

**XXIV CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
PUNTA DEL ESTE, URUGUAY, NOVIEMBRE 2010**

**UTILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN OBTENIDA POR SATÉLITE EN LA
MODELACIÓN HIDROLÓGICA APLICADA A LA CUENCA DEL RÍO
JÚCAR**

Ramos Fernández Lia, Félix Francés García

*Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de
Valencia, España. lirafer@posgrado.upv.es, ffrances@hma.upv.es*

CONTENIDO

RESUMEN:

La precipitación obtenida por satélite permite disponer en tiempo real de información que se ajusta a la necesidad de modelos hidrológicos distribuidos. Sin embargo, las mediciones tienden a mostrar un sesgo sistemático debido a que son estimaciones indirectas. En este estudio se evaluó la precipitación estimada por el algoritmo PERSIANN a una resolución temporal diaria y resolución espacial de 0.25° para el periodo comprendido entre el 01 de marzo del 2000 al 31 de octubre del 2009 con el modelo hidrológico distribuido TETIS en la cuenca del río Júcar.

INTRODUCCIÓN

La modelización hidrológica tiene un papel importante en la mayoría de aspectos de la gestión del agua y del medio ambiente. Sin embargo, la eficacia de estos modelos depende de la disponibilidad de los datos de entrada (inputs). Así, los actuales modelos hidrológicos distribuidos requieren datos distribuidos espacialmente con la precisión suficiente para permitir la investigación y aplicación.

Durante las últimas décadas, la tecnología de sensores de satélite ha facilitado el desarrollo de enfoques innovadores para disponer en tiempo real de información meteorológica global. Biftu and Gan, 2001, indican que frente a los datos convencionales que representan mediciones en un punto, las mediciones con sensores de satélite son promedios espaciales en los píxeles, y como tal, se ajustan a la necesidad de los modelos hidrológicos distribuidos con una cobertura mundial, proporcionando información en las regiones que son inaccesibles para otros sistemas de observación.

En ese contexto, se han desarrollado algoritmos basados en satélites para producir estimaciones de variables climáticas como precipitación, temperatura, albedo, índice de área foliar, contenido de humedad de la superficie del suelo, nieve (Engman, 1995). Destacan, los estudios para la estimación de precipitación (Sorooshian et al, 2000), temperatura (Hansen et al, 2009), radiación (Andersen et al, 2002; Biftu and Gan, 2001), evapotranspiración (Chen et al, 2005; Boegh et al, 2004). Estos algoritmos generan datos de alta resolución espacio temporal con potencial para ser utilizados en la investigación hidrológica.

Siendo la precipitación una variable clave en el balance hidrológico, con un rol dominante en el clima y tiempo; es fundamental una mejor comprensión de su distribución espacio temporal. Sin

embargo, datos de pluviómetros se encuentran escasamente y se limitan a mediciones en un único punto, mientras que datos de radar se limita su cobertura por la topografía; además de una baja disponibilidad al público. Existen muchos algoritmos basados en satélites, para producir estimaciones de lluvias por períodos de tiempo que van desde media hora a mensual y disponibles dentro de dos días de las observaciones por satélite, y a menudo dentro de algunas horas. (Aonashi et al, 2009; Ba and Gruber, 2001; Bellerby et al, 2009; Huffman et al, 2002; Huffman et al, 2001; Joyce et al, 2004; Kidd et al, 2003; Sorooshian et al, 2000; Tapiador, 2002; Turk et al, 2002; Weng et al, 2003). Destaca, el trabajo de Sorooshian et al, 2005 del Centro para la Hidrometeorología y Sensores Remotos (CHRS) con el algoritmo PERSIANN, que extrae y clasifica la textura local de la imagen infrarroja de onda larga de los satélites geoestacionarios para una serie de patrones de textura de nubes, luego asocia estos patrones a la intensidad de precipitación en la superficie de la nube. En la mejora del algoritmo PERSIANN, Hong et al, 2004, desarrollaron un sistema de clasificación de nubes PERSIANN-CCS que utiliza técnicas de procesamiento de imágenes por ordenador y técnicas de reconocimiento de patrones para procesar imágenes de nubes y obtener intensidad de precipitación. Al ser mediciones indirectas de precipitación, se debe tener una idea de su precisión y características del error esperado; para ello se requiere su validación con mediciones de pluviómetros y/o radares en una amplia gama de condiciones meteorológicas y regímenes climáticos.

