

# Análisis de las características de la precipitación estimada mediante reanálisis en la Macrocuena Magdalena-Cauca (McMC), Colombia

## *Analysis of precipitation features estimated by reanalysis datasets in the Magdalena Cauca Macrobasin, Colombia*

(Recepción 29/01/2018; Aceptación 09/05/2018)

Duque-Gardeazábal N.<sup>1,2</sup>; Zamora D.<sup>1</sup>; Vega-Viviescas C.<sup>1</sup>; Arboleda P.<sup>1</sup>; Rodríguez E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Ingeniería de los Recursos Hídricos (GIREH)

Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia-Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Miembro de la IAHR Bogotá Young Professional Network

Teléfono: +57 1 3165000 ext 13406

Email: nduqueg@unal.edu.co

**Resumen.** Los datos de reanálisis meteorológicos pueden llegar a ser muy útiles en la gestión del recurso hídrico. Sin embargo, el desempeño de estos datos debe evaluarse comparándolos no solo con las series observadas, sino también estimando índices que caractericen ciertos componentes de las series de tiempo. En el presente trabajo se han evaluado dos conjuntos de precipitación provenientes de reanálisis (WFDEI y MSWEP) contra una interpolación realizada a partir de datos diarios de precipitación de estaciones en la McMC. Los resultados indican que el producto MSWEP tiene en general una mejor representación que el WFDEI.

**Palabras clave.** CLIMDEX; earth2Observe; evaluación; Reanálisis

**Abstract.** Meteorological reanalysis data can be useful in water resources management projects. However, the performance of these datasets must be evaluated not only by comparing them with observed data, but also by evaluating different features through time series indexes. In this article we evaluate two precipitation products coming from reanalysis (WFDEI and MSWEP) against a raingauge interpolation in the McMC. The results show that the MSWEP dataset is more reliable than the WFDEI dataset, the biggest errors of both datasets are located in the high altitudes areas of the watershed and they tend to overestimate more than underestimate.

**Keywords.** CLIMDEX; earth2Observe; evaluation; Reanalysis

## 1. Introducción

La precipitación (P) es una de las variables hidrometeorológicas del ciclo hidrológico que mayor influencia tiene sobre la disponibilidad de agua superficial en una cuenca hidrográfica. Además, es quizás una de las variables más difíciles de estimar debido a su gran variabilidad, tanto espacial como temporal (Chow, Maidment, y Mays 1988). A nivel global existen grandes regiones en donde la cantidad de estaciones es escasa y en algunos casos la longitud de las series es corta; ejemplo de ello son las regiones de la Orinoquía y la Amazonía colombianas. Por tanto, en estas regiones se dificulta realizar análisis hidrometeorológicos, fundamentales en la gestión del recurso hídrico y en análisis de variabilidad y cambio climático.

En estos escenarios de escasez de información de P, el empleo de datos globales es una excelente alternativa. El uso de datos provenientes de observaciones terrestres (EO) y de reanálisis meteorológicos en proyectos de ingeniería de recursos hídricos ha venido en ascenso en los últimos años. Estos datos se caracterizan por tener un dominio espacial grande, buenas resoluciones de muestreo (0.5° y 0.25°) y con datos continuos en

largos periodos de tiempo. A este respecto, el proyecto earth2Observe (E2O) ([www.earth2observe.eu](http://www.earth2observe.eu)), un esfuerzo de investigación internacional, está desarrollando un repositorio global de información hidrometeorológica en el que se puede acceder a diferentes conjuntos de datos y variables.

La evaluación del desempeño de productos de P globales ha sido efectuada por varios autores. Por ejemplo Beck, Vergopolan, et al. (2017) realizaron una evaluación incluyendo varios datos de reanálisis y de EO, en donde además de comparar los datos contra los registros en estaciones puntuales, compararon su desempeño a través de modelaciones hidrológicas. No obstante, las evaluaciones realizadas se han enfocado de manera general en comparar directamente las series de tiempo estimadas por los datos globales contra los registros de las estaciones o interpolaciones de las mismas. Son pocos los estudios que hacen comparaciones de características específicas de la P, como las establecidas a través del cálculo de índices (Dinku et al. 2010).

