

Comparación de cuatro bases de datos de lluvia en malla durante el temporal 2023 para el centro occidente de México

Miguel Angel González-González¹, Nayeli Flores-Escobedo² y Josué Erik Apolinar-Alvarado²

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.P. 20670, Carr. Ags. – Zac. km 32.5, Pabellón de Arteaga, Ags., México, gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx

² Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán, C.P. 99900, Carr. a los Sandovalos km. 2.8, Nochistlán, Zac, México
nayeli.flores@itsn.edu.mx , josue.apolinar@itsn.edu.mx

Resumen

El problema de obtener datos de lluvia más exactos se ha convertido en una prioridad en los sistemas agroecológicos debido al efecto del cambio climático que se ha venido experimentado en las últimas décadas, por ejemplo, sequías e inundaciones devastadoras. En este estudio, se realizó la comparación de cuatro bases de datos pluviométricos en un Sistema de Información Geográfica (SIG) en 10 localidades en el centro occidente de México, con el objetivo de seleccionar la más adecuada, o la que ofrece datos más acercados a la realidad. Las cuatro bases de datos analizadas: SMN-CONAGUA, CHIRPS2.0, CPC-NOAA y ERA5 Land, son algunos modelos de bases de datos más utilizados y de acceso gratuito. Los resultados revelaron que la base de datos pluviométricos más precisa para la región centro-occidental de México fue la proporcionada por el SMN-CONAGUA. Al comparar las diferencias absolutas con otras bases de datos propuestas, se evidenció que esta base de datos presentaba el menor margen de variación. Por lo tanto, concluimos que es la menos sujeta a incertidumbre en la región. Finalmente, con este método propuesto será factible estimar datos de precipitación más confiables no solo en las localidades del centro occidente de México, sino también en otras localidades a nivel mundial donde carezcan de estaciones climáticas, lo que contribuirá a una planificación más eficaz de los recursos agroambientales.

Palabras clave—certidumbre de precipitación en malla, localidades del centro occidente México, Sistemas de Información Geográfica.

Abstract

The problem of obtaining more accurate rainfall data has become a priority in agroecological systems due to the effect of climate change that has been experienced in recent decades, for example, devastating droughts and floods. In this study, a comparison of four rainfall databases was carried out in a Geographic Information System (GIS) in 10 locations in the central west of Mexico, with the objective of selecting the most appropriate one, or the one that offers data closest to reality. The four databases analyzed: SMN-CONAGUA, CHIRPS2.0, CPC-NOAA, and ERA5 Land, are some of the most used and free access database models. The results revealed that the most accurate rainfall database for the central-western region of Mexico was that provided by the SMN-CONAGUA. When comparing the absolute differences with other proposed databases, it is evident that this database had the smallest variation. Therefore, we conclude that it is the least subject to uncertainty in the region. Finally, with this proposed method it will be feasible to estimate more reliable precipitation data not only in the localities of central western Mexico but also in other localities worldwide where there is no weather stations, which will contribute to more effective planning of the agro-environmental resources.

Keywords—certainty of gridded precipitation, localities in central western Mexico, Geographic Information Systems.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es la modificación de las condiciones promedio del clima por consecuencias naturales y del ser humano, por lo que trae consigo consecuencias tanto para el ambiente físico como para la vida de los seres vivos [1]. Dado que los recursos agroambientales están totalmente relacionados con el clima, cualquier variación, en especial la lluvia, repercute ampliamente en tales sectores, es por esto que es crucial conocer la información de precipitación.

A pesar de los avances en el campo de la información climática en los últimos años, la mayoría de estas fuentes se centran en una perspectiva global [2], lo que impide reflejar con precisión las variaciones climáticas a nivel local [3], en especial la cantidad de lluvia. Especialmente aquellas situadas en áreas marginadas donde difícilmente se tienen registros de lluvia [4], por lo que es crucial conocer la precisión de su cantidad en un punto determinado.

Debido a lo anterior, no se tiene conocimiento exacto sobre cuales bases de datos de precipitación son las más precisas, por lo que se ha considerado que estas bases de datos se convierten también en una fuente de incertidumbre [5].

