



VALIDACIÓN DE PRECIPITACIÓN ESTIMADA POR CHIRPS EN UNA REGIÓN SEMIÁRIDA DE ARGENTINA

Yamila Lambrecht¹

Anabella Montico¹

Natasha Picone^{1,2}

(Manuscrito recibido el 21 de diciembre de 2023, en versión final 21 de mayo de 2024)

Para citar este documento

Lambrecht, Y., Montico, A. & Picone, N. (2024). Validación de precipitación estimada por CHIRPS en una región semiárida de Argentina. *Boletín geográfico*, 46, <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s2313903x/ykja7shwa>.

Resumen

Los datos grillados de precipitación son una herramienta valiosa en contextos de escasez de datos observacionales. Para su uso es fundamental la validación a través de análisis estadísticos. El objetivo del trabajo es validar la base de datos CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data, por sus siglas en inglés) para el suroeste de la provincia de Buenos Aires a lo largo del período 1990-2020. Este conjunto de datos posee una adecuada cobertura espacio-temporal para estudiar la variabilidad de las precipitaciones dado que presenta cobertura diaria y continua desde 1980 hasta la actualidad con una resolución de 0,05° entre los 50°S y 50°N. Para la validación, se aplicaron el coeficiente de correlación de Pearson (r -Pearson), el error absoluto medio (mae), el error cuadrático medio (rmse) y el sesgo porcentual (pbias), en entorno R utilizando el paquete hydroGOF. CHIRPS presentó correlaciones de entre 0,68 y 0,84 respecto a los datos observados, tanto a escala mensual como anual. Asimismo, se observó una tendencia a sobreestimar las precipitaciones entre 2 y 4% a escala mensual, excepto en el sector noroeste, donde

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS), 12 de octubre 1098, 4° piso, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. E-mail: yamila.lambrecht@uns.edu.ar anabella.montico@uns.edu.ar

² Centro de Investigaciones Geográficas, Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CIG/IGEHCs, FCH, UNCPBA/CONICET).

se subestimaron entre 4 y 11%. A escala anual la sobreestimación se situó entre 3 y 4% mientras que la subestimación presentó las mismas características que a escala mensual. El análisis de mae y rmse evidenció mayores errores en las estaciones próximas al cordón serrano en ambas escalas temporales. Se concluye que CHIRPS es aplicable para estudios de variabilidad de las precipitaciones en la región analizada, principalmente a escala anual, donde la falta de datos se presenta como un problema recurrente, teniendo en cuenta los errores espaciales detectados y las menores diferencias en las correlaciones entre estaciones de anclaje y fuentes independientes para estudios climáticos a esta escala.

Palabras clave: CHIRPS, datos grillados, validación, precipitaciones, suroeste de la provincia de Buenos Aires.

VALIDATION OF CHIRPS ESTIMATED PRECIPITATION IN A SEMI-ARID REGION OF ARGENTINA

Abstract

Gridded data of precipitation are a valuable tool in scarce-observational data contexts. Validation through statistical analysis is essential for its use. This work aims to validate the Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS) database for the southwest of Buenos Aires province over the period 1990-2020. This dataset has adequate spatio-temporal coverage to study rainfall variability since it presents daily and continuous coverage from 1980 to the present with a resolution of 0.05° between 50°S and 50°N. For validation purposes, Pearson's correlation coefficient (r-Pearson), mean absolute error (mae), root mean squared error (rmse) and percent bias (pbias) were applied in the R environment using the hydroGOF package. CHIRPS shows a correlation between 0.68 and 0.84 for observed data on both monthly and annual scales. It also tends to overestimate rainfall between 2 and 4% on a monthly scale, except in the northwestern sector, where it was underestimated between 4 and 11%. At the annual scale, overestimation was between 3 and 4%, while underestimation presented the same characteristics as at the monthly scale. The analysis of mae and rmse showed greater errors in the stations near the mountain range at both time scales. It is concluded that CHIRPS is applicable for rainfall variability studies in the analyzed region, where the lack of data is a recurrent problem, considering the spatial errors detected.

Keywords: CHIRPS, gridded data, validation, precipitation, southwest of Buenos Aires province.

Introducción

La precipitación es una variable atmosférica de gran relevancia en la gestión de los recursos hídricos tanto por la disponibilidad de agua como así también por los peligros asociados a eventos de larga duración y/o intensidad. El estudio de la precipitación puede abordarse desde diferentes aristas, entre ellos los forzantes que influyen en la variabilidad espacio-temporal, los cambios y tendencias y el potencial erosivo. Por ejemplo existen trabajos acerca de las anomalías de temperatura de la superficie del mar (TSM) en el Pacífico Ecuatorial e Índico Occidental (asociadas a la teleconexión El Niño-Oscilación del Sur (ENSO)) que inducen anomalías en la circulación y así favorecen el desarrollo de precipitaciones intensas en el sureste de Sudamérica (SESA) (Robledo, Penalba & Bettoli, 2013; Olmo, 2023).. Por otra parte, los índices de precipitación permiten estudiar fenómenos climáticos extremos y monitorear el cambio climático. Particularmente, se han documentado numerosos trabajos donde se aplican índices elaborados por el Equipo de Expertos en Detección e Índices del Cambio Climático (ETCCDI) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) (Serrano-Notivoli, Beguería, Saz & De Luis, 2018; Bezerra, Silva, Santos e Silva & de Carvalho, 2019). Una metodología implementada a menudo para representar la relación entre la intensidad, duración y frecuencia (o período de retorno) son las curvas IDF, para las cuales se utilizan con frecuencia productos basados en estimaciones satelitales (Ombadi, Nguyen, Sorooshian & Hsu, 2018; Mianabadi, 2023). En muchos casos, la precipitación se estudia con el objetivo de abordar el problema de la erosión hídrica. Para ello se aplican diversos índices, entre los que se destacan el índice de Fourier (Fourier, 1960), el índice de concentración (Martín-Vide, 2004) y el factor R (Wischmeier, 1959), entre otros.

