



COMPARACIÓN DE ESTIMACIONES DE PRECIPITACIÓN MULTISATÉLITE Y MEDIDAS EN ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

Claudia Lizeth García Pérez¹, Joel Hernández Bedolla², Sonia Tatiana
Sánchez Quispe³

^{1,2,3} Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
¹1542186a@umich.mx, ²joel.hernandez@umich.mx, ³quispe@umich.mx

RESUMEN

Actualmente, en México no se tiene una correcta medición de las variables climatológicas debido a los insuficientes instrumentos y técnicas de medición. Los registros se encuentran en escalas diarias, por lo que resulta imperativo contar con escalas más discretizadas. Por ello, se propone utilizar la información de estimaciones de precipitación de satélites. Las mediciones por satélite proporcionan una visión única a macroescala de los patrones de precipitación que no se puede conseguir con las observaciones pluviométricas. El objetivo de este artículo fue comparar precipitaciones multisatélite (TRMM y GPM) con respecto a estaciones climatológicas (OOAPAS y CONAGUA). Se utilizaron diferentes estadísticos a diferentes escalas temporales de las estimaciones multisatélite y de estaciones climatológicas. Se encontró una baja correlación entre las estimaciones y los datos de estaciones, lo que mostró que las series siguen diferentes tasas de variación. Por lo tanto, se recomienda realizar una corrección de sesgo a las series de estimaciones de precipitación que permita representar adecuadamente su variación, lo cual puede complementar las mediciones terrestres de dicha variable. Se entiende que las mediciones por satélite son una medida indirecta de la variable, por lo que se presentan sobreestimaciones y subestimaciones en los datos en función de la zona de estudio.

Palabras clave

Estimaciones de precipitación, multisatélite, estaciones climáticas

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en México, se tiene un déficit en cuanto a mediciones de precipitación en la superficie terrestre, provocando que se cuente con datos históricos de precipitación insuficientes. Se sabe que, las mediciones precisas de la precipitación son de suma importancia en los estudios hidrológicos, debido a esto se tiene como alternativa la estimación de la variable mediante plataformas satelitales. Esta puede proporcionar una distribución espacial y temporal de la precipitación, sin embargo, las mediciones por este medio tienden a mostrar un sesgo significativo [1]. Sin embargo, ante la evolución de dichos instrumentos satelitales como el TRMM que proporciona una increíble riqueza

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

de información detallada y estructurada de la lluvia, a escalas temporales y espaciales considerables como menciona Systems et al., (2000). También, la misión sucesora del TRMM, IMERG GPM, proporciona cada vez más mejoras en la estimación de precipitación ya que cubren casi todo el mundo, incluidas áreas difíciles de alcanzar con otros instrumentos, como también una mejora en la escala temporal y espacial, que es una ventaja ante las mediciones de pluviómetros [2].

Los pluviómetros proporcionan datos de medición puntuales de la precipitación a nivel del suelo con una alta frecuencia temporal. Aunque las mediciones de los pluviómetros encuentran numerosos problemas instrumentales y de interpretación [3].

Ante esto, nace la necesidad de conocer el comportamiento de datos reales medidos con pluviómetro y estimaciones de satélite, realizando comparaciones que permitan observar sus tendencias. Para ello, se propone realizar una comparación estadística de diversas fuentes de datos de precipitaciones tanto observadas por pluviómetro como estimadas mediante satélite en la ciudad de Morelia Michoacán, buscando contar con datos de precipitación a escalas temporales pequeñas y distribuidos espacialmente en la ciudad y que permita conocer la fiabilidad de los datos proporcionados por las plataformas satelitales.

2. METODOLOGÍA

2.1 RECOPIACIÓN Y MANEJO DE DATOS

Para el análisis, se utilizaron datos de precipitación de 7 estaciones meteorológicas de la red nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que cubren la ciudad de Morelia Michoacán, mismas que registran mediciones a escala diaria. Asimismo, se recopilaron datos de 4 estaciones del Organismo Operador de Agua Potable (OOAPAS) de la ciudad de Morelia, que tienen una escala de registro minutal.

