidad propio, independientemente del lugar donde se celebren.

Por último, el Comité Organizador querría mostrar su profundo agradecimiento a todos los que nos han permitido llegar hasta aquí y presentar, al mundo académico y profesional, unas JIA dignas que suponen un notable avance en el manejo del agua y de su ingeniería: a los participantes, por la calidad de sus comunicaciones y por su elevado número que demuestra el interés que las JIA han suscitado, a los ponentes invitados, por el gran nivel de sus trabajos, y a las entidades patrocinadoras y colaboradoras que han contribuido al mejor desenvolvimiento económico.

José Roldán Cañas
Presidente del Comité Organizador de las JIA 2015

COMITÉ PERMANENTE DE JIA

Co-presidentes

Cristóbal Mateos Iguacel

Capítulo Español de la International Association for Hydro-Environment Engineering and Research

José Dolz Ripollés

Fundación para el Fomento de la Ingeniería del Agua

Vocales

Luis Balairón Pérez

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

Angel Zafra Varona

ENDESA

Arturo Gómez Martínez

Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A.

Ramón Gutiérrez Serret

Capítulo Español de la International Association for Hydro-Environment Engineering and Research

Gabriela Mañueco Pfeiffer

ACUAMED

Jerónimo Puertas Agudo

Universidade da Coruña

José Roldán Cañas

Fundación para el Fomento de la Ingeniería del Agua

Juan Saura Martínez

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

COMITÉ ORGANIZADOR DE JIA 2015

Presidente

José Roldán Cañas

Universidad de Córdoba

Grupo de Investigación *Hidráulica y Riegos* - AGR228

Secretaria

María Fátima Moreno Pérez

Universidad de Córdoba

Grupo de Investigación *Hidráulica y Riegos* - AGR228

Vocales

Juan Vicente Giráldez Cervera

Universidad de Córdoba

Grupo de Investigación Hidrología e *Hidráulica Agrícola* – AGR127

Miguel Alcaide García

Universidad de Córdoba

Grupo de Investigación *Hidráulica y Riegos* - AGR228

Tom Vanwalleghem

Universidad de Córdoba

Grupo de Investigación Hidrología e *Hidráulica Agrícola* – AGR127

Luis Moya Cosano

Aguas de Córdoba, S.A.

Pedro Gavilán Zafra

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

Junta de Andalucía

Francisco Vallés Morán

Universitat Politècnica de València

José Checa Claudel

Universidad de Córdoba

Servicio de Informática

COMITÉ CIENTÍFICO DE JIA 2015

Presidente

Manuel Gómez Valentín

Universitat Politècnica de Catalunya

Secretario

Óscar Castro Orgaz

Universidad de Córdoba

Grupo de Investigación Hidrología e *Hidráulica Agrícola* – AGR127

Vocales

Joaquín Andreu Álvarez - Universitat Politècnica de València

Ramiro Angulo Sánchez - Aqualogy

Luis Balairón Pérez - Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

Joaquín del Campo Benito - Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

Félix Francés García - Universidad Politécnica de Valencia

Jorge García-Serra García - Universitat Politècnica de València

Luis Garrote de Marcos - Universidad Politécnica de Madrid

Javier González Pérez – Universidad de Castilla la Mancha

Javier López Rodríguez - Universidad Pública de Navarra

Elena Martínez Bravo – INCLAM, S.A.

Jorge Matos – Instituto Superior Técnico

Enrique Merino Naz - Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A.

Rafael Morales Baquero – Universidad de Granada

María Fátima Moreno Pérez – Universidad de Córdoba

Jerónimo Puertas Agudo – Universidade da Coruña

Inmaculada Pulido Calvo – Universidad de Huelva

Juan Ramón Rincón González - ENDESA

Leonor Rodríguez Sinobas - Universidad Politécnica de Madrid

Martí Sánchez Juny – Universitat Politècnica de Catalunya

Tom Vanwalleghem – Universidad de Córdoba

Análisis económico del impacto del cambio climático en una cuenca. Caso de estudio: Sistema de explotación Júcar

Antonio López Nicolás y Manuel Pulido Velázquez
*Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente. Grupo de Ingeniería de Recursos
Hídricos. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n.46022 Valencia*

Francisco Vargas Zamora
Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n.46022 Valencia

1. Introducción

Para la gestión de los sistemas de recursos hídricos debe tenerse en cuenta que nos enfrentamos a una alta incertidumbre en la disponibilidad futura de recursos hídricos debido, entre otros, al efecto del cambio climático (IPCC, 2014). Frente a ello, el BLUEPRINT de la UE (“Plan para salvaguardar los recursos hídricos de Europa”; EC, 2012), establece como objetivo fundamental el de garantizar agua de buena calidad para un uso sostenible y equitativo de la misma.