En el presente trabajo se han evaluado dos conjuntos de P (WFDEI y MSWEP) contra una interpolación a partir de datos de estaciones en la McMC. La evaluación fue realizada por medio del cálculo de algunos de los índices propuestos por el Expert Team



on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI), usados por el proyecto CLIMDEX, para enfocarse en ciertas características de las series de tiempo.

## 2. Área de estudio y datos de P

La McMC es la más importante cuenca en Colombia con un área aproximada de 257,000 km<sup>2</sup>. Dentro de ella se asienta aproximadamente el 80% de la población, se produce el 75% de la energía hidroeléctrica y el 85% del PIB; además, varios fenómenos hidroclimatológicos tienen un importante impacto sobre ella, siendo el más importante El Niño Southern Oscillation (ENSO) (Poveda, Waylen, y Pulwarty 2006).

### 2.1. Datos *in situ* Interpolados

Se creó un campo a partir de los datos de las estaciones pluviométricas ubicadas en la McMC, con menos de 15% de datos faltantes, proporcionados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). Se realizó una interpolación a una resolución de 0.1° (aprox. 10 km) a nivel diario de los registros de las estaciones presentes en la cuenca para el período 1980-2012. Esto se efectuó con el método de Kriging con Deriva Externa (KDE).

### 2.2. Datos de reanálisis

La principal fuente de información usada en el proyecto E2O es el reanálisis meteorológico ERA-Interim. Este fue usado para generar los conjuntos de datos *WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim (WFDEI)* (Weedon et al. 2014) y el *Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation (MSWEP)* (Beck, van Dijk, et al. 2017). Estos datos fueron reescalados a la resolución de 0.1°.

## 3. Índices para identificar cambios en valores extremos

Para estudiar cambios en eventos extremos, el ETCCDI planteó una serie de índices climáticos (Zhang et al. 2011). Estos analizan año a año (y en algunos casos mes a mes), las variables P y temperatura, basados principalmente en el análisis de las colas de las distribuciones de probabilidad correspondientes.

En total son 27 índices de los cuales 11 están relacionados con la precipitación. Entre estos están: El día y los 5 días más lluviosos en cada mes (RX1day y RX5day), el índice simple de intensidad diaria (SDII), el número de días con alta y muy alta precipitación (R10 y R20), los días secos y húmedos consecutivos (CDD y CWD), días muy húmedos y extremadamente húmedos (R95p y R99p), y por último la P anual (PCRPTOT), que bajo la suposición de condiciones estacionarias no debería tener tendencia.

Con respecto al cálculo de los índices de forma distribuida (en grilla), se han planteado en la literatura dos enfoques. El primero consiste en calcular los índices en cada estación y después interpolarlos, mientras que el segundo interpola las variables meteorológicas y posteriormente halla los índices en cada celda. Zhang et al. (2011) resaltan que los resultados del segundo enfoque deben parecerse más a los resultados producidos por modelos climáticos o de reanálisis y en este sentido esta es la técnica que se ha utilizado en el trabajo aquí reportado.

## 4. Metodología

A fin de realizar la evaluación propuesta, se plantea un enfoque retrospectivo, ya que se busca medir el error de dos series de tiempo con límites fijos.

Con base en los datos de P de los dos reanálisis y de la interpolación con KDE, se calcularon las series de tiempo de los índices mencionados en la sección 3, obteniéndose así la serie de tiempo de cada índice en cada celda. Posteriormente, se hicieron las comparaciones utilizando la métrica de Error Medio (ME), dado que esta brinda una idea general del error del producto de P respecto del observado, además de proporcionar el sesgo del valor del índice.

Adicionalmente, se analizaron las tendencias de algunos índices a lo largo del tiempo.

## 5. Resultados

Se muestran a continuación los resultados del índice R95tot de forma distribuida y la serie de tiempo de R95tot y PCRPTOT en una celda ubicada al norte de la cuenca. Se muestra el R95tot porque está relacionado con los valores extremos de precipitación, eventos que tienen un gran impacto sobre fenómenos como inundaciones. La Figura 1 muestra que el MSWEP tiene una buena representación de los días muy húmedos, excepto en las zonas de alta montaña como la Sierra Nevada, ubicada al norte de la región. Se pueden atribuir los grandes errores a la dificultad de los reanálisis para simular la P con orografía tan compleja como los Andes colombianos. La mayoría de las celdas tiene un exceso o subestimación de la P entre +150 y -100 mm/año en el periodo evaluado (66.8% de las celdas).

