

Aproximación a una metodología para comparar datos pluviométricos de superficie y satelitales

M. Eugenia Capone¹, Nadia Mortarino Martinez¹, Clarita M. Dasso^{1, 2,3}

¹ Instituto Nacional del Agua- Centro de la Región Semiárida

² Universidad Nacional de Córdoba

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

E-mail: geocapone2014@gmail.com, nmortarinom@gmail.com

RESUMEN

En el presente estudio se busca desarrollar una metodología de trabajo que permita comparar datos de lluvia, obtenidos mediante pluviómetros de alta frecuencia, y las estimaciones de precipitaciones derivadas del producto Climate Hazards Group InfraRed Precipitations with Stations (CHIRPS v.2). Para ello se seleccionaron 10 estaciones pluviométricas pertenecientes a la red telemétrica INA-CIRSA las cuales se encuentran distribuidas principalmente en la zona de las Sierras de Córdoba y cuentan con 24 años de registro. Se contrastó la información proveniente de ambas fuentes a través del uso de medidas estadísticas para determinar la calidad en cuanto a la estimación de cantidad de lluvia.

Se utilizaron datos provenientes de dos fuentes: <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/> (CHIRPS v.2), <https://sgainacirsa.ddns.net/cirsa/> (pluviómetros de superficie), para un sector de las sierras de Córdoba.

Como resultado, se obtuvo una primera aproximación metodológica, basada en la comparación estadística de los valores registrados. Este procedimiento muestra una variación apreciable entre los datos de ambas fuentes, relacionada a la altitud de las estaciones de superficie.

INTRODUCCIÓN

Ante la escasez de series históricas de datos de lluvia, para llevar a cabo estudios e investigaciones, surge la inquietud respecto de la calidad y precisión de las bases de datos de precipitaciones de origen satelital.

El primer paso para poder determinar la calidad de dichos datos es validar los mismos mediante la comparación con la información obtenida a través de pluviómetros en superficie.

Las bases de datos utilizadas fueron: CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations) creada por el USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos), en conjunto con la Universidad de California, Santa Bárbara (UCSB), (Funk et al., 2015) y los Anuarios Pluviométricos de la cuenca del Río San Antonio (Colladón et al., 1993, 2017).

La finalidad de este trabajo es mostrar los primeros pasos en cuanto a la comparación entre los datos de ambas fuentes de información para una zona de las Sierras de Córdoba, con el objetivo de encontrar una metodología de trabajo que permita posteriormente ser utilizada como base para estudios hidrológicos y de otros aspectos en el campo de los recursos hídricos.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la zona serrana comprendida entre las Sierras Grandes y Chicas de la provincia de Córdoba, con altitudes que van desde 2300 msnm a los 680 msnm, donde nacen los principales sistemas hídricos de la provincia (Figura 1). Allí las cuencas tienen características de sistemas hidrológicos típicos, con fuertes pendientes, baja permeabilidad y rápida respuesta hidrológica generando crecientes repentinas de alto poder destructivo. La región de estudio presenta características semiáridas, con lluvias concentradas en periodos húmedos y secos, siendo la precipitación promedio anual es de 800 mm aproximadamente.

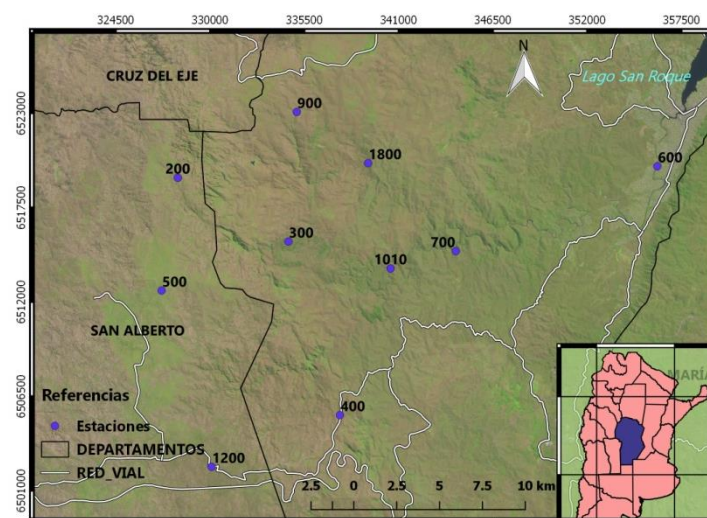


Figura 1. Área de estudio y ubicación de las Estaciones Telemétricas (INA-CIRSA).