Para comprobar los efectos de la resolución espacial y la variabilidad temporal de la información pluviométrica de las bases de datos, se analizaron fuentes nacionales: Comisión Nacional del Agua Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA) [6] y globales: CHIRPS2.0 (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data) [7], CPC-NOAA (Administración Nacional del Océano y la Atmósfera, por sus siglas en inglés) [8], y ERA5 Land-ECMWF (Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio, por sus siglas en inglés) [9]. Tales centros u organismos en el ámbito de servicios e investigación climática generan/desarrollan bases de datos de dos tipos: a) Observaciones con registros de estaciones meteorológicas/climáticas y b) datos modelados en cuadrículas o mallas de información (píxeles). A su vez, los datos en malla pueden ser divididos en cuatro categorías: a) datos interpolados

de estaciones meteorológicas, b) estimaciones satelitales, c) combinación de estimaciones satelitales con estaciones meteorológicas y d) reanálisis (modelos climáticos en los cuales se incluyen observaciones mediante técnicas de asimilación de datos).

Sin embargo, son nulos los estudios para evaluar la concordancia de diferentes fuentes de datos pluviométricos para las diferentes regiones de México, en especial en la región centro occidente del país. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la variabilidad espacial de la cantidad de lluvia durante el temporal 2023 de cuatro bases de datos climáticos nacionales y globales, utilizando como muestra 10 localidades en dicha región de interés, a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG), y seleccionar aquellas con mejor precisión. Su identificación coadyubará de forma directa e indirecta a los estudios y planificación agroecológica de la región centro occidente de México.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se eligieron 10 localidades de interés para realizar la comparación de las diferentes bases de datos de lluvia mes a mes durante el temporal 2023 en el altiplano centro occidente de México, en específico, en parcelas e instituciones-dependencias en los estados de Jalisco, suroeste de Zacatecas y Aguascalientes, las cuales se muestran en la Fig.1 y la Tabla I.

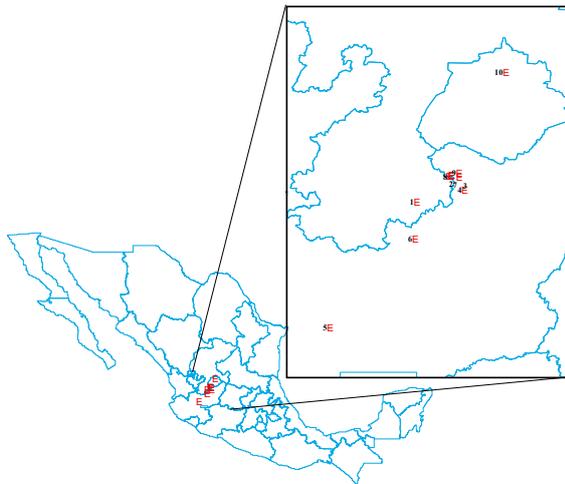


Fig. 1. Ubicación geográfica de las 10 localidades en el centro occidente de México donde se compararon las bases de datos de lluvia durante el temporal 2023 (junio-septiembre).

Para comparar las bases de datos y elegir la(s) más precisa(s) se utilizó el Sistema de Información Geográfica QGIS (<http://www.qgis.org>). Se descargaron los datos mensuales de precipitación acumulada en malla de CHIRPS2.0, CPC-NOAA y ERA5 Land durante el temporal 2023 (junio - septiembre). Los datos del SMN-CONAGUA al ser puntos de estaciones se creó la malla de datos con la herramienta “IDW” con los parámetros preestablecidos por dicha herramienta. La precipitación mensual en cada uno de las localidades de interés y para cada una de las mallas de bases de datos fueron muestreados con la herramienta “Muestra de valores ráster” en una tabla de datos de precipitación.