Los anteriores resultados concuerdan con el sesgo negativo en la cantidad de lluvia reportado para esta región por Rodríguez et al. (2017).

La Figura 2 muestra que las lluvias del producto WFDEI que superan el percentil 95, en general tienen un bajo desempeño en las mismas regiones que el MSWEP. No obstante, en este caso no se puede identificar si este error está relacionado con la alta orografía que se presenta en el territorio colombiano. Además, al comparar las dos figuras se observa que los errores son más altos en el WFDEI y también la cantidad de celdas con grandes sobreestimaciones es mayor. Esto puede deberse a que el WFDEI tiene

muchas más influencia de los resultados del reanálisis ERA-Interim que el producto MSWEP.

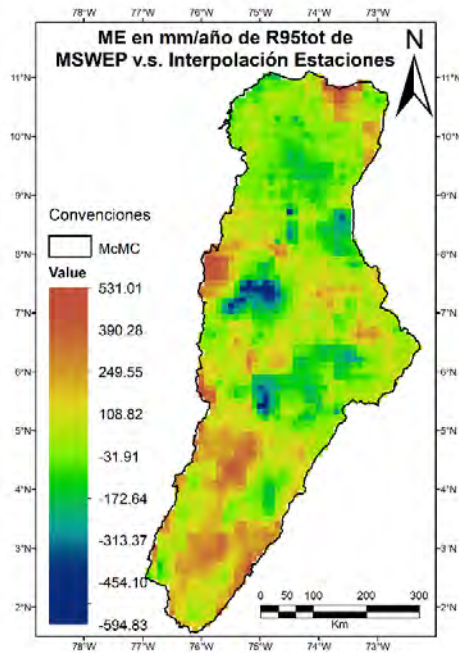


Figura 1. ME del MSWEP para la cantidad de lluvia en días muy húmedos R95tot en un año dado.

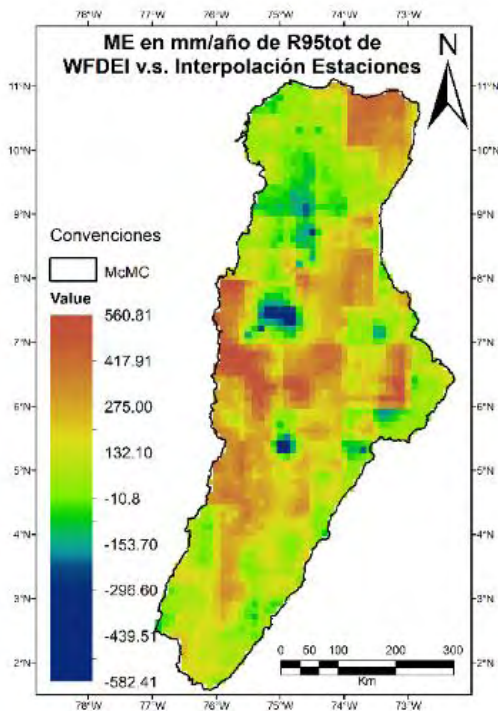


Figura 2. ME del WFDEI para la cantidad de lluvia en días muy húmedos R95tot en un año dado.

En la Figura 3 se pueden ver las series de días muy húmedos (R95tot), en una celda particular escogida al azar, ubicada en las coordenadas indicadas, en conjunto con la P total anual. Se observa que tienen una variación importante año a año y que para la celda analizada los valores de P del WFDEI siguen aproximadamente las variaciones presentes en la serie observada. En los primeros años analizados el MSWEP sigue la misma tendencia de los datos

observados, pero luego presenta una importante subestimación. También se evidencia que la R95tot es alta en los años en donde la P es alta (para la serie observada), que a su vez concuerda con los años en los que el Oceanic Niño Index ONI, asociado al fenómeno ENSO, indica fase fría o fenómeno de La Niña (1989, 1996, 1999, 2000, 2011). El conjunto WFDEI presenta sobreestimaciones en los años mencionados, pero también en años neutros conforme en lo reportado en el ONI.