Mientras que la temperatura media anual varía en función de la altitud, con un valor promedio de 12,8 °C. descendiendo hasta los 8,9 °C, para la zona alta, alcanzando los 16°C en la parte baja de la zona. (Colladón y Pazos, 2016).

MATERIALES Y METODOS

Análisis Estadístico

Se realizó, para todo el conjunto de datos de lluvia mensual, una comparación de carácter estadístico, y para esto se utilizaron los siguientes indicadores:

Coeficiente de Correlación de Pearson (r), usado para evaluar cuán bien corresponde la estimación (CHIRPS) respecto a los valores observados (pluviómetros); un r igual a 1 indicaría una correspondencia perfecta (Tote et al., 2015)

$$r = \frac{\sum(C - \bar{G})(C - \bar{C})}{\sqrt{\sum(C - \bar{G})^2} \sqrt{\sum(C - \bar{C})^2}}$$

Siendo G las mediciones de pluviómetros, $\bar{G}$ el promedio de las mediciones de pluviómetros C : estimaciones de lluvia basadas en CHIRPS, $\bar{C}$: promedio de las estimaciones de lluvias basadas en CHIRPS, N : número de pares de datos.

Error Medio (EM)

$$EM = \frac{1}{N} \sum (C - G)$$

Error Medio Absoluto Relativo (EMAR), ambos utilizados para estimar el error promedio en milímetros y como fracción

$$EMAR = \frac{1}{N \cdot \bar{G}} \sum (|C - G|)$$

El Coeficiente de Eficiencia de Nash-Sutcliffe (Eff) cuantifica la exactitud en la estimación de lluvias en relación al promedio de la precipitación observada. Varía de menos infinito a 1, siendo 1 el resultado perfecto

$$Eff = 1 - \frac{\sum(C - G)^2}{\sum(G - \bar{G})^2}$$

El porcentaje de sesgo (PS) mide la tendencia promedio de los valores simulados a ser mayores o menores que los observados. Su valor óptimo es 0, valores positivos indican sobreestimación y valores negativos subestimación

$$PS = 100 \frac{\sum(C - G)}{\sum G}$$

Eff y PS son adimensionales.

Datos satelitales

CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations) es una base de datos de estimaciones de precipitación con alta resolución espacial y temporal basada en múltiples fuentes de información (Figura 2). Ha sido diseñado para proveer estimaciones de precipitación, combinado con datos de pluviómetros, con una cobertura casi global de la superficie terrestre, alta resolución, bajo sesgo y un largo período de registro (Funk et al., 2015). Estos datos pueden ser utilizados para realizar pronósticos de sequías o analizar cambios recientes de las precipitaciones en regiones, con escasa información, que dependen de lluvias convectivas.

Los pasos para obtener este producto son:

- i) Estimaciones de lluvia pentadal (cinco días de lluvia) generadas a partir de datos satelitales basados en la duración de la nube fría (CCD, Cold Cloud Duration), los cuales son obtenidos a partir de modelos de regresión, y calibrados utilizando datos de precipitación obtenidos de TMPA3B42 (TRMM); estas estimaciones son posteriormente normalizadas y luego se unen con información de estaciones base, satélites e índices fisiográficos para dar origen a la base de datos CHIRP (Trejo et al., 2016).
- ii) Observaciones de estaciones in-situ unidas con los datos CHIRP, mediante un algoritmo de ponderación de inversa a la distancia, para producir CHIRPS.