Diversos estudios se han realizado para validar datos de precipitación PERSIANN para diferentes escalas hidrológicas y mesoclimas, como por ejemplo:

1. Validación de precipitación diaria y patrones de precipitaciones diurnas con observaciones de campo proporcionadas por el TRMM. Hong et al, 2005, Sorooshian et al, 2002
2. Validación de datos PERSIANN con precipitación diaria disponible del INMET y base de datos CPTEC sobre Sud América. Goncalves et al, 2006
3. Validación de datos de precipitación por satélite con observaciones de campo de cuatro cuencas en Sudáfrica. Hughes, 2006
4. Evaluación de las estimaciones del modelo numérico de pronóstico del tiempo MM5 sobre el suroeste de EE.UU., México y las regiones oceánicas adyacentes. Gochis et al, 2002
5. Asimilación de datos PERSIANN a un Sistema de Modelado Atmosférico Regional (RAMS) para investigar los procesos hidrológicos en la superficie de la tierra. Li et al, 2003, Yi, 2002, Yucel et al, 2002
6. Validación de estimaciones de precipitación por satélite de diferentes algoritmos entre ellos el PERSIANN, sobre Australia, USA, Europa Occidental, Japón y Sudamérica. Iniciado en el 2003 por el International Precipitation Working Group (IPWG).
7. Unificación de datos de pluviómetros y sistema PERSIANN sobre la Región de México. Guevara, 2002
8. Investigación de impactos de la asimilación de estimaciones de precipitación por satélite en la previsión de lluvia en el suroeste de Estados Unidos. Xu et al, 2004
9. Análisis múltiple de los productos de precipitación y evaluación preliminar de su impacto en el Global Land Data Assimilation System (GLDAS). Gottschalck et al, 2005.

Una recopilación de los trabajos realizados con el algoritmo PERSIANN se presentan en el Capítulo Satellite-Based Precipitation Measurement Using PERSIANN System del Libro Hydrological Modeling and the Water Cycle. (Hsu and Sorooshian, 2008).

Por otra parte, el PHI de la UNESCO (2009) lanzó una aplicación en Google Earth que proporciona datos de precipitación global en tiempo real con resolución espacial de 0.04° . Esta aplicación es desarrollada por CHRS y G-WADI, en el que los datos de precipitación se obtienen de PERSIANN-CCS, el algoritmo se ejecuta en NESDIS NOAA, las precipitaciones acumuladas se calculan y reordenan para 3, 6, 12, 24, 48 y 72 hr, y se generan los mapas de precipitación. Finalmente, los

datos se transforman en imágenes compatibles con google-earth que se accede con un archivo KMZ.

En la última década se han intensificado publicaciones sobre información de precipitación obtenida de satélite a escala global aplicada en simulación hidrológica, se detallan a continuación:

1. Simulación de caudal en la cuenca del río Senegal, con datos de precipitación de satélite METEOSAT y el modelo hidrológico distribuido MIKE SHE. Andersen et al, 2002.
2. Simulación de caudal de la cuenca Leaf del río Misisipi. Se empleó más de tres años de precipitación PERSIANN y datos de radar con datos de pluviómetros. Se usó el modelo hidrológico conceptual SSMAM. Hsu et al, 2002.
3. Utilización de estimaciones de precipitación diaria derivados de imágenes de METEOSAT en la cuenca Bakoye en Malí-África. El modelo hidrológico empleado es el PITMAN. Grimes and Diop, 2003.
4. Se utilizó el modelo hidrológico semidistribuido conceptual HBV IWS con datos de precipitación de CCPG-NCEP y datos de temperatura de la NASA-GISTEM. La zona de estudio fue la cuenca del río Neckar en Alemania y la cuenca del Chirchik en Uzbekistan. Bardossy et al, 2006.
5. Simulación del caudal en la cuenca Leaf del río Misisipi mediante el modelo hidrológico conceptual HyMOD. Se empleó datos de precipitación PERSIANN-CCS del 2002 y 2003. Moradkhani et al, 2006
6. Monitoreo de inundaciones por simulación de caudal de la cuenca Limpopo en Mozambique, a partir de datos de precipitación medidos por satélites NOAA-CPC y NASA-TRMM. Se empleó un modelo hidrológico semidistribuido GeoSFM con datos de precipitación de 1998 al 2003. Asante et al, 2007.
7. Se empleó el modelo hidrológico distribuido MIKE SHE con información de satélite de METEOSAT-7 y sensores AVHRR en la cuenca del río Senegal. Stisen et al, 2008
8. Previsión de inundaciones por lluvias convectivas, usando datos de satélites GMS-5 en la cuenca del río Klang en Malasia. Se utilizó el modelo lluvia-escorrentía del hidrograma unitario, con información del año 2003 al 2006. Wardah et al, 2008
9. Se empleó el modelo hidrológico distribuido determinístico WaSiM-ETH en la cuenca del Río Volta. La información de satélite de precipitación se obtuvo de MM5 y e TRMM. Wagner et al, 2009
10. Se empleó el modelo semidistribuido mejorado SAC-SMA, que separa la componente de escorrentía rápida de la lenta, en la cuenca del río Illinois. Plantea cuatro estrategias de calibración para aprovechar las ventajas de los algoritmos de optimización SCE-UA y los sistemas MACS. Se empleó datos de precipitación horaria de once años del NOAA's multisensor. Khakbaz et al, 2009.