Por otro lado, se recopilaron series de datos de estimaciones de precipitación del satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), la cual se encuentra a una escala temporal de 3 horas, así como del Integrated Multi-Satellite Retrievals (IMERG) de la misión Global Precipitation Measurement (GPM), mismo que proporciona información a una escala temporal de 30 minutos. Dichas series multisatélite coinciden geográficamente con las estaciones meteorológicas de CONAGUA y OOAPAS.

Se presentan un resumen de las bases de datos utilizadas con escalas temporales respectivas en la tabla 1.

Tabla 1. Resumen de bases de datos utilizadas y escalas temporales. Fuente: elaboración propia.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

Estación	Código	Escala temporal	Estimación	Escala temporal
CONAGUA	16247	Diaria	TRMM	3 horas
	16022			
	16512			
	16028			
	16055			
	16081			
	16080			
OOAPAS	Acueducto	30 minutos	IMERG	30 minutos
	Buena Vista			
	Carrillo Puerto			
	Protección Civil			

Posteriormente, se uniformizó la escala temporal de las series mediante una rutina en el software Matlab [4]. A continuación, se ubicaron y eliminaron los datos faltantes de todas las series y estimaciones de precipitación con respecto a los datos faltantes de las estaciones meteorológicas, permitiendo contar con series ajustadas a datos existentes.

2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar la comparación de las series de datos se aplicaron primeramente los estadísticos descriptivos de media muestral (\bar{x}), desviación estándar (σ) y sesgo o coeficiente de correlación de Pearson (g).

Asimismo, se aplicaron los estadísticos que se describen a continuación:

- Coeficiente de correlación de Pearson (R): mide la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. Se encuentra limitado entre -1 y 1, en donde R = 1 representa una correlación perfecta con una asociación positiva lineal [5]. Se muestra la ecuación de R:

$$R = \frac{\sum(O_i - \bar{O})(S_i - \hat{S})}{\sqrt{\sum(O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum(S_i - \hat{S})^2}} \quad [1]$$

donde

O_i: valor observado (pluviómetro)

\bar{O} : media de la serie de valores observados

S_i: valor estimado

\hat{S} : media de los valores estimados

- BIAS relativo (RB): también llamado sesgo sistemático, proporciona información acerca de la tendencia a la subestimación o sobrestimación de una variable Pielke, (1984), es prácticamente, la relación entre los valores estimados y el número de valores verdaderos, como se presenta en la siguiente ecuación.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

$$RB = \frac{\sum_{i=1}^N (S_i - O_i)}{\sum_{i=1}^N O_i} \quad [2]$$

- Raíz cuadrada media del error (RMSE): es la raíz cuadrada entre las diferencias individuales del valor observado y los valores estimados, cuantificando la precisión del modelo Pielke, (1984), se presenta en la ecuación 3.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - S_i)^2} \quad [3]$$

Se presenta un resumen de los estadísticos con respecto a su resultado en la tabla 1.

Tabla 2. Resumen de estadísticos con valores aceptables. Fuente: elaboración propia

Estadístico	Valor perfecto	Clasificación	
		(+) Relación directa	(-) Relación indirecta
R	1	(+) Sobreestimación	(-) Subestimación
RB	0	>0 hay mayores errores en los valores estimados	

3. RESULTADOS

3.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

Se presenta en la figura 1 y figura 2, las estaciones meteorológicas de CONAGUA y OOAPAS respectivamente, ubicadas espacialmente, de las cuales se obtuvieron los datos tanto pluviométricos como de estimaciones de precipitación mediante IMERG, para el cual se realizó una extracción de series punto-píxel, correspondiente a cada estación meteorológica.