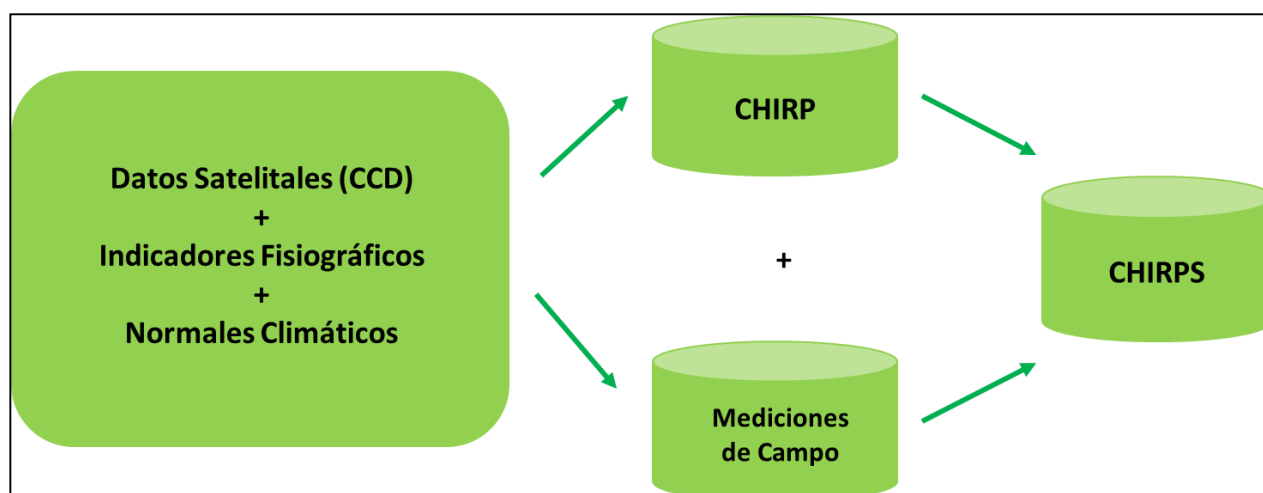


Figura 2. Esquema del funcionamiento del CHIRPS

La base de datos CHIRPS v.2 está disponible para su descarga en <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/>. Los datos se encuentran agrupados según región geográfica, formato en la que se publica la información y frecuencia temporal (diaria, mensual, anual, etc); presenta una serie continua desde 1981 al presente, con una resolución espacial de 0.05° y una cobertura espacial que abarca desde los 50° S a 50° N. La misma fue desarrollada a los fines de monitorear sequías agrícolas, extremos climáticos recientes, entre otros.

Se utilizó información con una agregación mensual, en formato tiff y de un período comprendido entre julio de 1993 y junio de 2017, la cual fue procesada mediante el uso de sistemas de información geográfica. Los datos puntuales, para cada estación pluviométrica, fueron extraídos de los píxeles que coincidían con la ubicación de dicha estación (punto a píxel).

Datos de Superficie

Las mediciones de campo fueron obtenidas a partir de los Anuarios Pluviométricos de la cuenca del Río San Antonio (Colladón, 1993, 2017). Dichas publicaciones, editadas cada 5 años, contienen datos de lluvias agrupados en forma mensual y anual registrados por la Red Telemétrica INA-CIRSA y el Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos, la cual está conformada por 60 estaciones remotas (39 del MAAySP y 21 del INA-CIRSA) que cuentan con tecnología ALERT (Automated Local Evaluation in Real Time).

Se seleccionaron 10 puestos de medición, los cuales cuentan con registros pluviométricos de 24 años de longitud, desde 1993 al 2017. Los datos se agruparon en forma mensual y por año hidrológico (desde Julio a Junio), para realizar una mejor interpretación de los mismos, teniendo en cuenta periodos húmedos y secos del hemisferio sur. En la tabla 1 se resume la ubicación espacial de las estaciones seleccionadas.