En conclusión, la precipitación obtenida por satélite permite disponer en tiempo real de precipitación que se ajustan a la necesidad de los modelos hidrológicos distribuidos; además tienen cobertura mundial, proporcionando información en las regiones que son inaccesibles para otros sistemas de observación tales como pluviómetros y radar. El desafío principal es cómo beneficiarse de las fortalezas de los diferentes tipos de sensores de satélites y minimizar los impactos de sus limitaciones. Por ello, en el presente estudio se busca evaluar la utilidad de la precipitación obtenida por satélite a escala global en un modelo hidrológico distribuido en la cuenca del río Júcar en España.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersen, J.; Dybkjaer, G.; Jensen, K. H. et al** (2002). Use of remotely sensed precipitation and leaf area index in a distributed hydrological model. *Journal of Hydrology*. **264** 34-50.
- Aonashi, K.; Awaka, J.; Hirose, M. et al** (2009). GSMaP passive microwave precipitation retrieval algorithm: Algorithm description and validation. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. **87A** 119-136.
- Asante, K. O.; Macuacua, R. D.; Artan, G. A. et al** (2007). Developing a flood monitoring system from remotely sensed data for the Limpopo Basin. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. **45** [6] 1709-1714.
- Ba, M. B. and Gruber, A.** (2001). GOES Multispectral Rainfall Algorithm (GMSRA). *Journal of Applied Meteorology*. **40** [8] 1500-1514.
- Bardossy, A.; Gafurov, A.; Gotzinger, J. et al** (2006). Hydrological modelling for meso-scale catchments using globally available data. *Hydrology and Earth System Sciences*. **4** 2209-2242.
- Bellerby, T. J.; Hsu, K., and Soroosh, S.** (2009). LMODEL: A satellite precipitation methodology using cloud development modeling. Part I: Algorithm construction and calibration. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. **10** [5] 1081-1095.
- Biftu, G. F. and Gan, T. Y.** (2001). Semi-distributed, physically based, hydrologic modeling of the Paddle River Basin, Alberta, using remotely sensed data. *Journal of Hydrology*. **244** [3-4] 137-156.
- Boegh, E.; Thorsen, M.; Butts, M. B. et al** (2004). Incorporating remote sensing data in physically based distributed agro-hydrological modelling. *Journal of Hydrology*. **287** [1-4] 279-299.
- Chen, J. M.; Chen, X. Y.; Ju, W. M. et al** (2005). Distributed hydrological model for mapping evapotranspiration using remote sensing inputs. *Journal of Hydrology*. **305** [1-4] 15-39.
- DIHMA** (2001). Un Modelo de Predicción de Crecidas para el SAIH de la Confederación Hidrográfica del Tajo. Informe Final para UTE SAIH TAJO.
- DIHMA** (2002). Investigación conjunta sobre generación de mapas de caudales máximos en la cuenca del Júcar. Informe Final para el CEDEX.
- Engman, E. T.** (1995). Recent advances in remote sensing in hydrology. *Reviews of Geophysics*. American Geophysical Union. **33**.
- FAO** (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. Roma. ISBN 92-5-304219-2.
- Gochis, D. J.; Shuttleworth, W. J., and Yang, Z. L.** (2002). Sensitivity of the modeled North American Monsoon regional climate to convective parameterization. *Monthly Weather Review*. **130** 1282-1298.
- Goncalves, G. L.; Shuttleworth, W. J.; Nijssen, B. et al** (2006). Evaluation of model-derived and remotely sensed precipitation products for continental South America. *Journal of Geophysical Research*. **111** D161113.
- Gottschalck, J.; Meng, J.; Rodell, M. et al** (2005). Analysis of multiple precipitation products and preliminary assessment of their impact on Global Land Data Assimilation System (GLDAS) land surface states. *Journal of Hydrometeorology*. **6** [5] 573-598.
- Grimes, D. I. F. and Diop, M.** (2003). Satellite-based rainfall estimation for river flow forecasting in Africa. I: Rainfall estimates and hydrological forecasts. *Hydrological Sciences Journal des Sciences Hydrologiques*. **48** [4] 567-584.
- Guevara, J. M.** (2002). Precipitation estimation over Mexico applying PERSIANN system and gauge data. Master Thesis. University of Arizona.
- Hansen, J. E.; Ruedy, R.; Sato, M. et al** (2009). NASA GISS Surface Temperature (GISTEMP) Analysis. In *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. Center for Climate Systems Research, NASA Goddard Institute for Space Studies.
- Hong, Y.; Hsu, K.; Gao, X. et al** (2004). Precipitation estimation from remotely sensed imagery using artificial neural network-cloud classification system. *Journal of Applied Meteorology*. **43** [12] 1834-1853.