La ocurrencia de precipitaciones intensas ocasiona con frecuencia impactos negativos en áreas urbanas y rurales. La escasa disponibilidad de datos de calidad limita la comprensión de la ocurrencia de eventos extremos y sus impactos asociados (Salih *et al.*, 2023). Entre los impactos de las precipitaciones se destacan los anegamientos e inundaciones por colapsos en el sistema de drenaje urbano y desbordamiento de ríos, erosión hídrica, deslizamiento de laderas, entre otros (Ávila-Parra & Martín-Vide, 2013). En las regiones semiáridas, las precipitaciones intensas ocurren con frecuencia y generalmente las mismas no cuentan con herramientas para enfrentarlas (Marianetti & Rivera, 2021). Por ello, conocer su comportamiento es necesario para proponer e implementar políticas de gestión y acciones de adaptación que minimicen los impactos adversos que éstas ocasionan (Lovino, 2015).

Una de las cuestiones que emergen con frecuencia en el estudio de la precipitación es la disponibilidad de datos actualizados y confiables. La incertidumbre observacional producto de la escasez de datos es notoria en gran parte de Sudamérica debido al elevado costo de mantener una red densa activa de estaciones meteorológicas (Olmo, 2023). La obtención de datos confiables de precipitación es vital para la planificación y gestión de los recursos hídricos (de Moraes Cordeiro & Blanco, 2021). Frente a este contexto, las estimaciones a través de satélites constituyen una valiosa herramienta complementaria a las observaciones para aplicaciones hidrológicas y climáticas vinculadas a la gestión del recurso hídrico, dada su alta resolución temporal y cobertura cuasi-global (Hobouchian, Salio, Skabar, Vila

& Garreaud, 2017; Saucedo, Kurtz & Contreras, 2023). Argentina posee una baja cantidad de estaciones meteorológicas y su distribución espacial es heterogénea ya que la mayoría se concentra en el centro del país, dejando a las regiones del norte y sur con muy poca cobertura de observaciones (Lúgaro, 2022). En el área de estudio, emplazada en el suroeste bonaerense, la situación es similar dado que cuenta con sólo cuatro estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (Bahía Blanca Aero, Pigüé Aero, Coronel Suárez Aero y Coronel Pringles Aero) y con dos estaciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (Hilario Ascasubi y Bordenave). En este contexto, Casado y Picone (2018) evaluaron el potencial de las series grilladas del Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) para la provincia de Buenos Aires a escala mensual y anual (1911-2000). Como resultado, obtuvieron una variabilidad de ajuste entre 60 y 99%. Del análisis de la variabilidad de la precipitación a escala anual, decádica y climática las autoras concluyen que la base de datos describe correctamente las tendencias de distribución espacial y de variabilidad temporal.

La base de datos CHIRPS (Climate Hazards Group Infra Red Precipitation with Station Data, por sus siglas en inglés) fue desarrollada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) en colaboración con el Grupo de Riesgos Climáticos de la Universidad de California en Santa Bárbara. Posee datos de precipitación provenientes de observaciones y estimaciones satelitales, con una cobertura casi global desde el año 1981 hasta el presente con una resolución de $0,05^\circ$ entre los 50°S y 50°N (Funk *et al.*, 2015). Sin embargo, para su aplicación práctica es necesario validar su rendimiento (Arregocés, Rojano & Pérez, 2023). Existen diversos estudios sobre validación de estimaciones de este tipo y, particularmente, del producto CHIRPS. Este aspecto ha sido estudiado por distintos autores a nivel mundial (Alsilibe, Bene, Bilal, Alghafli & Shi, 2023; Bai, Shi, Li, Shang & Wu, 2018; Prakash, 2019). Particularmente, en Latinoamérica se destacan los trabajos realizados en Colombia (Arregocés *et al.*, 2023), Brasil (Cavalcante *et al.*, 2020), Chile (Zambrano, Wardlow, Tadesse, Lillo-Saavedra & Lagos, 2017) y la zona cordillerana de los Andes subtropicales de Argentina y Chile (Hobouchian *et al.*, 2017), entre otros. En Argentina, existen antecedentes en el uso de CHIRPS. Medina, Zossi, Bossolasco y Elias (2023) analizaron el desempeño de CHIRPS comparando las regiones NEA y NOA. Particularmente en Corrientes, Saucedo *et al.* (2023) validaron CHIRPS junto con las bases Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) y Global Precipitation Measurement (GPM) a escala anual (2000-2019). En Córdoba, Gusmerotti, Posse, Oricchio, Rivadeneira y Di Bella (2023) evaluaron el comportamiento de CHIRPS y propusieron una técnica de corrección a través de datos de estaciones meteorológicas. En los Andes Centrales, Rivera, Marianetti y Hinrichs (2018) concluyeron que CHIRPS reproduce adecuadamente la variabilidad estacional e interanual de la precipitación en el período 1987-2016 hasta los 1000 m.s.n.m., donde el desempeño se reduce notablemente. En el contexto de falta de datos y dada la disponibilidad y potencialidad de CHIRPS, el objetivo de este trabajo es validar esta base de datos para un área del suroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, en el período 1990-2020.