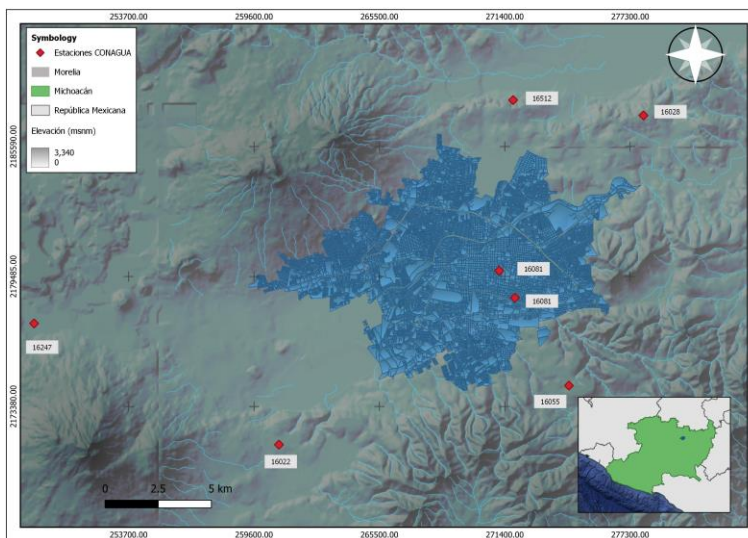


Figura 1. Localización espacial de las estaciones meteorológicas de CONAGUA. Fuente: elaboración propia.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

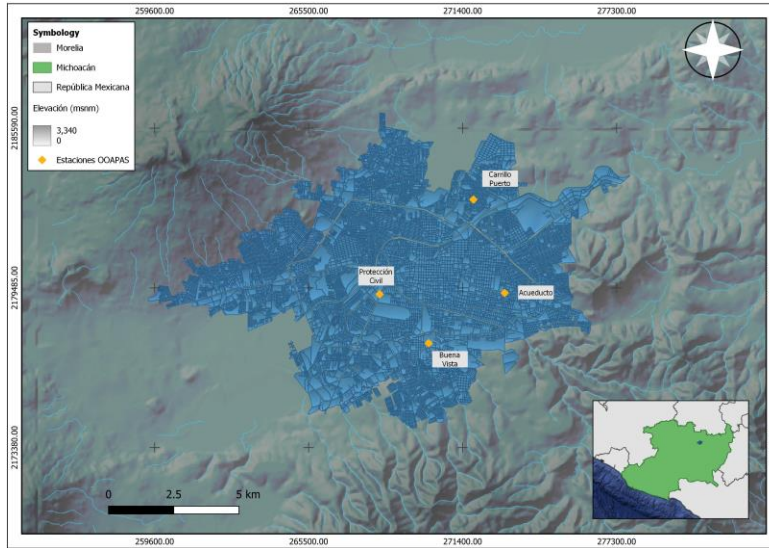


Figura 2. Localización espacial de las estaciones meteorológicas de OOAPAS. Fuente: elaboración propia.

Para el TRMM se eligió el pixel que cubre la zona de la ciudad de Morelia, debido a que el tamaño de pixel del satélite es de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, corresponde al rectángulo amarillo mostrado en la figura 3.

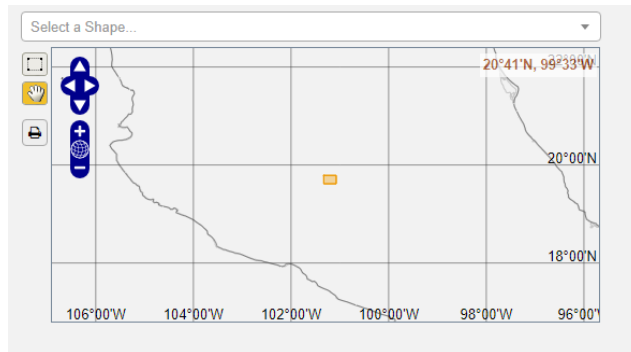


Figura 3. Delimitación de descarga de estimaciones del TRMM para la ciudad de Morelia [6].

Se realizó entonces, una corrección temporal de los datos, debido a que las estimaciones obtenidas de IMERG-GPM se encuentran registradas en la hora media de Greenwich que corresponde a la zona horaria UTC 0, es decir, GMT-0, y los datos en México se registran en su zona horario que corresponde a GMT-6, por lo que se desplazó la serie estimada 6 horas atrás para su ajuste.

Con respecto a la uniformización de series de datos, se analizaron a la escala temporal mayor que presentan las series tanto de pluviómetros como estimaciones, para lo cual se realizó para escalas temporales más pequeñas (minutales) una acumulación de series a la escala requerida, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Escala temporal de análisis. Fuente: elaboración propia

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

Comparación		Análisis
CONAGUA	TRMM	Diario
	IMERG-GPM	
OOAPAS	TRMM	3 horas
	IMERG-GPM	

También, se presenta en la tabla 4, los periodos finales elegidos para la comparación estadística con base en la eliminación de datos faltantes en las estaciones.