Esta incertidumbre lleva asociada posibles impactos económicos, entre otros, de magnitud variable a escala de cuenca, siendo por tanto necesaria su evaluación. En este sentido, los modelos hidro-económicos (Pulido-Velazquez et al., 2008, Harou et al., 2009) constituyen una herramienta muy adecuada para estimar impactos económicos ya que incorporan de manera explícita la economía, la ingeniería y la hidrología, realizando un análisis integrado a escala de cuenca de masas de agua, demandas o usuarios del agua e infraestructura disponible para los usuarios de la cuenca. Con ellos puede estimarse el coste de escasez que se define como las pérdidas económicas asociadas a un suministro que es inferior a la demanda objetivo. Para su cálculo se emplean las curvas de demanda que relacionan los suministros del agua con su valor y que se definen para cada uno de los usuarios de la cuenca.

Para evaluar el efecto del cambio climático existen multitud de proyectos que se han dedicado y se dedican al cálculo de proyecciones de las variables climáticas bajo diversos escenarios de emisiones de gases. Entre ellos destacan los proyectos PRUDENCE y ENSEMBLE financiados por la Unión Europea (proyectos finalizados) y el proyecto CORDEX (Coordinated Regional CLIMATE Downscaling Experiment), en desarrollo, que es el que se ha empleado en este trabajo.

El trabajo que se presenta en esta comunicación evalúa el impacto económico de escenarios futuros de cambio climático respecto a la situación actual a escala de cuenca, mediante el empleo de un Sistema de Soporte a la Decisión, SIMGAMS (Lopez-Nicolas 2014, Pulido-Velazquez et al., 2013). SIMGAMS gestiona el recurso disponible basándose en prioridades entre los usuarios, diferentes objetivos (volúmenes de embalse, caudales ecológicos, etc.) y las reglas de operación del sistema, incorporando tanto un evaluador económico que permite obtener, entre otros outputs económicos, el coste de escasez asociado al reparto de recurso hídrico realizado; como un módulo que permite simular políticas de precios. El caso de estudio es el Sistema de explotación del río Júcar que es un complejo sistema de recursos hídricos, altamente regulado, con una hidrología irregular y con un 80 % de uso del agua para el sector agrícola.

2. Metodología

La figura 1 muestra la metodología empleada para la evaluación de los impactos económicos asociados a la variabilidad del recurso hídrico por efecto del cambio climático.

Para generar las series hidrológicas futuras se parte de los datos de precipitación y temperatura obtenidos del proyecto europeo CORDEX, basados en los nuevos escenarios de trayectorias de concentración representativas, RCPs (IPCC, 2014) . Las series de P y T se transformarán en esorrentía (caudal) mediante el modelo de lluvia-esorrentía agregado de Temez. Una vez generados estos escenarios se realizarán simulaciones con SIMGAMS, para obtener los costes de escasez asociados a cada uno de los escenarios futuros y poder comparar los diferentes escenarios con la situación actual.