Área de estudio

El área de estudio constituye el límite meridional de la llanura pampeana argentina (Campo, Diez & Capelli de Steffens, 2004) y está formada por los partidos de Coronel Suárez, Saavedra, Puan, Tornquist, Coronel Pringles, Bahía Blanca y Villarino (Figura 1). Estos se seleccionaron debido a la escasa cobertura de la red de estaciones meteorológicas y la potencialidad de CHIRPS para complementar los datos derivados de estas. Se encuentra dentro de los climas templados y se caracteriza por una variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones, dando lugar a ciclos secos y húmedos (Campo *et al.*, 2004; Gil, Gentili, Campo, Jelinski, & Crisafulli, 2016; Aliaga, Ferrelli & Piccolo, 2017). En este sentido, el sistema de Ventania produce un efecto orográfico que incide en el comportamiento y los montos de precipitación (Gentili & Gil, 2013; Gil *et al.*, 2016; Volonté, 2017). Asimismo, el régimen de precipitación presenta una marcada estacionalidad con una estación lluviosa de octubre a marzo y una estación relativamente seca de mayo a septiembre (Casado & Campo, 2019).

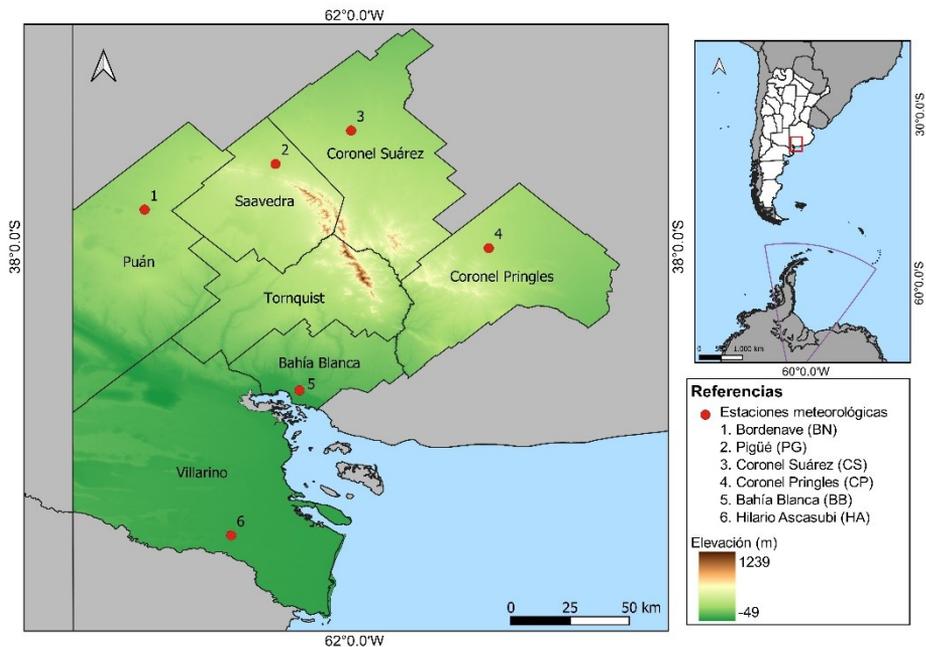


Figura 1. Área de estudio, ubicación en Argentina, elevación y ubicación las estaciones meteorológicas. Estaciones: Coronel Suárez, (CS), Coronel Pringles (CP), Pigüé (PG), Bordenave (BN), Bahía Blanca (BB) e Hilario Ascasubi (HA). Fuente: elaboración propia.

Metodología

La etapa inicial del procedimiento implementado consiste en la obtención de la serie de precipitación mensual del producto CHIRPS para el período 1990-2020, a través del sitio web ClimateHazards Center (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>). Una vez recopilada la información satelital, se compararon las estimaciones mensuales y anuales de CHIRPS con datos de las 6 estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), presentes en el área, para el período 1990 - 2020. Los datos del SMN se obtuvieron por pedido específico por medio del contacto institucional (<https://www.argentina.gob.ar/smn/institucional/contacto>) mientras que, los datos del INTA, se descargaron del Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica (<https://siga.inta.gob.ar/#/>). Las estaciones meteorológicas seleccionadas se describen en la Tabla 1, incluyendo Coronel Suárez, (CS), Coronel Pringles (CP), Pigüé (PG), Bordenave (BN), Bahía Blanca (BB) e Hilario Ascasubi (HA).

La validación de bases de datos grillados requiere del uso de fuentes independientes a las estaciones de anclaje utilizadas para su estimación (Paredes-Trejo, Barbosa & Kumar, 2017). En el área de estudio estas estaciones corresponden a las del SMN. No obstante, debido a la escasa disponibilidad de información climática que caracteriza a la región, se emplearon los datos de estas estaciones junto a los provistos por el INTA, considerada una fuente externa. Precisamente la validación de esta base de datos se justifica en la necesidad de recurrir a diversas fuentes de información que permitan suplir la ausencia de registros hidroclimáticos continuos de calidad.

IR	EM		Ubicación	Elevación (msnm)
SMN	Bahía Blanca Aero	BB	38,43°S, 62,10 °W	83
INTA	Bordenave (EMC)	BN	37,85°S, 63,02°W	209
SMN	Coronel Pringles Aero	CP	38,00°S, 61,20°W	247
SMN	Coronel Suárez Aero	CS	37,27°S, 61,53°W	233
SMN	Pigüé Aero	PG	37,36°S, 62,23°W	304
INTA	Hilario Ascasubi (EMC)	HA	39,38°S, 62,62°W	13

Tabla 1. Descripción de las estaciones meteorológicas utilizadas, institución responsable (IR), nombre y sigla de la estación, ubicación y elevación (msnm). Fuente: elaboración propia.

Para la comparación de las estimaciones de CHIRPS con los datos de las estaciones meteorológicas, se llevó a cabo un análisis de punto a píxel. Dicha metodología reduce la incertidumbre derivada de la interpolación espacial de

estaciones meteorológicas que se encuentran distribuidas de forma desigual (Xu, Zou, Zhang & Linderman, 2015; Cavalcante *et al.*, 2020). Finalmente, para validar el rendimiento de CHIRPS se aplicaron las siguientes métricas estadísticas (Tabla 2): el coeficiente de correlación de Pearson (r-Pearson), el error absoluto medio (mae), el error cuadrático medio (rmse) y el porcentaje de sesgo (pbias), en entorno R utilizando el paquete hydroGOF (Zambrano-Bigiarini, 2022).