Tabla 1. Estaciones Telemétricas

Sensor N°	Estación	Lat. S	Long. O	Altitud m snm
500	Puesto el Galpón	31°30'27"	64°49'12"	2380
200	Los Gigantes	31°33'39"	64°49'10"	2292
1200	El Cóndor	31°60'03"	64°47'28"	2286
1800	El Cajón	31°16'32"	64°41'31"	1800
400	Copina	31°34'29"	64°42'42"	1740
900	Puesto Garay	31°24'54"	64°44'07"	1625
300	La Casita	31°28'29"	64°44'30"	1555
1010	Confl. Malambo	31°29'53"	64°40'45"	1340
700	Conf. Icho Cruz	31°29'21"	64°38'20"	760
600	B° El Canal	31°26'47"	64°30'52"	675

En la Figura 3 se puede observar la ubicación de los puestos de medición, en un mapa de curvas de nivel, con las distintas alturas sobre el nivel del mar en las que se encuentran ubicadas. Los datos pluviométricos usados en el análisis fueron previamente procesados con la finalidad de filtrar datos erróneos e inconsistentes, ya que forman parte de la base de datos INA-CIRSA.

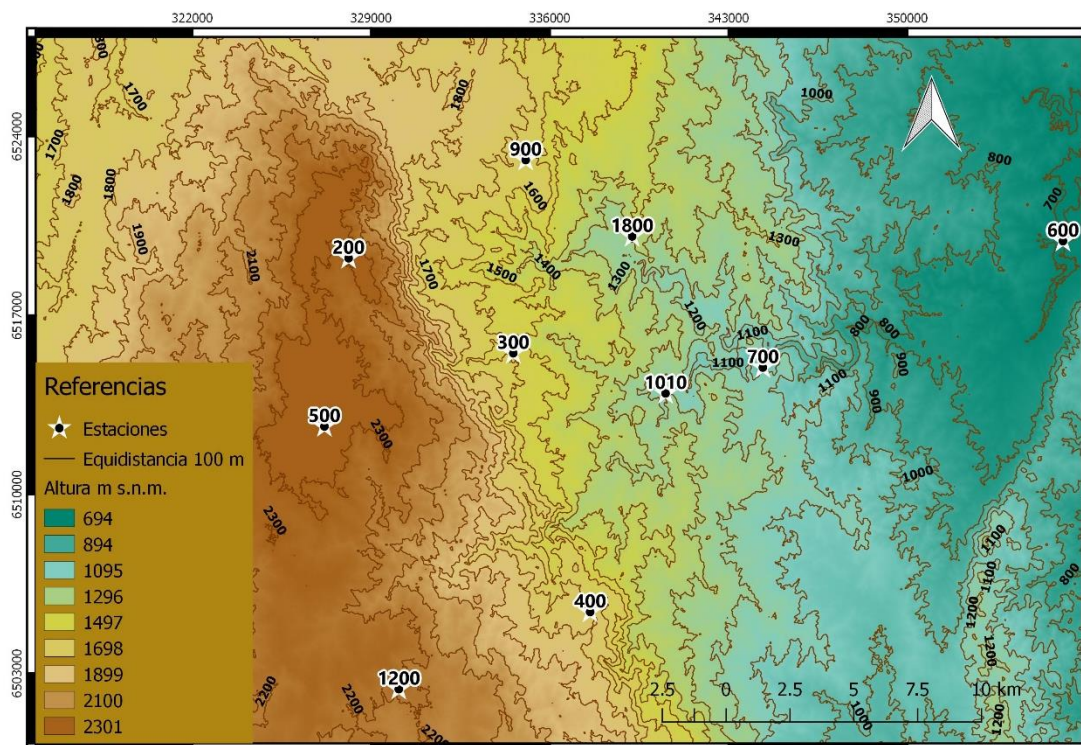


Figura 3. Mapa de las ubicaciones y altitudes de las estaciones telemétricas utilizadas.

RESULTADOS

Comparación de Valores Anuales

En la figura 4 se graficaron los valores de precipitación anual, para la serie de 24 años, obtenido mediante estimaciones satelitales (CHIRPS) y los registros provenientes de la base de datos de la red telemétrica para cada una de las 10 estaciones seleccionadas. Se observa, a simple vista, que en general las estimaciones de CHIRPS (en color naranja) presentan una gran diferencia con respecto a los valores observados (color azul). La mayor aproximación entre las curvas se observa a partir de la estación 1010 y la mejor coincidencia se aprecia para la estación 600, lo cual puede estar relacionado con la ubicación de la misma a 675 metros sobre el nivel del mar (la de menor altitud).

