

# ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN Y LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN EL OBSERVATORIO ARGENTINO-ALEMÁN DE GEODESIA

Jonatan Pendiuk<sup>1,2</sup>, Luis Guarracino<sup>1,2</sup>, María Florencia Degano<sup>2,3</sup>, Raúl Rivas<sup>2,4</sup>  
jpendiuk@fcaglp.unlp.edu.ar Autor correspondiente.

1. Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP).
2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
3. Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo Jorge Usunoff" (IHLLA)
4. Comisión de investigaciones Científicas (CIC)

**Palabras clave:** Precipitación satelital, Evapotranspiración, Balance Hidrológico.

## 1) INTRODUCCIÓN

Las precipitaciones ( $P$ ) y la evapotranspiración ( $ET$ ) constituyen las variables hidroclimáticas más relevantes en la provincia de Buenos Aires, ya que son los principales mecanismos de entrada y salida de agua en los sistemas hidrológicos de llanura. Una cuantificación precisa de estos procesos resulta fundamental para comprender los eventos de inundaciones y sequías que afectan a la región.

El Observatorio Argentino-Alemán de Geodesia (AGGO; -34,873611, -58,139778) cuenta con instrumental geodésico avanzado que puede ser utilizado para la cuantificación de la  $ET$ . En diciembre de 2015, se instaló un gravímetro superconductor (SG038) que permite monitorear de manera indirecta las variaciones de las reservas de agua de manera integral dentro de un radio de 1000 m. Además, AGGO cuenta con 3 estaciones pluviométricas y sensores de humedad del suelo distribuidos a diferentes profundidades. Desafortunadamente, los pluviómetros se encuentran cercanos a edificaciones y son frecuentemente obstruidos por hojas de una plantación de eucaliptos lindera. Debido a ello, los datos de precipitación muestran ciertas inconsistencias que limitan significativamente su utilización en la ecuación de balance dando lugar a estimaciones no realistas de la  $ET$ .

Para abordar esta limitación, se evaluaron dos productos satelitales de precipitación: CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*; Funk et al., 2015) y GSMaP V8 (*Global Satellite Mapping of Precipitation*; Kubota et al., 2020). Estos productos fueron validados con registros de una estación meteorológica instalada en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (FCAG) situada a una distancia aproximada de 19 km de AGGO. Los datos de precipitación satelital están disponibles en la plataforma *Google Earth Engine* y permiten realizar una caracterización espacio-temporal de la precipitación. CHIRPS provee datos de precipitación diaria a una escala de 30 km<sup>2</sup>, mientras que GSMaP ofrece datos horarios con una resolución espacial de 124 km<sup>2</sup>. Esta comparación permite evaluar la eficacia de ambos productos satelitales para reproducir las precipitaciones locales en la FCAG, y a su vez, evaluar la confiabilidad de los datos medidos en AGGO.

Para estimar la  $ET$  a escala mensual se utiliza la siguiente expresión simplificada de la ecuación de balance hidrológico para ambientes de llanura (Pendiuk et al. 2023):

$$ET = 0,95P - C\Delta g \quad (1)$$

donde  $\Delta g$  son los residuos de gravedad obtenidos del gravímetro SG038;  $C$  es un factor de conversión específico para el sitio de estudio que relaciona variaciones de gravedad con cambios en el almacenamiento de agua, cuyo valor es  $2,57 \text{ mm/nm/s}^2$ ; y el término  $0,95P$  considera que una pequeña parte de  $P$  se pierde por escorrentía en el sitio de estudio (alrededor del 5%). La metodología propuesta combina productos satelitales de  $P$  con datos de un gravímetro superconductor constituyendo una herramienta novedosa para la estimación de la  $ET$ .

## 2) METODOLOGÍA Y RESULTADOS

La comparación entre los productos CHIRPS y GSMaP con los datos pluviométricos de la FCAG a una escala mensual se realizó para los periodos 1981–2023 y 1998–2023, respectivamente. La Figura 1 muestra el diagrama de dispersión de los datos cuyas métricas estadísticas se listan en la Tabla 1. El análisis comparativo integral muestra que GSMaP presenta errores menores y una correlación mayor a los estimados con CHIRPS. Por lo tanto, se sugiere el uso de GSMaP complementado con correcciones locales para aplicaciones hidrometeorológicas en la zona de estudio.