Métrica estadística	Ecuación	VO
r-Pearson	$\frac{\sum_{i=1}^N (S_i - \underline{S})(O_i - \underline{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (S_i - \underline{S})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \underline{O})^2}}$	1,0
mae	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_i - O_i)$	0,0
rmse	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_i - O_i)^2}$	0,0
pbias	$100 \frac{\sum_{i=1}^N (S_i - O_i)}{\sum_{i=1}^N O_i}$	0,0

Tabla 2. Descripción de métricas estadísticas utilizadas para evaluar el rendimiento de CHIRPS. Coeficiente de correlación de Pearson (r-Pearson), error absoluto medio (mae), error cuadrático medio (rmse), porcentaje de sesgo (pbias). *N* es el número total de observaciones, *S* representa los datos CHIRPS y *O* los datos observados, en un período *i*. VO: valor óptimo. Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de correlación de Pearson cuantifica la relación lineal entre las estimaciones y las observaciones in situ, oscilando entre -1,0 y 1,0 (Paredes-Trejo *et al.*, 2017). Por otra parte, el error absoluto medio (mae) refleja la magnitud promedio de las estimaciones del error, adquiriendo sólo valores positivos (Paredes-Trejo *et al.*, 2017). El error cuadrático medio (rmse) determina el grado promedio de error en las estimaciones respecto a las observaciones y adquiere sólo valores positivos, que en este caso se representa en milímetros (Anjum *et al.*, 2022). Por último, el porcentaje de sesgo mide la tendencia promedio de los valores estimados, tomando valores porcentuales positivos o negativos (Paredes-Trejo *et al.*, 2017).

Resultados y Discusión

Distribución de la precipitación mensual.

La Figura 2 representa la dispersión entre la precipitación observada en las estaciones meteorológicas y la precipitación estimada por CHIRPS a escala mensual (1990-2020). La línea azul indica regresión lineal y el área sombreada indica el nivel

de confianza del 95%. En el caso de BB, PG y BN, CHIRPS muestra una sobreestimación en valores bajos (hasta 50 mm/mes) y una subestimación de la precipitación en valores superiores. En HA sobreestima hasta los 25 mm, en CP hasta 70 mm/mes y en CS sobreestima hasta los 75 mm/mes. Por encima de dichos valores, en todos los casos, tiende a subestimar. En otras palabras, el producto CHIRPS muestra una sobreestimación en valores bajos y una subestimación en valores altos, siendo diferente el punto de quiebre según la estación. Este comportamiento es consistente con lo hallado por Cavalcante *et al.* (2020) y Paredes-Trejo *et al.* (2017) en Brasil y por Medina *et al.* (2023) en el norte argentino.

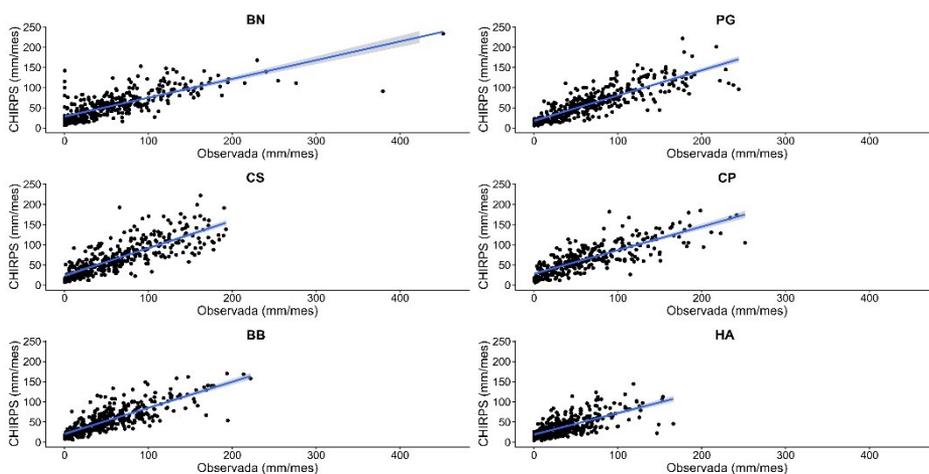


Figura 2. Diagramas de dispersión de la precipitación observada en las estaciones meteorológicas frente a la estimada por CHIRPS a escala mensual (1990-2020). La línea azul indica regresión lineal y el área sombreada indica el nivel de confianza del 95%. Fuente: elaboración propia sobre la base de datos del SMN y datos CHIRPS.

Validación mensual del producto CHIRPS.

La tabla 3 muestra las medidas de desempeño de CHIRPS a escala mensual. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson (r -Pearson) indican un buen ajuste entre los datos observados y las estimaciones en la mayoría de las estaciones, con valores superiores a 0,70 en la mayoría de las estaciones, siendo Hilario Ascasubi la excepción con 0,68, y destacándose Pigüé con 0,84. Los valores más bajos, registrados en Hilario Ascasubi coinciden con lo observado en el noroeste argentino y puede deberse a una característica observada en CHIRPS para condiciones climáticas secas, debido a que posee menor capacidad para detectar lluvias más ligeras (Medina *et al.* 2023). Con respecto al error absoluto medio (mae), se reconocen mayores errores en el centro y norte del área de estudio, particularmente en BN y CP donde los valores

oscilan entre 24,4 y 22,3 mm respectivamente. Por el contrario, los valores más cercanos al óptimo se encuentran en HA y BB con errores de 17,8 y 18,3 mm respectivamente.