TABLA I

LOCALIDADES EN EL CENTRO OCCIDENTE DE MÉXICO PARA EVALUAR LAS MALLAS DE DATOS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL

Id	Latitud (Y)	Longitud (X)	Localidad	Estado
1	21.37109	-102.8692	ITSN	Zacatecas
2	21.546901	-102.6465	Rancho Abuelito	Jalisco
3	21.534268	-102.5956	Rancho Abuelita	Jalisco
4	21.450632	-102.5577	SADER Teocaltiche	Jalisco
5	20.54683	-103.4364	CRESIAP	Jalisco
6	21.128061	-102.8797	Instituto Chile Yahualica	Jalisco
7	21.540293	-102.6602	Rancho Tíos	Jalisco
8	21.540401	-102.6499	Rancho Papá	Jalisco
9	21.560896	-102.594	San Isidro	Jalisco
10	22.22554	-102.2873	INIFAP Aguascalientes	Aguascalientes

Posteriormente, a partir de la tabla de precipitación, los valores extraídos de cada una de las localidades y para cada una base las bases de datos fueron comparados en pares, es decir, se calcularon sus diferencias de la siguiente forma:

- a) SMN-CONAGUA y CHIRPS2.0
- b) SMN-CONAGUA y CPC-NOAA
- c) SMN-CONAGUA y ERA5 Land
- d) CHIRPS2.0 y CPC-NOAA
- e) CHIRPS2.0 y ERA5 Land
- f) CPC-NOAA y ERA5 Land

Para obtener las diferencias, se creó una nueva tabla de datos y se calcularon las diferencias absolutas mediante la ecuación 1:

$$(1) ABS_{ik} = |BD1_{ik} - BD2_{ik}|$$

Donde ABS_{ik} es la diferencia absoluta en mm en el mes i en la localidad k , mientras que $BD1$ y $BD2$ son los valores del par de bases de datos extraídos.

En cada una de las localidades de interés, se calcularon las diferencias absolutas para cada mes y para cada par de bases de datos a prueba (combinaciones de bases de datos a, b, c, d, e, y f). Para detectar el par de bases de datos más parecidas a nivel mensual, se realizó una sumatoria de las diferencias absolutas de todas las localidades en cada par de bases de datos ($\sum ABS_{ik}$), y aquel par con el menor valor fue seleccionado como el más preciso en el mes de prueba.

Al obtener las dos bases de datos más precisas en cada mes, se realizó un promedio aritmético de ambas con el álgebra de mapas en QGIS mediante la herramienta “Calculadora Ráster”, y se extrajo una nueva tabla de datos de precipitación para cada mes de las localidades en el occidente de México, la cual finalmente fue considerada como nuestra tabla con los datos mensuales más cercanos a la realidad.

III. RESULTADOS

Para simplificar los nombres en el análisis de comparación por pares de las bases de datos de lluvia a escala mensual, cada una de las cuatro bases de datos fue representada como modelos o mallas de datos:

- Malla 1.- SMN-CONAGUA (M1)
- Malla 2.- CHIRPS2.0 (M2)
- Malla 3.- CPC-NOAA (M3)
- Malla 4.- ERA5 Land (M4)

A. Junio

Generalmente en este mes es el inicio normal del temporal de lluvias, sin embargo, las cantidades totales en mm no fueron tan significativas como en los subsiguientes meses, debido a las anormalmente bajas precipitaciones registradas en junio 2023 [2].

En la Fig. 2 se observa que para junio 2023 la menor $\sum_{BD12} ABS_k$ (sumatoria de las diferencias absolutas de las 10 localidades) es con el M1(SMN-CONAGUA) y el M4 (ERA5 Land), es decir, 70.3 mm.

Por lo que, el promedio del par de bases de datos más preciso (M1 y M4) muestra que en las localidades los valores fueron entre los 12 mm y 32 mm para la región. La cual indica la escasa precipitación fue de forma espacial uniforme en el mes de simulación sobre la región (TABLA II).