Tabla 4. Periodo de datos para comparación estadística. Fuente: elaboración propia

Estación	Estimación	Periodo
CONAGUA	TRMM	2003-2007
	IMERG-GPM	2000-2015
OOAPAS	TRMM	2006-2019
	IMERG-GPM	2006-2019

3.3 COMPARACIÓN ESTADÍSTICA

Se aplicaron los estadísticos mencionados y se obtuvo la siguiente tabla de resultados:

Tabla 5. Resultados de estadísticos para cada comparación. Fuente: Elaboración propia

		Media		Desviación estándar		Sesgo estadístico		R	RB	RMSE	Clasificación		
		Obs	Est	Obs	Est	Obs	Est				R	RB	RMSE
CONAGUA	TRMM	2.307	0.910	6.134	2.002	4.342	3.562	0.313	-10.259	5.805	Baja relación	Sobreestimación	Alto error
	IMERG-GPM	2.304	1.176	6.197	4.333	4.405	6.008	0.005	-0.416	7.859	Baja relación	Sobreestimación	Alto error
OOAPAS	TRMM	0.186	0.105	1.239	0.54	12.467	10.242	0.103	-0.432	1.302	Baja relación	Sobreestimación	Alto error
	IMERG-GPM	0.178	0.550	1.203	2.617	13.765	9.022	0.420	2.174	2.453	Baja relación	Subestimación	Alto error

4. CONCLUSIONES

Con base en el análisis realizado se observó que las bases de datos con información estimada de precipitación puede ser una buena alternativa ante las zonas en donde no se cuente con cobertura espacial y de calidad de pluviómetros que permitan contar con mediciones de dicha variable climática.

Sin embargo, con base en la evaluación estadística se obtuvo que para las bases de datos comparadas para la ciudad de Morelia, los valores de media, desviación estándar y sesgo, varían significativamente. También se observó que para las series de pluviómetro de CONAGUA y OOAPAS existe una subestimación en los datos del satélite para TRMM e IMERG-GPM, misma que se puede observar en la tabla 5 que representa un comportamiento similar al de todos los pluviómetros analizados. Sin embargo, para la comparación entre los datos de OOAPAS e IMERG-GPM, se obtuvo una sobreestimación de los datos de los satélites analizados, la cual se puede observar, de igual manera, en la tabla 5.

Se concluye entonces que, las series de datos de estimación por satélites TRMM e IMERG-GPM, presentan una baja correlación respecto a los datos reales medidos

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

mediante pluviómetro, sin embargo, esto se podría mejorar realizando una corrección estadística de la estimación, misma que podría mejorar la fiabilidad en dichas estimaciones de precipitación.

AGRADECIMIENTOS

A la Maestría en Ingeniería de los Recursos hídricos por impulsar esta investigación, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por

REFERENCIAS

- [1] Sensing, R., & Springs, C. (2009). *Bias Adjustment of Satellite Precipitation Estimation Using Ground-Based Measurement : A Case Study Evaluation over the Southwestern United States*. 1231–1242. <https://doi.org/10.1175/2009JHM1099.1>
- [2] Systems, R. S., Rosa, S., Corporation, T. A., Angeles, L., Systems, S., County, B., & City, S. L. (2000). *The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after Two Years in Orbit*. 1965–1982.
- [3] Tapiador, F. J., Turk, F. J., Petersen, W., Hou, A. Y., García-ortega, E., Machado, L. A. T., Angelis, C. F., Salio, P., Kidd, C., Huffman, G. J., & Castro, M. De. (2012). Global precipitation measurement : Methods , datasets and applications. *Atmospheric Research*, 104–105, 70–97. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.10.021>
- [4] MathWorks. (2018). *Matlab (Versión 9.10.0.1710957)*. Recuperado el 3 de agosto de 2018 de <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
- [5] Wilks, D. S. (2011). *Statistical methods in the atmospheric sciences* (Third edit).
- [6] NASA. (2023). *NASA - National Aeronautics and Space Administration- EarthData Giovanni*. Recuperado de <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service>