Por otra parte, el error cuadrático medio (rmse), asociado con el grado de error en la estimación, varía entre 23,9 y 37,8 mm, siendo mejor el rendimiento de CHIRPS en HA y BB donde el rmse fue de 23,9 y 24,9 mm respectivamente. Es decir, tanto con mae como con rmse, los mayores errores se hallaron en las estaciones próximas al cordón serrano. Por tal motivo es necesario profundizar el análisis en el área serrana con el fin de corroborar la aplicabilidad de la base de datos. Por último, el porcentaje de sesgo (pbias) presenta diferencias, sin un patrón claro entre las estaciones analizadas. Las estaciones que presentan valores negativos son BN y PG con -4,7 y -11,1%, por lo tanto, en estos casos tiende ligeramente a subestimar. En las restantes estaciones tiende a sobreestimar, en valores que no superan el 5%. Los valores más cercanos al óptimo se localizaron en HA y CP, con 2,4 y 3,5%. Estos valores se comparan con los hallados por Cerón, Molina-Carpio, Ayes Rivera, Andreoli, Kayano y Canchala (2020), quienes para el sur de la Cuenca del Plata obtuvieron sesgos que van entre 0 y 15% de subestimación en el primer caso y de entre 0 y 15% de sobreestimación en las dos restantes, coincidiendo con las estaciones de PG, CS y BB. Por lo tanto, es posible afirmar que CHIRPS representa adecuadamente los sistemas de precipitación dominantes, a diferencia de lo que ocurre en Mendoza donde la sobreestimación puede superar los 100 mm/mes (Rivera *et al.*, 2018). Sin embargo, cabe destacar que la correlación en el área de estudio adquiere mayores valores en las estaciones de anclaje de CHIRPS respecto a las fuentes independientes.

Métrica estadística	CS	CP	PG	BN	BB	HA
r-Pearson	0,80	0,80	0,84	0,77	0,81	0,68
mae	21,36	22,33	20,21	24,38	18,33	17,77
rmse	29,23	30,33	29,75	37,80	24,94	23,89
pbias	4,40	3,50	-11,10	-4,70	3,70	2,40

Tabla 3. Desempeño de CHIRPS a escala mensual en estaciones del suroeste de la provincia de Buenos Aires (1990-2020). Coeficiente de correlación de Pearson (r-Pearson), error absoluto medio (mae), error cuadrático medio (rmse), porcentaje de sesgo (pbias). Estaciones: Coronel Suárez, (CS), Coronel Pringles (CP), Pigüé (PG), Bordenave (BN), Bahía Blanc (BB) e Hilario Ascasubi (HA). Fuente: elaboración propia.

Distribución de la precipitación anual.

De forma comparativa se analizó también la distribución espacial de la precipitación media anual para el período 1990-2020 entre lo observado en las estaciones meteorológicas y lo estimado por CHIRPS (Figura 3). En el área de estudio, las precipitaciones varían entre 752,3 mm al este (CP) y 704,4 mm al oeste (BN),

mientras que de norte a sur oscilan entre 778,8 (CS) y 454,3 mm (HA). Es decir que decrecen en sentido noreste-suroeste. Esto coincide con lo hallado por Casado y Campo (2019) para el período 1977-2010. La variabilidad en los montos de precipitación se encuentra determinada por los efectos de la continentalidad, la topografía regional y la conjugación de fenómenos atmosféricos de pequeña a gran escala (Campo, Ramos & Zapperi, 2009; Casado & Campo, 2019). Las estaciones que presentan mayor variación en la estimación de la precipitación media anual (1990-2020) se ubican en el noreste del área de estudio: CS sobreestima 34.3 mm y CP 26,1 mm mientras que en PG subestima 91,1 mm. Estos valores representan 4,4%, 3,5% y 11,1% de la precipitación media anual, respectivamente.

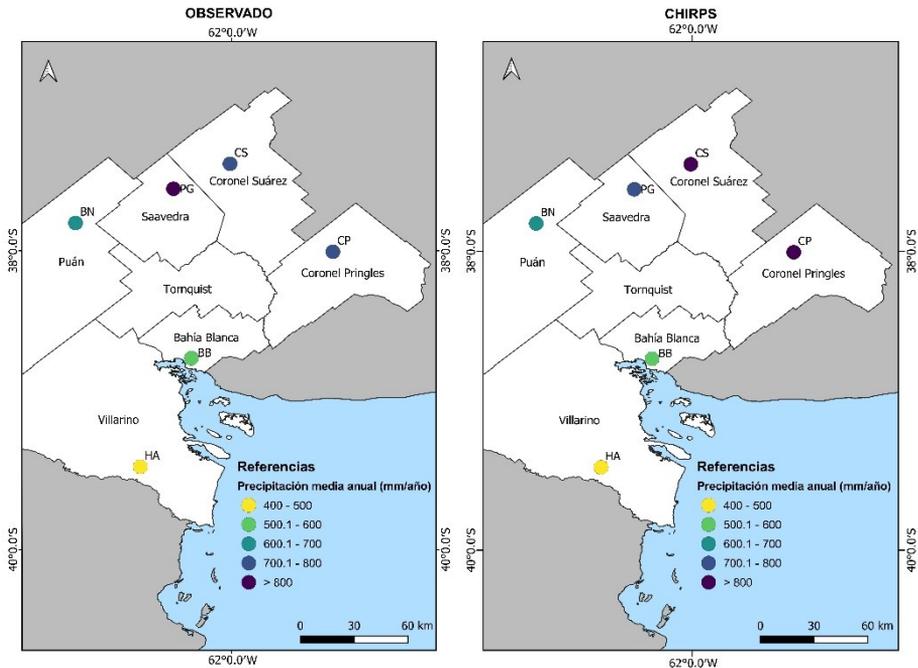


Figura 3. Distribución espacial de la precipitación media anual para el período 1990-2020 entre datos observados y estimación de CHIRPS. Estaciones: Coronel Suárez, (CS), Coronel Pringles (CP), Pigüé (PG), Bordenave (BN), Bahía Blanc (BB) e Hilario Ascasubi (HA). Fuente: elaboración propia sobre la base de datos del SMN y datos CHIRPS.