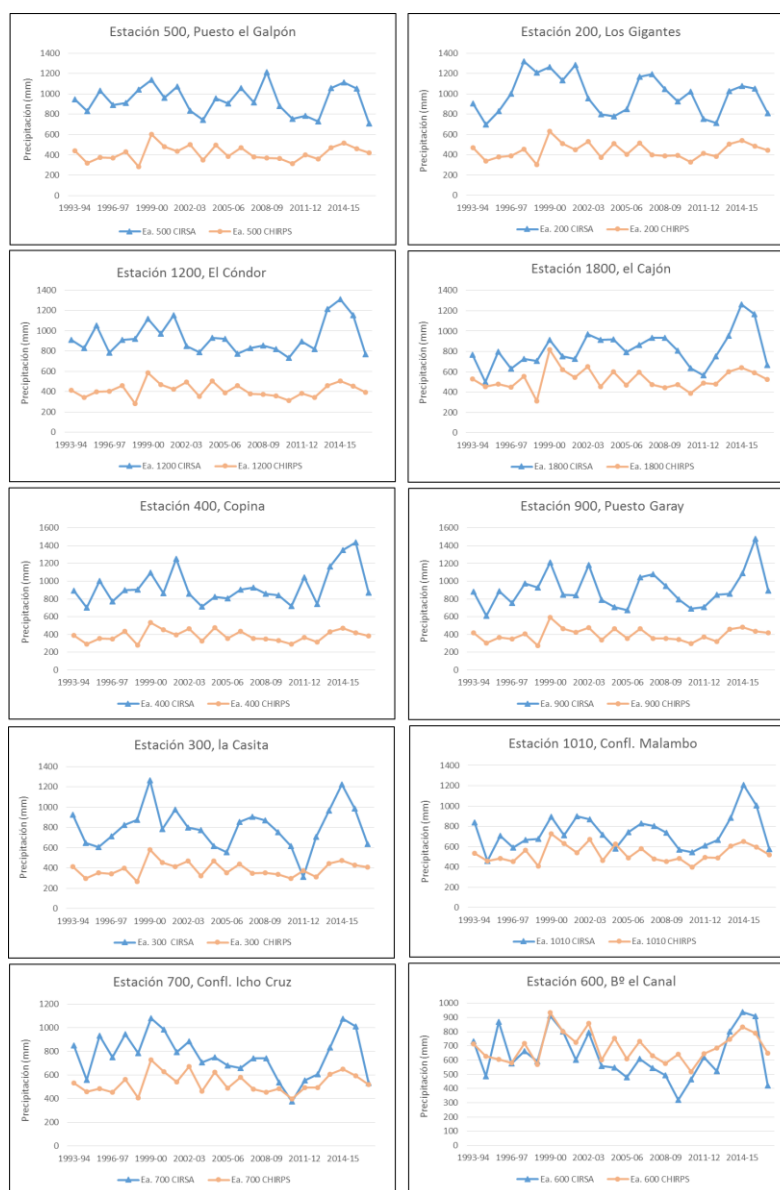


Figura 4. Comparación de precipitación anual entre estimaciones CHIRPS y mediciones pluviométricas para cada estación seleccionada.

A su vez se realizó un análisis en función de la clasificación de los años hidrológicos como secos o húmedos, tomándose como ejemplo el año 1994-95, caracterizado como seco, y el 2015-16 como húmedo. Se puede observar en la figura 5 que hay una menor diferencia entre los valores estimados por CHIRPS y los medidos por la red telemétrica, para el año 94-95, en las estaciones ubicadas a menor altitud y para el caso de la 600 la precipitación observada resulta menor que la estimada. No sucede lo mismo para el año húmedo, pudiéndose apreciar que existe una diferencia de hasta 200 mm entre en dichas estaciones (Ea. 1800, 1010, 700 y 600).