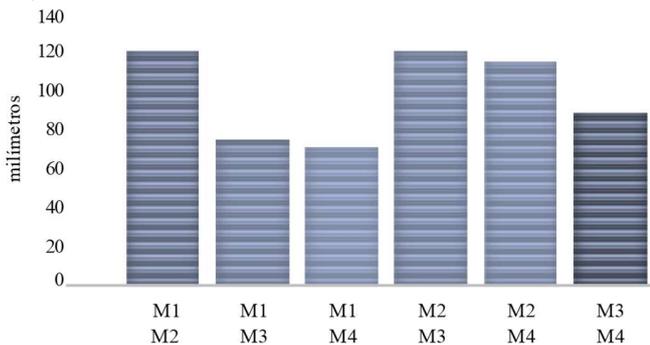


Fig. 2. Comparación de la sumatoria de las diferencias absolutas en milímetros (mm) de los seis pares de mallas de datos de precipitación para junio 2023.

B. Julio

Se observa que las $\sum_{BD12} ABS_k$ aumentaron considerablemente en comparación con el mes anterior, debido a que en este mes es el de mayor lluvia, en términos climatológicos [10]. En la Fig. 3 se observa que la menor $\sum_{BD12} ABS_k$ es la del SMN-CONAGUA (M1) y CPC-NOAA (M3) con 183.9 mm.

En la TABLA II se muestra el promedio del par de bases de datos más preciso (M1 y M3) para las localidades, los cuales fluctuaron entre 46 mm y 184 mm (INIFAP, Aguascalientes, y CRESIAP, Jalisco, respectivamente). Durante este mes se detectó una amplia variación espacial en la cantidad de lluvia en la región.

C. Agosto

En la Fig. 4 Se observa que la menor diferencia de las $\sum_{BD12} ABS_k$ fue del CHIRPS2.0 (M2) y CPC-NOAA (M3) con 183.1 mm (Fig. 4).

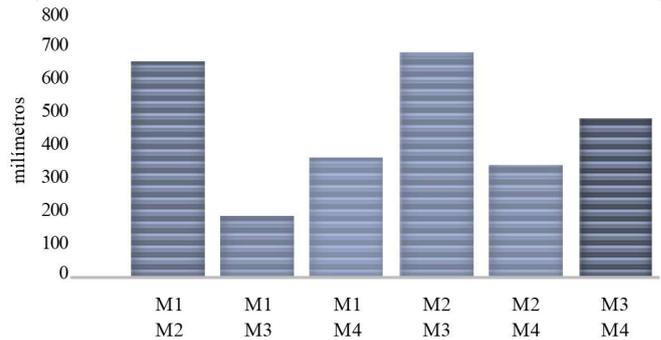


Fig. 3. Comparación de la sumatoria de las diferencias absolutas en milímetros (mm) de los seis pares de mallas de datos de precipitación para julio 2023.

Al identificar la base de datos de lluvia con la menor diferencia, se promedió el par de los valores para obtener los datos simulados del mes para cada una de las localidades (TABLA II). El rango de lluvia osciló entre 64 mm, en INIFAP, Aguascalientes, y 191.2 mm, en CRESIAP, Jalisco.

Similar al mes anterior, existe una amplia variabilidad espacial de la lluvia, la cual se explica con el mecanismo dinámico atmosférico de anomalías positivas de lluvia cerca de la costa del Pacífico y las sequías o bajas precipitaciones en el interior del país [11].

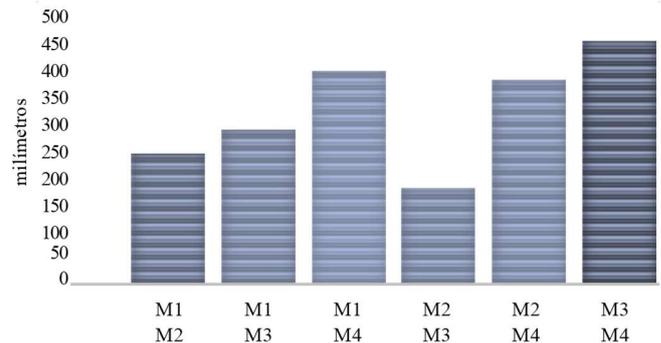


Fig. 4. Comparación de la sumatoria de las diferencias absolutas en milímetros (mm) de los seis pares de mallas de datos de precipitación para agosto 2023.