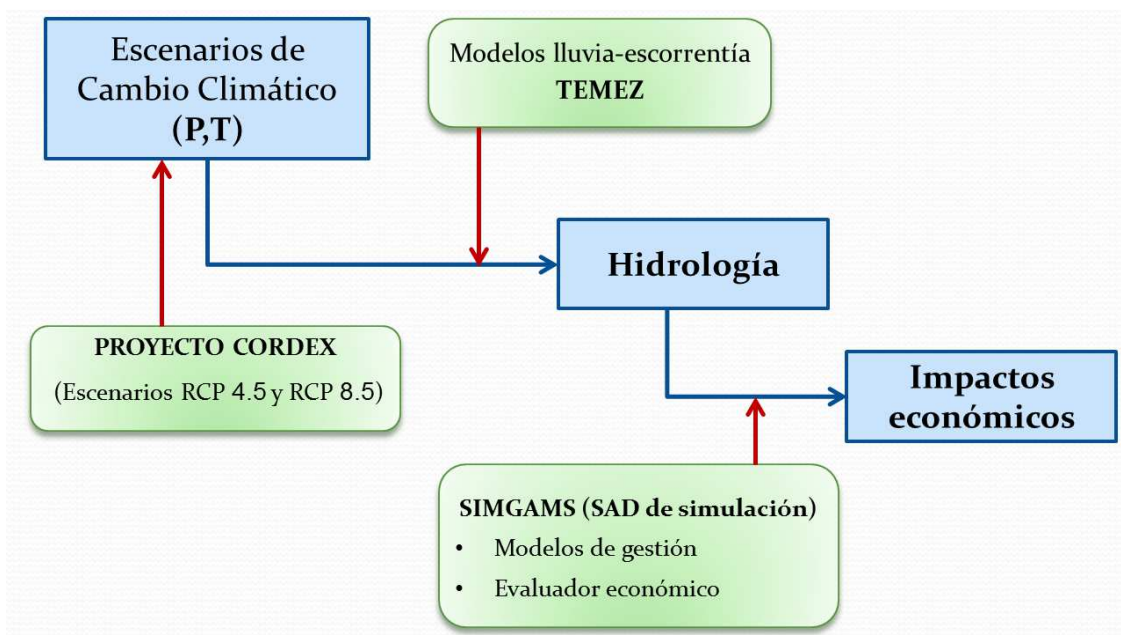


Figura 1. Metodología análisis impacto económico por cambio climático

2.1 Generación de escenarios futuros

Se ha empleado el proyecto CORDEX para la obtención de las variables climáticas precipitación y temperatura, empleándose el portal de ESGF (Earth System Grid Federation) para su descarga.

El proyecto CORDEX presenta para varios dominios de América, Europa, África y Asia, una gran variedad tanto de modelos de circulación global como de modelos de circulación regional y un amplio catálogo de variables climáticas (precipitación, temperatura, velocidad del viento, etc). (Christensen et al., 2014).

Las variables climáticas se han obtenido para el período de control (1971 a 2000), escenario a corto plazo (2011 a 2040) y escenario a medio plazo (2041 a 2070). Para poder corregir el sesgo del modelo de generación de series futuras se ha optado por el empleo del método “quantile mapping” (Li et al., 2010), consistente en comparar cuantil a cuantil los datos de la serie observada y modelada para ajustar la distribución de la modelada a la observada. Una vez que se ha realizado el ajuste entre la serie de valores de los cuantiles de simulada y observada para el periodo de control, se procede a la perturbación de las series futuras simuladas tanto a corto como a medio plazo.

Para la aplicación del método descrito se ha empleado el programa estadístico “R” (R development team, 2008), concretamente se ha utilizado el paquete “qmap” (Gudmundsson et al., 2012) que permite diversas transformaciones estadísticas para realizar el ajuste. En este trabajo se ha empleado la opción que estima los valores de la relación cuantil-cuantil de la serie de observados y modelados para cuantiles espaciados regularmente mediante una regresión de mínimos cuadrados.

2.2 Hidrología. Modelos TÉMEZ

Con el fin de cuantificar las aportaciones en el futuro, tanto a corto como a medio plazo, se ha empleado el modelo de Témez que se define como un modelo conceptual y agregado de balance continuo (Témez, 1977). Como datos climáticos de entrada al modelo se requieren la precipitación y la temperatura (empleada para el cálculo de la evapotranspiración potencial). Sobre el esquema original de Témez se han aplicado algunas modificaciones como la programación de acuíferos de dos celdas, con el objetivo de poder simular el comportamiento de una celda de respuesta rápida y otra de respuesta lenta.

Se ha procedido a la subdivisión en subcuencas del sistema Júcar para la calibración y validación de los modelos de Témez con los datos históricos, para a posteriori poder simular la hidrología resultante de las nuevas series climáticas. Como datos históricos se han empleado las series de precipitación y temperatura del proyecto SPAIN02 (Herrera et al., 2015) disponibles del período 1971 a 2008; en referencia a las series temporales de caudales se han empleado los datos de series restituidas a régimen natural proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Júcar y en algún caso datos de aforos.