A escala anual (Figura 4), la comparación entre la precipitación observada y la estimada por CHIRPS muestra el mismo patrón que en el caso de la escala mensual. Es decir, tiende a sobreestimar en valores reducidos y a subestimar la precipitación en valores altos. En la estación de HA, CHIRPS sobreestima hasta los 500 mm/año y a partir de allí subestima. En BN, la tendencia a la sobreestimación encuentra su límite

alrededor de los 625 mm/año, en Pigüé a los 650 mm/año, en BB a los 700 mm/año. Por último, en PG sobreestima hasta los 800 mm/año y en CS hasta los 850 mm/año, para luego subestimar los montos de precipitación.

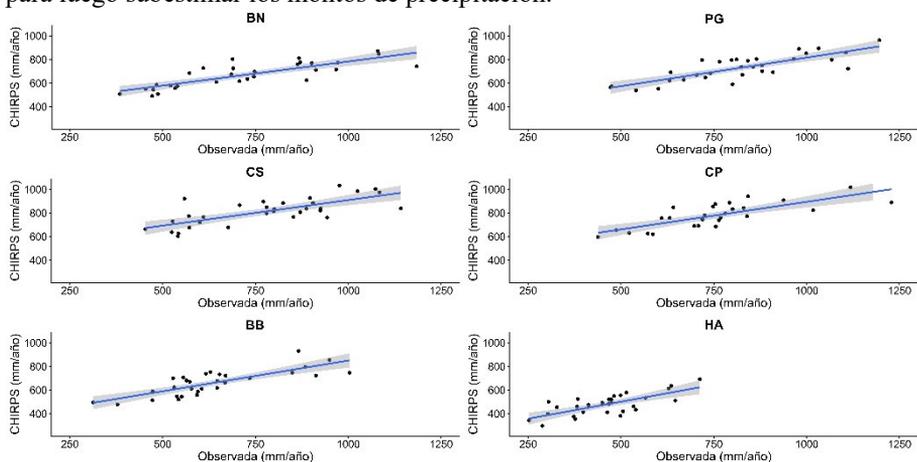


Figura 4. Diagramas de dispersión de la precipitación observada en las estaciones meteorológicas frente a la estimada por CHIRPS a escala anual (1990-2020). La línea azul indica regresión lineal y el área sombreada indica el nivel de confianza del 95%. Estaciones: Coronel Suárez, (CS), Coronel Pringles (CP), Pigüé (PG), Bordenave (BN), Bahía Blanc (BB) e Hilario Ascasubi (HA). Fuente: elaboración propia sobre la base de datos del SMN y datos CHIRPS.

Validación anual del producto CHIRPS.

Paralelamente, se analizó el desempeño de la base de datos CHIRPS a escala anual (Tabla 4). El coeficiente de correlación de Pearson demostró un buen ajuste en todos los casos, registrando valores superiores a 0,70 y de hasta 0,82 en el caso de Pigüé. Se observan menores diferencias en los resultados de las correlaciones entre estaciones de anclaje de la base de datos y las fuentes independientes, respecto a los desempeños a escala mensual. En cuanto a las estadísticas de error, el error absoluto medio fue mayor en las estaciones ubicadas al norte: Bordenave 132,0 mm, Pigüé 113,1 mm y CS 106,6 mm. Por otra parte, el error medio cuadrático fue mayor al oeste (Bordenave 182,3 mm) y menor hacia el sur (Hilario Ascasubi 79,5 mm). El patrón espacial de decrecimiento de la precipitación en sentido noreste-suroeste es reproducido de manera correcta por CHIRPS. No obstante, en las estaciones ubicadas al oeste del sistema de Ventania (PG y BN), las estimaciones de CHIRPS mostraron una subestimación, mientras que en las ubicadas al este (CS y CP) presentaron sobreestimaciones. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la presencia del sistema de Ventania. La influencia de sistemas montañosos sobre las estimaciones de CHIRPS ha sido descrito también por Rivera *et al.* (2018) para el caso de los Andes Centrales. Estos mismos autores hallaron sesgos vinculados a la estación lluviosa que se trasladan a las precipitaciones anuales y que en algunos casos, como en el norte de

la provincia de Neuquén, superan el 50% de sobreestimación. En el caso del área de estudio, a escala anual el porcentaje de sesgo presentó igual patrón que a escala mensual: en PG y BN subestima -11,1 % y -4,7%, respectivamente, mientras que en el resto de las estaciones sobreestima entre 3,5 y 4,4%.

Métrica estadística	CS	CP	PG	BN	BB	HA
r-Pearson	0,74	0,78	0,82	0,71	0,79	0,72
mae	106,58	89,78	113,14	132,04	79,63	63,69
rmse	134,76	117,64	144,56	182,29	101,72	79,51
pbias	4,40	3,50	-11,10	-4,70	3,70	4,00

Tabla 4. Desempeño de CHIRPS a escala mensual en estaciones del suroeste de la provincia de Buenos Aires (1990-2020). Coeficiente de correlación de Pearson (r-Pearson), error absoluto medio (mae), error cuadrático medio (rmse), porcentaje de sesgo (pbias). Estaciones: Coronel Suárez, (CS), Coronel Pringles (CP), Pigüé (PG), Bordenave (BN), Bahía Blanc (BB) e Hilario Ascasubi (HA). Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

En el presente trabajo se presenta la validación del producto CHIRPS respecto a su capacidad de estimar precipitación en el suroeste de la provincia de Buenos Aires para el periodo 1990-2020. El rendimiento de CHIRPS se evaluó a partir del contraste con datos observados de estaciones meteorológicas del SMN y del INTA. Se concluye que la variabilidad anual y mensual de la precipitación se encuentra bien representada, con un ajuste que oscila entre 0,68 y 0,84, según la estación meteorológica. Sin embargo, se detectaron ligeros sesgos de subestimación en los casos de Bordenave y Pigüé, entre -4,7 y -11,1% mientras que en las estaciones restantes CHIRPS tendió a sobreestimar en hasta 4,4%. Asimismo, se observaron diferencias en el ajuste en las estaciones de anclaje de la base de datos y las independientes, siendo superior la correlación en las primeras. Estas diferencias fueron más pronunciadas en la escala mensual. De esta manera el uso de la base de datos es más apropiada para estudios climáticos a escala anual.