- Hong, Y.; Hsu, K.; Sorooshian, S. et al** (2005). Enhanced signal of diurnal variability of rainfall retrieval from TRMM-adjusted PERSIANN algorithm. *Journal of Geophysical Research*. **110** - D06102.
- Hsu, K.; Soroosh, S.; Gupta, H. V. et al** (2002). Hydrologic Modelling and Analysis Using A Self-Organizing Linear Output Network. The International Environmental Modelling & Software Society i. iEMSs. Switzerland. 24-27 June 2002.
- Hsu, K. and Sorooshian, S.**, (2008). Satellite-Based Precipitation Measurement Using PERSIANN System. In: Sorooshian, S., Hsu, K., Coppola, E. et al (Editors), *Hydrological Modelling and the Water Cycle*. Water Science and Technology Library. 27-28 pp.
- Huffman, G. J.; Adler, R. F.; Morrissey, M. M. et al** (2001). Global precipitation at one-degree daily resolution from multisatellite observations. *Journal of Hydrometeorology*. **2** 36-50.
- Huffman, G. J.; Adler, R. F.; Stocker, E. F. et al.** (2002). A TRMM-based system for real-time quasi-global merged precipitation estimates.
- Hughes, D. A.** (2006). Comparison of satellite rainfall data with observations from gauging station networks. *Journal of Hydrology*. **327** 399-410.
- Joyce, R. J.; Janowiak, J. E.; Arkin, P. A. et al** (2004). CMORPH: A Method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *Journal of Hydrometeorology*. **5** 487-503.
- Khakbaz, B.; Imam, B.; Hsu, K. et al** (2009). From lumped to distributed via semi-distributed via semi-distributed: Calibration strategies for semi-distributed hydrologic models. *Journal of Hydrology*.
- Kidd, C.; Kniveton, D. R.; Todd, M. C. et al** (2003). Satellite rainfall estimation using combined passive microwave and infrared algorithms. *Journal of Hydrometeorology*. **4** [1088] 1104.
- Li, J.; Gao, X.; Maddox, R. A. et al** (2003). Summer weather simulation for the semi-arid lower Colorado River basin: case tests. *Monthly Weather Review*. **131** [3] 521-541.
- Moradkhani, H.; Hsu, K.; Hong, Y. et al** (2006). Investigating the impact of remotely sensed precipitation and hydrologic model uncertainties on the ensemble streamflow forecasting. *Geophysical Research Letters*. **33** L12401.
- Sorooshian, S.; Gao, X.; Hsu, K. et al** (2002). Diurnal variability of tropical rainfall retrieved from combined GOES and TRM satellite information. *Journal of Climate*. **15** 983-1001.
- Sorooshian, S.; Hsu, K., and Bisher I.** (2005). Global Precipitation Estimation from Satellite Image using Artificial Neural Networks. International G-WADI Modelling Workshop. National Institute of Hydrology, India. 28 February - 5 March 2005.
- Sorooshian, S.; Hsu, K.; Gao, X. et al** (2000). Evaluation of PERSIANN system satellite-based estimates of tropical rainfall. *Bulletin of American Meteorology Society*. **81** 2035-2046.
- Stisen, S.; Jensen, K. H.; Sandholt, I. et al** (2008). A remote sensing driven distributed hydrological model of the Senegal River basin. *Journal of Hydrology*. **354** 131-148.
- Tapiador, F. J.** (2002). A new algorithm to generate global rainfall rates from satellite infrared imagery. *Revista de Teledetección de España. AET*. **18** 57-61.
- Turk, J.; Ebert, E.; Oh, H. J. et al.** (2002). Verification of an operational global precipitation analysis at short time scales. 1st Intl. Precipitation Working Group (IPWG) Workshop. Madrid, Spain.
- Wagner, S.; Kunstmann, H.; Bárdossy, A. et al** (2009). Water balance estimation of a poorly gauged catchment in West Africa using dynamically downscaled meteorological fields and remote sensing information. *Physics and Chemistry of the Earth*. **34** 225-235.
- Wardah, T.; Bakar, S. H.; Bardossy, A. et al** (2008). Use of geostationary meteorological satellite images in convective rain estimation for flash-flood forecasting. *Journal of Hydrology*. **356** 283-298.
- Weng, F. W.; Zhao, L.; Ferraro, R. et al** (2003). Advanced microwave sounding unit (AMSU) cloud and precipitation algorithms. *Radio Science*. **38** [4] 8068-8079.
- Xu, J.; Gao, X., and Sorooshian, S.** (2004). Impact of radar derived and satellite derived rainfall assimilation on the rainfall predict in the southwest United States. *Tellus*. In Press.

Yi, H. (2002). Assimilation of satellite-derived precipitation into the regional atmospheric modelling system (RAMS) and its impact on the weather and hydrology in the Southwest United States. Ph.D.Dissertation. Department of Hydrologic and Water Resources University of Arizona.

Yucel, I.; Shuttleworth, W. J.; Pinker, R. T. et al (2002). Impact of ingesting satellite-derived cloud into the regional atmospheric modeling system. Monthly Weather Review. **130** 610-628.