2.3 Análisis económico

Para poder evaluar el efecto económico asociado al cambio climático es necesario disponer de un modelo de gestión del sistema de explotación a analizar. En este trabajo se ha empleado el sistema de ayuda a la decisión SIMGAMS (López-Nicolás, 2014), que ha sido desarrollado en GAMS (Rosenthal, 2012). Se trata de una herramienta que permite desarrollar modelos de simulación de gestión de los recursos hídricos disponibles con el enfoque de modelos hidro-económicos a escala de cuenca (véase figura 2).

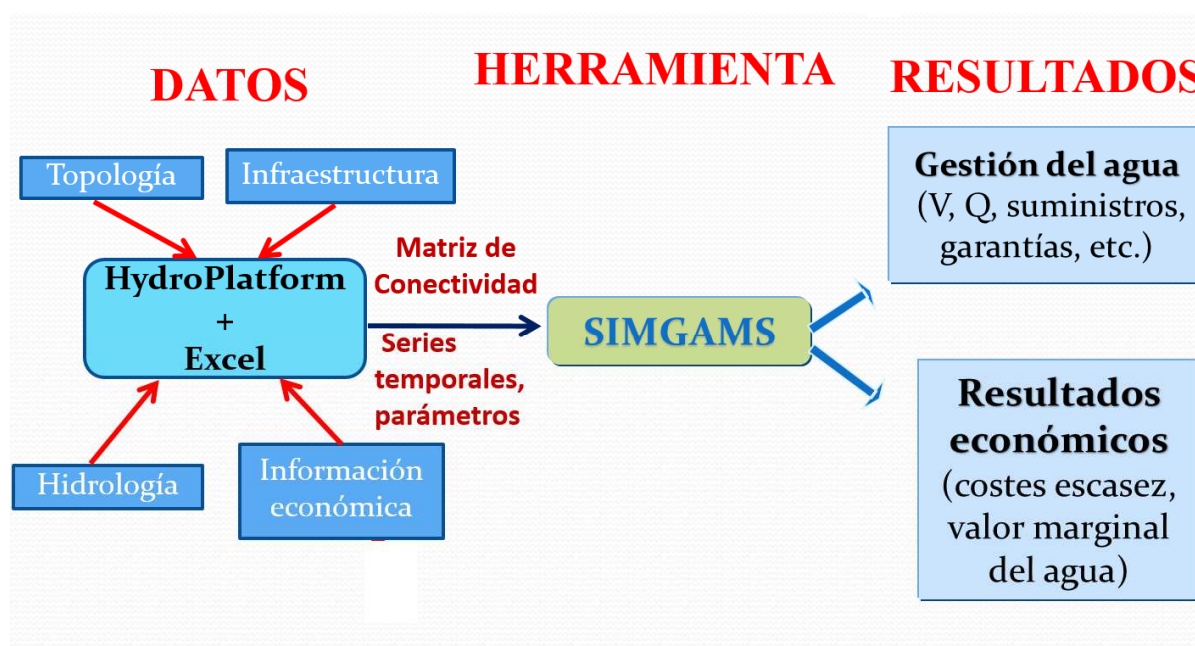


Figura 2. Herramienta SIMGAMS

La gestión se realiza en función de prioridades, reglas de operación y objetivos del sistema, mediante una función objetivo que resuelve un problema de optimización mensualmente para que se alcancen los objetivos definidos. Incorpora modelación integrada de acuíferos y relación río-acuífero, permitiendo por tanto simular el efecto conjunto de aguas superficiales y subterráneas. La herramienta es un post-procesador económico que permite obtener, entre otros, el coste de escasez de cada usuario asociado a la gestión realizada.

Con el empleo de SIMGAMS se han evaluado los costes de escasez correspondientes a la gestión del sistema Júcar con las demandas actuales (CHJ, 2009) considerándose tres escenarios: serie temporal de aportaciones de 1980 a 2008 (histórico), serie temporal de aportaciones de 2011 a 2040 (corto plazo) y de 2041 a 2070 (medio plazo).

Para poder evaluar los costes de escasez se han de definir las curvas de demanda cuya formulación dependerá del tipo de usuario. Por ejemplo para el caso de demanda urbana se va a emplear una función potencial, concretamente la de Cobb-Douglas, que asume una elasticidad constante a lo largo de toda la curva.