D. Septiembre

En la Fig. 5 se observa que la menor $\sum_{BD12} ABS_k$ fue de 113.1 mm del SMN-CONAGUA-SMN (M1) y CHIRPS2.0 (M2).

El promedio del par de la base de datos de lluvia con la menor diferencia, muestra que los valores simulados son escasos entre 13 mm y 113 mm para el último mes del temporal 2023 (TABLA II), el cual es característico de un año con un fenómeno de El Niño persistente durante un temporal julio-septiembre [12].

Considerando los resultados alcanzados, se puede demostrar que la base de datos del SMN-CONAGUA es la de mayor concordancia, coincidiendo en tres meses (junio, julio y septiembre). Le siguieron en coincidencia las bases de datos de CPC-NOAA y CHIRPS2.0, que coincidieron dos meses cada una (junio y julio, y agosto y septiembre, respectivamente). Por

último, la base de datos de ERA5 fue la que mostró la menor coincidencia en solo un mes (junio).

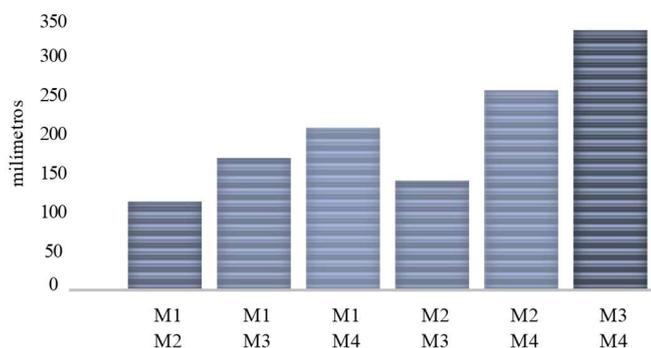


Fig. 4. Comparación de la sumatoria de las diferencias absolutas en milímetros (mm) de los seis pares de mallas de datos de precipitación para septiembre 2023.

TABLA II
PRECIPITACIÓN MENSUAL SIMULADA EN MILÍMETROS (mm) PARA CADA LOCALIDAD DE JUNIO A SEPTIEMBRE 2023, CON EL PAR DE BASE DE DATOS MÁS PRECISO

Id	junio	julio	agosto	septiembre
1	28.4	124.7	172	59.1
2	17.3	99.5	118.3	46.4
3	17.3	99.5	117.9	44.3
4	18.5	118.3	148.3	58.6
5	32.3	184.2	191.2	113.1
6	30	132.2	185.2	71.5
7	24.3	99.5	121.9	49.1
8	17.3	99.5	118.3	46.4
9	17.3	99.5	116.4	43.1
10	11.8	45.8	63.8	12.6

IV. CONCLUSIÓN

Como se observó en cada una de las cuatro bases de datos, las estimaciones espaciales de lluvia en el centro de occidente de México varían ampliamente, por lo que es muy difícil seleccionar la óptima sin tener algún criterio. Sin embargo, en nuestro estudio, a través de un SIG, se compararon y cuantificaron en pares las bases de datos en 10 localidades como muestra, y así encontramos la base de datos que más coincidía estadísticamente (menor valor de la sumatoria de la desviación absoluta), y, por lo tanto, asumimos como la más concordante/precisa o cercana a la realidad.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se puede determinar que la base de datos que más coincidió son los datos del SMN-CONAGUA (en tres ocasiones), seguido de esta coincidieron las bases de datos de CPC-NOAA y CHIRPS2.0 (en dos ocasiones), y por último la que coincidió solamente una ocasión fue la base de datos de ERA5 Land.

Dicho lo anterior podemos concluir que, aunque hicimos de manera simple nuestra propia malla de datos del SMN-CONAGUA, resultó ser más precisa para el centro occidente del país, el cual fue la región objeto de nuestro estudio.

Aun así, no podemos concluir completamente que los datos de las otras bases de datos sean erróneos, ya que las cuatro son

muy utilizados para realizar diferentes estudios a nivel mundial. Es decir, este tipo de análisis puede reducir la incertidumbre en otra región o zona de interés en México, por lo cual podríamos tener como resultado bases de datos distintas a la del SMN-CONAGUA.