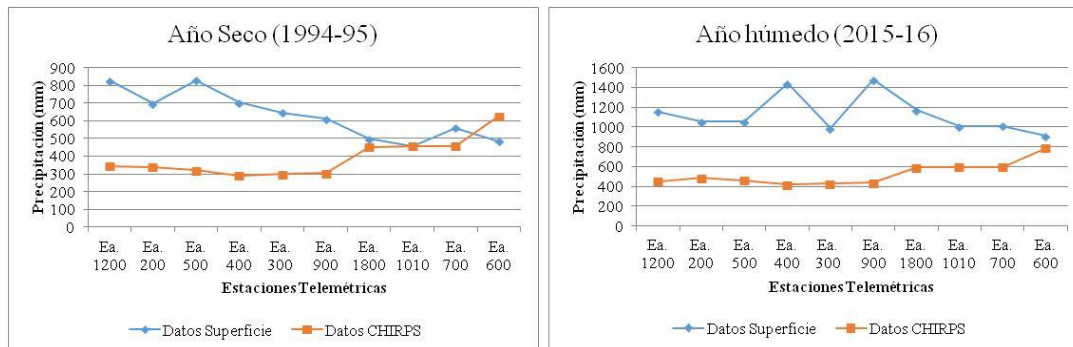


Figura 5. Comparación entre los datos según año seco o húmedo.

Además, se realizaron otros análisis entre ambas fuentes de información (Figura 6). Tomando los totales anuales de las estaciones, los que más se acercan a la línea de escala 1:1 (alta correlación lineal), pertenecen a la Ea. 600, Barrio el Canal, la cual arroja los mejores resultados entre las estaciones en cuestión.

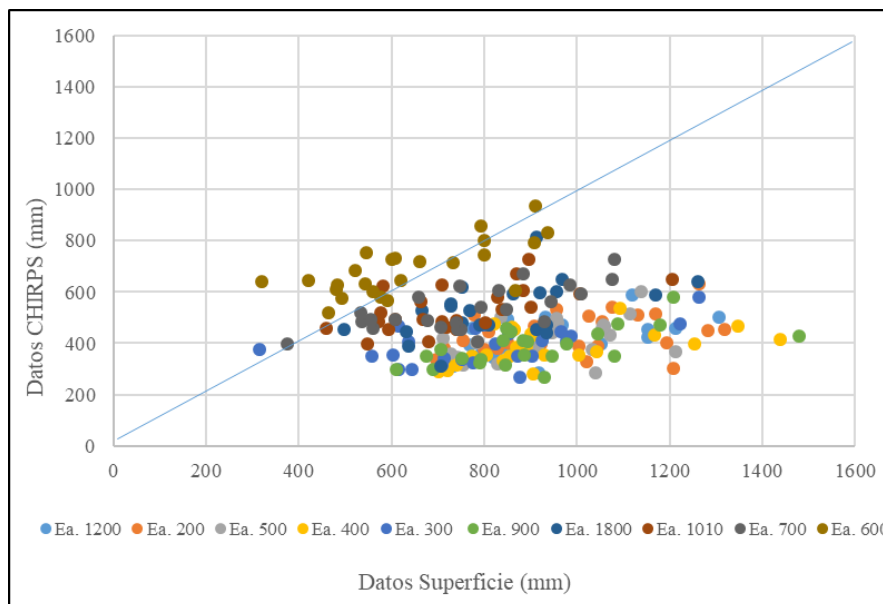


Figura 6. Dispersiograma de datos de superficie y estimación satelital.

Comparación según categoría de lluvia

Se realizó un análisis de los datos en base a la categoría de los mismos; es decir, se llevó a cabo una clasificación de los registros según valores de lluvia mensual cada 19 mm con la finalidad de destacar la diferencia entre ambas bases de datos. El resultado se puede observar en la figura 7, en donde los datos de los pluviómetros se muestran en azul y los datos CHIRPS en verde. Se puede apreciar que para valores de precipitaciones comprendidos entre los 40 y 100 mm existe una sobreestimación de los datos provenientes de CHIRPS, mientras que valores entre 0 y 40 y mayores a 100 son subestimados por las estimaciones de origen satelital.