3. Caso de estudio. Sistema de explotación Júcar

El sistema Júcar pertenece a la Demarcación Hidrográfica del Júcar, que está constituida por 9 sistemas de explotación: Cenia-Maestrazgo, Mijares-Plana de Castellón, Palancia-Los Valles, Turia, Júcar, Serpis, Marina Alta, Marina Baja y Vinalopó-Alacantí. Comprende la totalidad de la cuenca del río Júcar, además de los servicios atendidos por el Canal Júcar-Turia y las subcuencas litorales localizadas entre la Gola de El Saler y el límite de los municipios de Cullera y Tavernes de Valldigna. Tiene una extensión de 22378 km².

Tanto la precipitación como la temperatura presentan variaciones importantes a lo largo del sistema Júcar, con valores medios de 510 mm y 13.6 °C respectivamente. La demanda consuntiva del agua es de 1979 Hm³ (CHJ, 2009) con un 83.70 % para el uso agrícola, seguido del uso urbano con un 13.23 %.

3.1 Generación de escenarios futuros. Sistema Júcar

Para el caso de estudio se ha empleado el modelo de circulación global CCCma-CanESM2 y como modelo regional el RCA4 (SMHI), para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5.

Las figuras 3 y 4 muestran la comparativa de los valores medios mensuales de precipitación y de temperatura entre el escenario de control y el histórico de 1971 a 2000, observándose que el modelo reproduce correctamente los valores históricos.

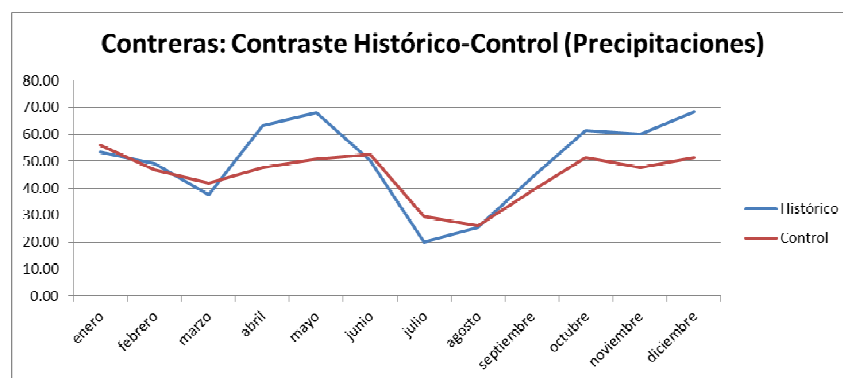


Figura 3. Precipitaciones en mm de control vs observado en subcuenca Contreras

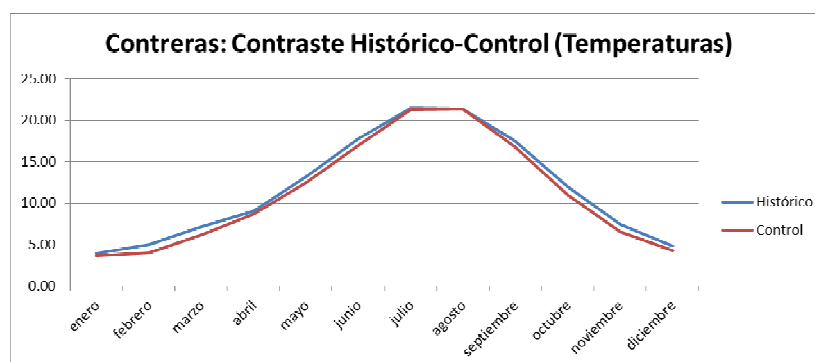


Figura 4. Temperaturas en °C control vs observado en subcuenca Contreras

3.2 Modelos TÉMEZ. Sistema Júcar

La figura 5 muestra la subdivisión en subcuencas realizada para la generación de las series hidrológicas mediante los modelos de Témez.