En futuros análisis se recomienda re-muestrear las bases de datos dentro del mismo SIG con la misma resolución para cada una de las bases de datos analizadas y reafirmar si la base de datos del SMN-CONAGUA es la más recomendable para la región.

Del mismo modo, se debe de tener en consideración los tiempos de acceso a la información de lluvia mensual, por ejemplo, no es posible obtener los datos al día siguiente de terminar el mes, ya que cada uno de los generadores de las bases de datos requieren de tiempo para su procesamiento y análisis de calidad (por lo general de tres días a una semana después del término del mes), en especial, los datos de CHIRPS2.0 que se obtienen hasta en dos o tres semanas después de haber concluido el mes.

El método propuesto en este estudio permite obtener datos pluviométricos más exactos tanto en localidades de México como a escala global. Estos datos seleccionados serían fundamentales para su aplicación en los sectores agroambientales del país, proporcionando información más fiable para la toma de decisiones.

REFERENCIAS

- [1] Gülsoy, S., Negiz, M. G., Özdemir, S., Yalçınkaya, B. & Ulusan, M. D. (2022). Impacts of Climate Change on Living Organisms. A. Beram & M. D. Ulusan (Eds.), Forest and Agricultural Studies from Different Perspectives (p. 73-112). Lithuania: SRA Academic Publishing.
- [2] Livneh, B., Bohn, T.J., Pierce, D.S., Munoz-Ariola, F., Nijssen, B., Cayan, D., Vose, R., & Brekki, L.D. (2015) Development of a spatially comprehensive, daily hydrometeorological data set for Mexico, the conterminous U.S., and southern Canada: 1950-2013, Nature Scientific Data, 2, 150042. doi:10.1038/sdata.2015.42.
- [3] Harris, I., P. D. Jones, T. J. Osborn & D. H. Lister (2014) Updated high-resolution grids of monthly climatic observations—the CRU TS3.10 Dataset. International Journal of Climatology 34(3):623-642. Doi: 10.1002/joc.3711.
- [4] Rincón-Avalos, P., Khouakhi, A., Mendoza-Cano, O., Cruz, J. L. D. L., & Paredes-Bonilla, K. M. (2022). Evaluation of satellite precipitation products over Mexico using Google Earth Engine. Journal of Hydroinformatics, 24(4), 711-729.
- [5] Thornton, P. E., Shrestha, R., Thornton, M., Kao, S. C., Wei, Y., & Wilson, B. E. (2021). Gridded daily weather data for North America with comprehensive uncertainty quantification. Scientific Data, 8(1), 190.
- [6] Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua (SMN-CONAGUA), Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia, junio 2023 (20 enero 2024). Consultado en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- [7] Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., et al. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes Sci Data 2, 150066 (2015) <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>.
- [8] Hersbach H., Bell B., Berrisford P., et al. (2020). The ERA5 global reanalysis Q J R Meteorol Soc 2020; 146: 1999–2049 <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- [9] NOAA Center of Weather and Climate Prediction, National Weather Service, United States of America, Enero 2024 consultado en: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>
- [10] Arredondo, T., Delgado-Balbuena, J., Kimball, B., Luna-Luna, M., Yépez-González, E., Huber-Sannwald, E., ... & Garatuzza-Payan, J. (2020). Late sowing date as an adaptive strategy for rainfed bean production under

warming and reduced precipitation in the Mexican Altiplano? Field crops research, 255, 107903.

- [11] Castillo, L. B., Camarena, J. P. V., Molina, L. M. F., & Martínez, L. F. P. (2018). El balanceo de las lluvias, mecanismo oscilatorio natural que explica las sequías en el altiplano mexicano y las lluvias abundantes en la costa de Nayarit? Riesgo de desastres en México: eventos hidrometeorológicos y climáticos.
- [12] Vega-Camarena, J. P., Brito-Castillo, L., Pineda-Martínez, L. F., & Farfán, L. M. (2023). ENSO impact on summer precipitation and moisture fluxes over the Mexican Altiplano. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(5), 1083.