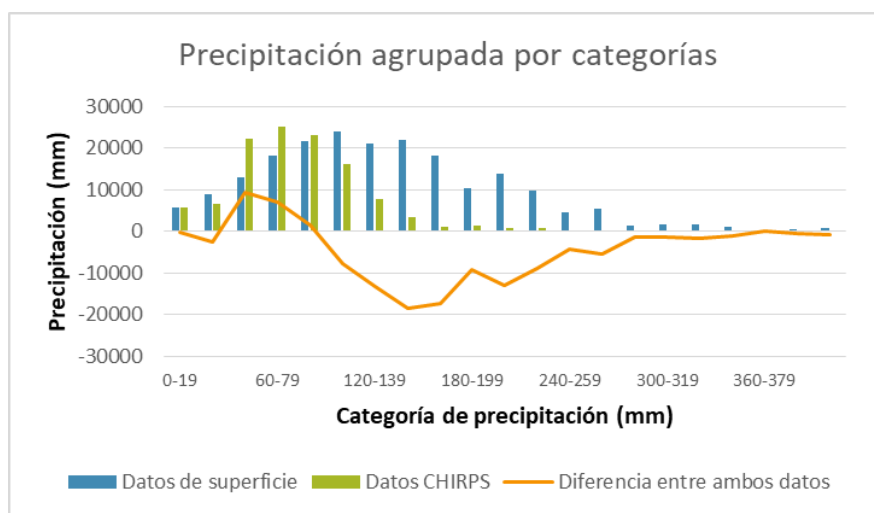


Figura 7. Datos separados en rangos cada 19 mm.

Comparación Estacional

Se representaron de manera radial los promedios mensuales de la serie elegida (N=24 años, 1993-2017) en cada estación y compararon ambos datos, a fines de determinar la existencia de algún patrón definido, (Figura 8) se observa claramente que los meses con mayor precipitación van de Noviembre a Marzo en la región de estudio, y los de menor precipitación de Abril a Octubre, con ciertas similitudes en los patrones de los gráficos analizados.

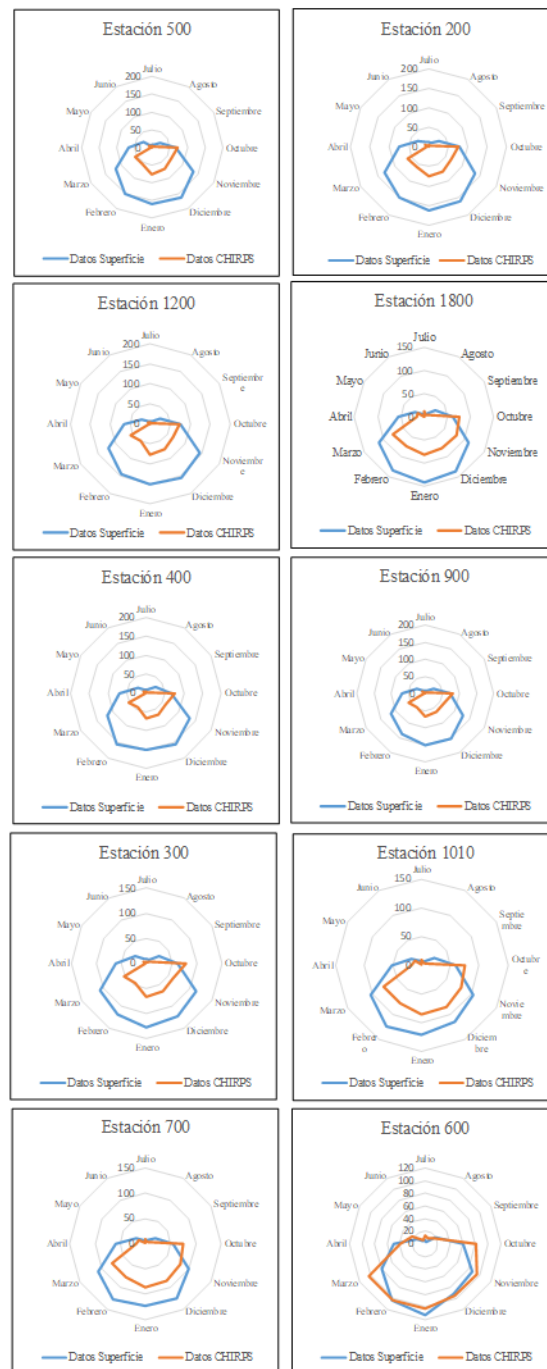


Figura 8. Patrones Temporales. Comparación estacional de datos de superficie y satelitales.