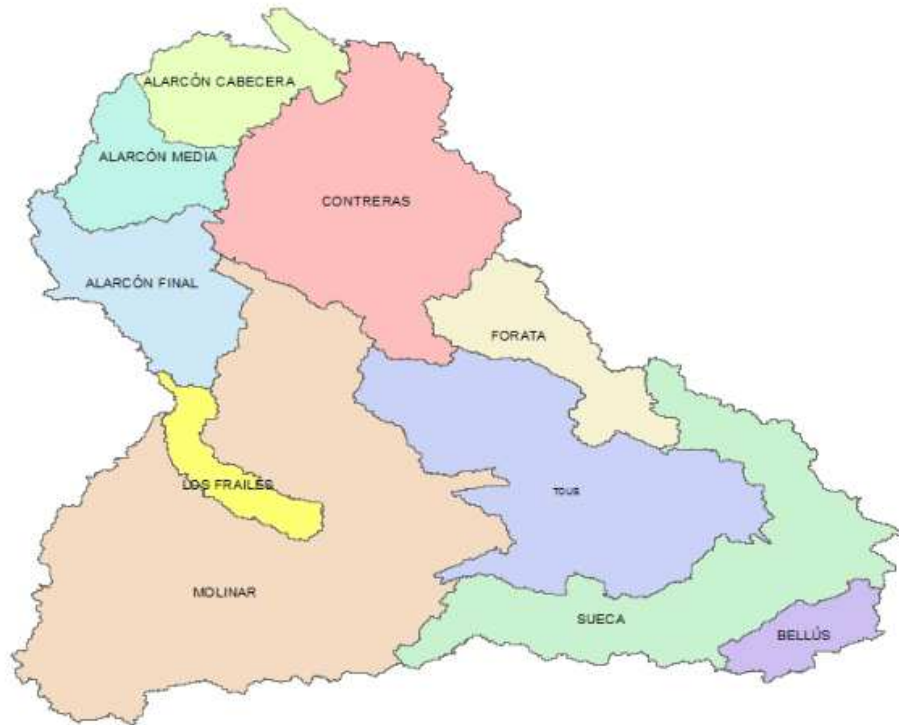


Figura 5. División subcuencas Sistema de explotación Júcar

La tabla 1 muestran los valores de los coeficientes de Nash y de R^2 obtenidos en el proceso de ajuste de los modelos para las subcuencas, con valores de R^2 entre 0.57 y 0.90.

SUBCUENCA	BONDAD DE AJUSTE	
	NASH	R^2
Alarcón cabecera	0.80	0.90
Alarcón media	0.84	0.99
Alarcón final	0.69	0.89
Molinar	0.50	0.71
Sueca	0.60	0.78
Contreras	0.71	0.84
Bellús	0.78	0.88
Forata	0.78	0.82
Tous	0.89	0.57

Tabla 1. Bondad de ajuste valores de Nash y R^2

3.3 Análisis económico. Sistema Júcar

La figura 6 muestra el esquema del sistema Júcar que se ha empleado para el modelo de gestión basado en los esquemas de Confederación Hidrográfica del Júcar. Los embalses principales del sistema son Alarcón (capacidad de 1112 Hm³), Contreras (con una capacidad útil de unos 460 Hm³) y Tous (capacidad de 378 Hm³). Las principales demandas urbanas son Albacete, Valencia y Sagunto. En referencia a las demandas agrícolas destacan la zona de la Mancha Oriental, Canal Júcar-Turía, Acequia Real del Júcar, Escalona y Carcaixente; y la Ribera Baja del Júcar (Cullera, Sueca y Comunidad de Regantes de Cuatro Pueblos).