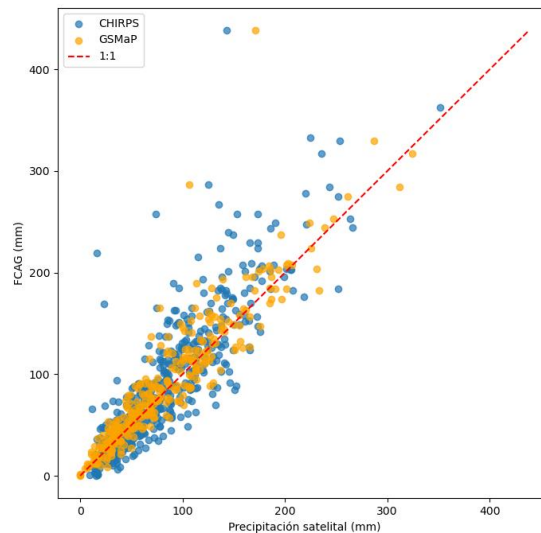


Figura 1: diagrama de dispersión entre las precipitaciones observadas en FCAG y los productos satelitales CHIRPS y GSMaP.

| Producto | N   | r    | RMSE (mm/mes) | MAE (mm/mes) | Sesgo (mm/mes) |
|----------|-----|------|---------------|--------------|----------------|
| CHIRPS   | 504 | 0,84 | 35,1          | 22,7         | -8,2           |
| GSMaP    | 300 | 0,92 | 26,6          | 15,2         | -7,0           |

Tabla 1: resultados de las métricas estadísticas.  $r$ : coeficiente de correlación de Pearson; RMSE: raíz del error medio cuadrático; MAE: error medio absoluto; N: número de datos utilizados en el análisis.

Para analizar la confiabilidad de los datos de precipitación medidos en AGGO se utilizó el producto GSMaP para el período 2017-2023. Las métricas estadísticas obtenidas en este caso

fueron  $RMSE = 62$  mm/mes,  $MAE = 44,3$  mm/mes, sesgo =  $-32,4$  mm/mes y  $r = 0,84$ . Como puede observarse, los registros pluviométricos de AGGO muestran un desempeño limitado al representar el ingreso de agua al sistema, el cual no está en concordancia con los datos observados de nivel freático, gravedad y humedad del suelo.

Valorada la inconsistencia de  $P$ , se estima la  $ET$  mensual mediante la ecuación (1) utilizando datos del gravímetro SG038 junto con los datos de GSMaP y los registros de los pluviómetros de AGGO (Fig. 2). Este análisis permite evaluar el impacto de las diferentes fuentes de datos en la estimación de la  $ET$ . Los datos de  $P$  local de AGGO tienden a sobreestimar la  $ET$  generando salidas de aguas del sistema que superan la precipitación. Además, se observan picos inconsistentes en la  $ET$  que no se corresponden con los valores observados de humedad del suelo. En contraste, los datos de GSMaP proporcionan estimaciones más confiables de  $ET$  y representan una alternativa viable para su estimación a escala mensual.

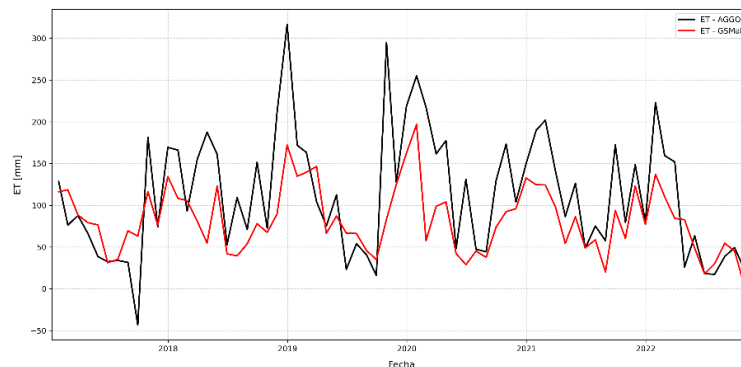


Figura 2: Estimación de la  $ET$  utilizando datos de precipitación de GSMaP ( $ET - GSMaP$ ) y registrados en AGGO ( $ET - AGGO$ ).

### 3) CONCLUSIONES

Este trabajo contribuye al entendimiento de los procesos hidroclimáticos en la región de AGGO mediante la integración de observaciones satelitales y datos gravimétricos, con aplicaciones directas para la evaluación de las reservas de agua y la respuesta del sistema hidrológico ante la variabilidad climática. El análisis estadístico realizado demuestra que GSMaP tiene un mejor desempeño que CHIRPS en la zona de estudio, reproduciendo con mayor precisión la dinámica general de las precipitaciones a escala mensual. Además, se muestra que los datos de  $P$  satelital minimizan los efectos de la falta de limpieza y mala ubicación de los pluviógrafos de AGGO siendo de gran valor para la estimación precisa de la  $ET$ .

### REFERENCIAS

Funk, C., et al., 2015: The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Sci Data* 2, 150066.

Kubota, T., et al., 2020: Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) Products in the GPM Era. In: Levizzani, V., Kidd, C., Kirschbaum, D.B., Kummerow, C.D., Nakamura, K., Turk, F.J. (eds) *Satellite Precipitation Measurement. Advances in Global Change Research*, vol 67. Springer, Cham.

Pendiuk, J., et al., 2023: Superconducting Gravimeters: A Novel Tool for Validating Remote Sensing Evapotranspiration Products. *Hydrology*, 146.