Si se toman las altitudes extremas como ejemplo, se aprecia que la estación 500, ubicada a más de 2000 metros de altura, presenta una mayor diferencia entre los pares de datos, mientras que en la estación 600, de menor altura, los datos tienen mayor correlación.

Evaluación Estadística

En la siguiente tabla (Tabla 2), se resumen los indicadores estadísticos obtenidos para las estaciones seleccionadas; para determinar dichos índices se utilizaron los valores de lluvia mensual. Según este análisis, y en concordancia con lo anteriormente observado, la estación 600 es la que mejor resultados aporta. Los valores negativos de EM y PS estarían indicando una subestimación de la precipitación por parte de los datos CHIRPS. Los valores correspondientes al coeficiente de eficiencia (Eff) y a r indican una correspondencia deficiente entre los valores de lluvia estimada y los medidos, excepto para la estación 600, que presenta los valores más cercanos a 1.

Tabla 2. Validación Estadística, los valores resaltados indican los mejores resultados.

Estaciones	N	r	EM	EMAR	Eff	PS
500	287	0.74	-43.56	0.60	0.15	-55.67
200	287	0.74	-46.05	0.60	0.11	-55.69
1200	287	0.77	-42.90	0.59	0.18	-55.43
1800	287	0.75	-24.44	0.44	0.42	-131.10
400	287	0.68	-45.79	0.64	0.04	-58.75
900	287	0.69	-42.26	0.62	0.10	-56.04
300	287	0.68	-34.14	0.60	0.15	-51.22
1010	287	0.80	-17.33	0.41	0.52	-52.05
700	287	0.80	-17.33	0.41	0.52	-52.05
600	287	0.82	4.51	0.41	0.66	8.52

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Si bien la finalidad de este trabajo consistió en un acercamiento a una metodología para realizar una estimación de la validez de la información obtenida de bases de datos de origen satelital, se puede decir, además, que se lograron obtener algunas conclusiones sobre la similitud entre los valores observados y los estimados. Se puede mencionar una mejor correlación de los datos provenientes de ambas fuentes cuando se trata de estaciones que están a menor altura respecto al nivel del mar. Además, se pudo determinar que los datos CHIRPS sobreestiman los bajos valores de precipitación, y subestima los altos.

Se pretende en un futuro ampliar el análisis estadístico, aumentar la cobertura espacial (sumar más estaciones) y temporal (mayor longitud de las series).

REFERENCIAS

Colladon, L., Felici, G., y Pazos, I., 2010. *Anuario pluviométrico 2005/06-2009/10 de la Cuenca del Río San Antonio*. Publicación Interna-INA-CIRSA. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.

Colladon, L. 2014. Síntesis pluviométrica 1992-2012, *Cuenca del río San Antonio: Sistema del Río Suquía, Provincia de Córdoba*. ISBN 9789874519443. CDD 551-1a ed. Ezeiza: Instituto Nacional del Agua.

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., y Michaelsen, J. 2015. *The climate hazards infrared precipitation with stations- a new enviromental record for monitoring extremes*. Scientific Data. DOI: 10.1038/sdata.2015.66.

Tote, C., Patricio, D., Boogaard, H., Wijngaart van der R., Tarnavsky, E., y Funk, C. 2015. *Evaluation of satellite rainfall estimates for drought and flood monitoring in Mozambique*. Remote Sens. 7, 1758-1776; DOI: 10.3390/rs70201758.

Trejo Paredes, F. J., Barbosa, H. L., Peñaloza-Murillo, M. A., Moreno, M. A., y Farias, A., 2016. *Intercomparison of improved satellite rainfall estimation with CHIRPS gridded product and rain gauge data over Venezuela*. *Atmósfera* 29(4), 323-342. DOI:10.20937/ATM.2016.29.04.04