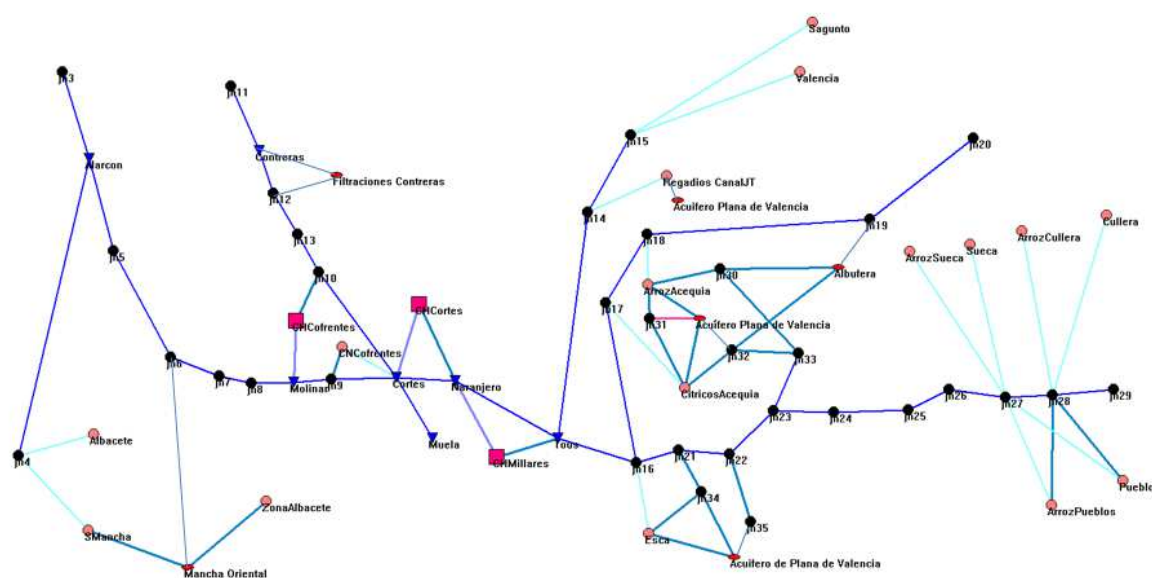


Figura 6. Esquema sistema de explotación Júcar

Las figuras 7 y 8 muestran la curva de demanda urbana de Valencia y las agrícolas para cítricos de las Riberas del Júcar respectivamente.

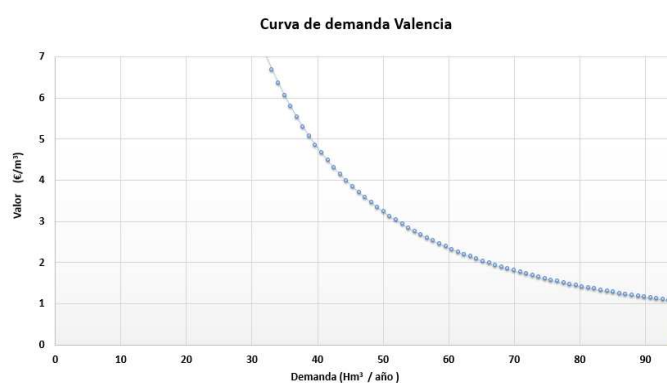


Figura 7. Curva de demanda urbana Valencia



Figura 8. Curva de demanda cítricos

Primeramente se ha analizado la variación de las aportaciones totales de cada uno de los escenarios climáticos con respecto al histórico, observándose que el escenario RCP 4.5 a corto plazo generaba un efecto favorable (por ello no se ha considerado en el análisis). Por otra parte el escenario más desfavorable es el RCP 8.5 a medio plazo con una disminución de más del 25 % de las aportaciones totales.

La tabla 2 muestra el valor de las garantías mensuales para cada uno de los usuarios. Cabe destacar que el cambio climático podría afectar a las demandas urbanas con un fuerte descenso de la garantía (véase por ejemplo el caso de Valencia).

Garantías	HISTORICO	RCP4.5_MP	RCP8.5_CP	RCP8.5_MP
Valencia	100%	88%	91%	66%
Albacete	100%	98%	99%	95%
Sagunto	100%	92%	92%	75%
Acequia Real cítricos	99%	83%	89%	64%
Acequia Real arroz	99%	84%	89%	64%
Sueca arroz	93%	44%	70%	42%
Sueca cítricos	93%	44%	69%	42%
Cullera arroz	93%	43%	70%	42%
Cullera cítricos	94%	46%	71%	73%
C.R. Cuatro Pueblos arroz	94%	48%	72%	43%
Regadíos Mancha Oriental	98%	83%	92%	80%
C.R. Cuatro Pueblos cítricos	96%	67%	82%	62%
Regadíos Canal Júcar-Turia	91%	44%	71%	42%

Tabla 2. Valores de garantías mensuales

La tabla 3 muestra los costes de escasez de las principales demandas agrícolas del sistema (CHJ, 2009) para la hidrología de 1980 a 2008, de 2011 a 2040 y de 2041 a 2070. Como puede observarse si estos escenarios se diesen podrían producirse considerables pérdidas económicas.