Teniendo presentes estas consideraciones, CHIRPS es aplicable al análisis de las precipitaciones en el suroeste de la provincia de Buenos Aires, a pesar de que se requiere una profundización en la validación en el área serrana. Asimismo, se plantea la necesidad de validación de esta base de datos a escala diaria, para ampliar sus posibles aplicaciones en el área de estudio, particularmente para el estudio de eventos extremos. Si bien el uso de estimaciones de precipitación presenta limitaciones, resulta un recurso de interés para aplicar en regiones donde los registros observacionales son escasos o no poseen una adecuada cobertura espacio-temporal.

Agradecimientos

El presente trabajo se desarrolló en el marco del PGI Geografía Física aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas ambientales a diferentes escalas témporo-espaciales (24/G092), financiado por la Secretaría General de Ciencia y Tecnología (SGCyT), Universidad Nacional del Sur. Yamila Lambrecht y Anabella Montico son estudiantes del Doctorado en Ciencias Aplicadas Mención Ambiente y Salud (DCAAS, UNICEN, Argentina).

Referencias

- Aliaga, V. S., Ferrelli, F. & Piccolo, M. C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. *International journal of climatology*, 37, 1237-1247. <https://doi.org/10.1002/joc.5079>
- Alsilibe, F., Bene, K., Bilal, G., Alghafli, K. & Shi, X. (2023). Accuracy Assessment and Validation of Multi-Source CHIRPS Precipitation Estimates for Water Resource Management in the Barada Basin, Syria. *Remote Sensing*, 15 (7), 1778. <https://doi.org/10.1002/qj.3244>
- Anjum, M. N., Irfan, M., Waseem, M., Leta, M. K., Niazi, U. M., ur Rahman, S., Ghanim, A., Ahsan Mukhtar, M., & Nadeem, M. U. (2022). Assessment of PERSIANN-CCS, PERSIANN-CDR, SM2RAIN-ASCAT, and CHIRPS-2.0 rainfall products over a semi-arid subtropical climatic region. *Water*, 14(2), 147. <https://doi.org/10.3390/w14020147>
- Arregocés, H. A., Rojano, R. & Pérez, J. (2023). Validation of the CHIRPS dataset in a coastal region with extensive plains and complex topography. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2023.100452>
- Ávila-Parra, K. & Martín-Vide, J. (2013). Análisis estadístico de los eventos extremos de precipitación. *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, 52(1), 69-83. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4298593>
- Bai, L., Shi, C., Li, L., Yang, Y. & Wu, J. (2018). Accuracy of CHIRPS Satellite-Rainfall Products over Mainland China. *RemoteSensing*, 10 (3), 362. <https://doi.org/10.3390/rs10030362>
- Bezerra, B. G., Silva, L. L., Santos e Silva, C. M. & de Carvalho, G. G. (2019). Changes of precipitation extremes indices in São Francisco River Basin, Brazil from 1947 to 2012. *Theoretical and Applied Climatology*, 135, 565-576. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2396-6>
- Campo, A., Diez, P. & Capelli de Steffens, A. (2004). *El clima del suroeste bonaerense*, Bahía Blanca, República Argentina, EdiUNS.
- Campo, A.; Ramos, B. & Zapperi, P. (2009). *Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el suroeste bonaerense, Argentina*. 1–12. <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Climatologia/16.pdf>

- Casado, A. & Picone, N. (2018). Aplicabilidad de los datos grillados para el análisis espaciotemporal de las precipitaciones, provincia de Buenos Aires (Argentina). *Párrafos Geográficos*, 17(1), 46-62. http://igeopat.org/parrafosgeograficos/images/RevistasPG/2018_17_1/29-3.pdf
- Casado, A. L. & Campo, A. M. (2019). Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina. *Cuadernos Geográficos*, 58(1), 6-26. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.6751>
- Cavalcante, R. B. L., da Silva Ferreira, D. B., Pontes, P. R. M., Tedeschi, R. G., da Costa, C. P. W. & de Souza, E. B. (2020). Evaluation Cavalcante of extreme rainfall indices from CHIRPS precipitation estimates over the Brazilian Amazonia. *Atmospheric Research*, 238, 104879. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104879>
- Cerón, W. L., Molina-Carpio, J., Ayes Rivera, I., Andreoli, R. V., Kayano, M. T., & Canchala, T. (2020). A principal component analysis approach to assess CHIRPS precipitation dataset for the study of climate variability of the La Plata Basin, Southern South America. *Natural Hazards*, 103(1), 767-783. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04011-x>
- de MoraesCordeiro, A. L. & Blanco, C. J. C. (2021). Assessment of satellite products for filling rainfall data gaps in the Amazon region. *Natural Resource Modeling*, 34(2), e12298. <https://doi.org/10.1111/nrm.12298>
- Fourier, F. (1960). *Climat et erosion; la relation entre l'erosion du sol par l'eau et les precipitations atmospheriques*. Paris, Francia, Presses universitaires de France.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A. & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific data*, 2(1), 1-21. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- Gentili, J. O. & Gil, V. (2013). Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 22(2), 147-166. <https://www.redalyc.org/pdf/3832/383239184008.pdf>
- Gil, V., Gentili, J., Campo, A. M., Jelinski, G. & Crisafulli, M. (2016). Evaluación del peligro potencial de crecidas en cuencas serranas. Sistema de Ventania, provincia de Buenos Aires. *III Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos, Ezeiza, Argentina*. https://www.ina.gov.ar/ifrh-2016/trabajos/IFRH_2016_paper_133.pdf
- Gusmerotti, L. A., Posse, G., Oricchio, P. A., Rivadeneira, S. T. & Di Bella, C. M. (2023). Evaluation of Satellite-Based Precipitation Estimates and a Correction Methodology Through Weather Stations in Córdoba (Argentina). <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4374156>
- Hobouchian, M. P., Salio, P., Skabar, Y. G., Vila, D. & Garreaud, R. (2017). Assessment of satellite precipitation estimates over the slopes of the subtropical Andes. *Atmospheric Research*, 190, 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.02.006>
- Lovino, M. A. (2015). *Impacto ambiental de la variabilidad climática y los eventos extremos en la provincia de Santa Fe, en el contexto del cambio climático* (Tesis