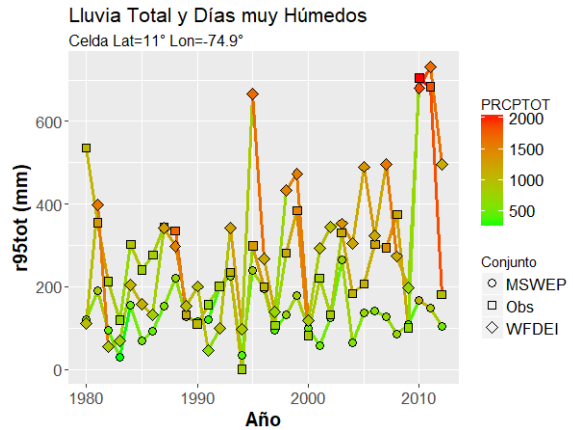


Figura 3. Variación de los índices R95tot y PRCPTOT en el periodo 1980-2012, para los tres conjuntos de datos.

## 6. Conclusiones

A partir del cálculo de índices se han evaluado en la McMC dos productos de precipitación provenientes de reanálisis (WFDEI y MSWEP) comparándolos con la interpolación de datos *in situ* efectuada con KDE.

Una buena representación de los días muy húmedos es importante para la cuantificación del recurso y para el análisis de inundaciones. Las validaciones de productos de P global, disponibles para diversas aplicaciones, son importantes para conocer sus limitaciones y para tener mayor certeza en los resultados derivados. Con los análisis de las Figuras 1 y 2 se concluye que, aunque hay sobreestimaciones, en la mayoría del territorio se tiene una buena correspondencia de los días muy lluviosos.

Para la celda analizada (Figura 3), se ve que hay una clara influencia de una gran cantidad de lluvias de los días muy húmedos sobre la precipitación total anual. En dicha celda el WFDEI tiene una mejor representación que el MSWEP, esto puede variar dependiendo de la celda analizada. Sin embargo, al comparar la Figura 1 y 2 se puede confirmar el MSWEP tiene una mayor cantidad de celdas con mejor desempeño que el WFDEI. Asimismo, se concluye que, aunque hay sobreestimaciones, en la mayoría del territorio se tiene una buena correspondencia de los días muy lluviosos.

Analizando otros índices no mostrados aquí, se puede apreciar una correlación del error con las zonas de alta montaña. Con base en los resultados aquí expuestos, se recomienda el uso del MSWEP, teniendo en cuenta que en zonas de alta montaña se

presentara una sobreestimación, principalmente en los días más húmedos.

## Agradecimientos

Se agradece al IDEAM por facilitar y estar presente en todo el proceso del proyecto E2O, al GIREH y a la YPN-Bogotá. El proyecto E2O ha recibido financiación del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea para la investigación tecnológica, desarrollo y demostración, a través del Acuerdo de subvención No. 603608

## Referencias

Beck, Hylke E., Noemi Vergopolan, et al. 2017. «Global-scale evaluation of 22 precipitation datasets using gauge observations and hydrological modeling». *Hydrology and Earth System Sciences* 21(12): 6201-17. <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/21/6201/2017/>.

Beck, Hylke E., Albert I.J.M. J. M. van Dijk, et al. 2017. «MSWEP: 3-hourly 0.25° global gridded precipitation (1979–2015) by merging gauge, satellite, and reanalysis data». *Hydrology and Earth System Sciences* 21(1): 589-615. <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/21/589/2017/>.

Chow, Ven Te., David; Maidment, y Larry Mays. 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.

Dinku, Tufa, Franklyn Ruiz, Stephen J. Connor, y Pietro Ceccato. 2010. «Validation and intercomparison of satellite rainfall estimates over Colombia». *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 49(5): 1004-14.

Poveda, Germán, Peter R Waylen, y Roger S Pulwarty. 2006. «Annual and inter-annual variability of the present climate in northern South America and southern Mesoamerica». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 234(1): 3-27.

Rodríguez, Erasmo et al. 2017. «Combined use of local and global hydrometeorological data with regional and global hydrological models in the Magdalena - Cauca river basin, Colombia». En *EGU General Assembly 2017*, Viena, Austria, 10477.

Weedon, G.P. et al. 2014. «The WFDEI meteorological forcing data set: WATCH Forcing Datamethodology applied to ERA-Interim reanalysis data». *Water Resources Research* 50(9): 7505-14.

Zhang, Xuebin et al. 2011. «Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data». *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 2(6): 851-70.