COSTES DE ESCASEZ (M. €)	HISTORICO	RCP4.5_MP	RCP8.5_CP	RCP8.5_MP
Acequia Real cítricos	2.6	493.0	289.2	1083.6
Escalona	0.0	26.2	11.0	154.4
Sueca cítricos	1.5	23.4	11.8	25.7
C.R. Cuatro Pueblos cítricos	0.6	7.1	3.7	7.8
Cullera cítricos	3.3	64.1	44.3	83.4
Canal Júcar-Turia	20.9	393.7	233.1	521.1
Regadíos Mancha Oriental	0.0	0.3	0.1	0.4
Acequia Real arroz	0.1	6.6	4.0	12.7
Sueca arroz	0.5	13.8	8.4	22.2
Cullera arroz	0.1	2.6	1.7	4.07
C.R. Cuatro pueblos arroz	0.1	0.7	0.3	0.7

Tabla 3. Costes de escasez demandas agrícolas sistema Júcar

En el caso de las urbanas las garantías son muy bajas e inadmisibles, siendo los costes de escasez asociados a los diferentes escenarios muy superiores a los 100 M. €

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que si los escenarios analizados de cambio climático se produjesen los impactos económicos en el sistema Júcar serían elevados. Por ello, es necesario tener en cuenta el efecto del cambio climático en el desarrollo de un portfolio de medidas para asegurar la disponibilidad de agua para los usuarios en el ámbito de la planificación hidrológica. Los escenarios a medio plazo producen efectos más severos que los de corto plazo, siendo el escenario RCP 8.5 más desfavorable que el RCP 4.5 (aunque como se ha comentado uno de los escenarios analizados, RCP 4.5 a corto plazo, genera un efecto favorable).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto europeo del 7º programa marco ENHANCE (n. 308438) y por el proyecto IMPADAPT (financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad). También agradecer al grupo de meteorología de la Universidad de Santander la información proporcionada.

Referencias

CHJ 2009. Documento Técnico de Referencia: Metodología y Resultados de la Estimación de Demandas en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Confederación Hidrográfica del Júcar. Disponible en www.chj.es

Christensen O.B., Gutowski W.J., Nikulin G. and Legutke S. 2014. CORDEX Archive design. Available at <http://cordex.dmi.dk/>

EC European Commission 2012. *A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*. European Commission, Brussels. 14.11.2012. COM(2012) 673 final

Gudmundsson, L., Bremnes, J. B., Haugen, J. E., and Engen-Skaugen, T. 2012. *Technical Note: Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations – a comparison of methods*. Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 3383-3390. doi:10.5194/hess-16-3383-2012

Harou, J.J., Pulido-Velazquez, M., Rosenberg, D.E., Medellín-Azuara, J., Lund, J.R., Howitt, R.E. 2009. *Hydro-economic Models: Concepts, Design, Applications, and Future Prospects*. J. of Hydrology. 375 (3-4), 627–643. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.06.037

Herrera, S., Fernández, J. and Gutiérrez, J. M. 2015. *Update of the Spain02 gridded observational dataset for EURO-CORDEX evaluation: assessing the effect of the interpolation methodology*. Int. J. Climatol. doi: 10.1002/joc.4391

IPCC 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1132 pp

Li, H., Sheffield, J., & Wood, E. F. 2010. *Bias correction of monthly precipitation and temperature fields from Intergovernmental Panel on Climate Change AR4 models using equidistant quantile matching*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012), 115(D10)

López Nicolás, A. 2014. *Herramientas y modelos para el análisis de la aplicación de instrumentos económicos en la gestión de sistemas de recursos hídricos. Caso de estudio del sistema del río Júcar*. Master's Thesis. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Pulido-Velázquez, M., Andreu, J., Sahuquillo, A., and Pulido-Velázquez, D. 2008. *Hydro-economic river basin modelling: The application of a holistic surface-groundwater model to assess opportunity costs of water use in Spain*. Ecological Economics. 66(1), 51-65

R Development Core Team 2008. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org>.

Rosenthal, E. 2012. *GAMS. User's Guide Tutorial*. GAMS Development Corporation. Washington, DC, USA. Disponible en www.gams.com

Témez, J.R. 1977. *Modelo matemático de transformación "Precipitación Aportación"*. Asociación de Investigación Industrial Eléctrica, 39p