- doctoral). Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé, Argentina. <http://hdl.handle.net/11185/707>
- Lúgaro, T. (2022). *Caracterización climática de los vientos en Argentina a partir de datos observados y satelitales* (Tesis de grado). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. https://anemoi.net.ar/static/img/Tesis_Lugaro.pdf
- Marianetti, G. & Rivera, J. (2021). Riesgos asociados a eventos de precipitaciones intensas en la región oeste del Gran Mendoza, Argentina. *ICU: Investigación, Ciencia y Universidad*, 5(6), 31-42. <https://doi.org/10.59872/icu.v5i6.369>
- Martín-Vide, J. (2004). Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal of Climatology*, 24(8), 959-971. <https://doi.org/10.1002/joc.1030>
- Medina, F. D., Zossi, B. S., Bossolasco, A. & Elias, A. G. (2023). Performance of CHIRPS dataset for monthly and annual rainfall-indices in Northern Argentina. *Atmospheric Research*, 283, 106545. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106545>
- Mianabadi, A. (2023). Evaluation of long-term satellite-based precipitation products for developing intensity-frequency (IF) curves of daily precipitation. *Atmospheric Research*, 286, 106667. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106667>
- Olmo, M. E. (2023). *Cambios futuros de la precipitación extrema en el sudeste de Sudamérica: modelado climático estadístico regional y patrones de circulación sinóptica* (Tesis Doctoral). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n7282_Olmo
- Ombadi, M., Nguyen, P., Sorooshian, S. & Hsu, K. L. (2018). Developing intensity-duration-frequency (IDF) curves from satellite-based precipitation: Methodology and evaluation. *Water Resources Research*, 54(10), 7752-7766. <https://doi.org/10.1029/2018WR022929>
- Paredes-Trejo, F. J., Barbosa, H. A. & Kumar, T. L. (2017). Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. *Journal of arid environments*, 139, 26-40. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.12.009>
- Prakash, S. (2019). Performance assessment of CHIRPS, MSWEP, SM2RAIN-CCI, and TMPA precipitation products across India. *Journal of hydrology*, 571, 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.01.036>
- Rivera, J. A., Marianetti, G. & Hinrichs, S. (2018). Validation of CHIRPS precipitation dataset along the Central Andes of Argentina. *Atmospheric Research*, 213, 437-449. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.06.023>
- Robledo, F. A., Penalba, O. C., & Bettolli, M. L. (2013). Teleconnections between tropical-extratropical oceans and the daily intensity of extreme rainfall over Argentina. *International Journal of Climatology*, 33(3), 735-745. <https://doi.org/10.1002/joc.3467>
- Salih, W., Epule, T. E., EL Khalki, E. L., Ouatiki, H., Erraki, S., Achli, S. & Chehbouni, A. (2023). A comprehensive assessment of satellite precipitation products over a semi-arid region: focus on extreme events. *Natural Hazards*, 1-29. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06317-y>
- Saucedo, G. I., Kurtz, D. B. & Contreras, F. I. (2023). Validación de precipitaciones estimadas mediante satélites para dos estaciones de la provincia de Corrientes

- (República Argentina). *Contribuciones Científicas*, 35(1), 46-53. https://gaea.org.ar/contribuciones/CC_GAEA_35.pdf#page=47
- Serrano-Notivoli, R., Beguería, S., Saz, M. Á. and De Luis, M. (2018). Recent trends reveal decreasing intensity of daily precipitation in Spain. *International Journal of Climatology*, 38(11), 4211-4224.
- Volonté, A. (2017). *Geomorfología fluvial aplicada al peligro de crecidas: cuenca del arroyo San Bernardo, sistema de Ventania, Argentina* (Tesis Doctoral), Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, Bahía Blanca, Argentina. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/3453>
- Wischmeier, W. H. (1959). A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. *Soil Science Society of America Journal*, 23(3), 246-249. <https://doi.org/10.2136/sssaj1959.03615995002300030027x>
- Xu, W., Zou, Y., Zhang, G. & Linderman, M. (2015). A comparison among spatial interpolation techniques for daily rainfall data in Sichuan Province, China. *International Journal of Climatology*, 35(10), 2898-2907. <https://doi.org/10.1002/joc.4180>
- Zambrano, F., Wardlow, B., Tadesse, T., Lillo-Saavedra, M. & Lagos, O. (2017). Evaluating satellite-derived long-term historical precipitation datasets for drought monitoring in Chile. *Atmospheric Research*, 186, 26-42. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.11.006>
- Zambrano-Bigiarini, M. (2022). Package hydroGOF. <https://cran.r-project.org/web/packages/hydroGOF/index.html>