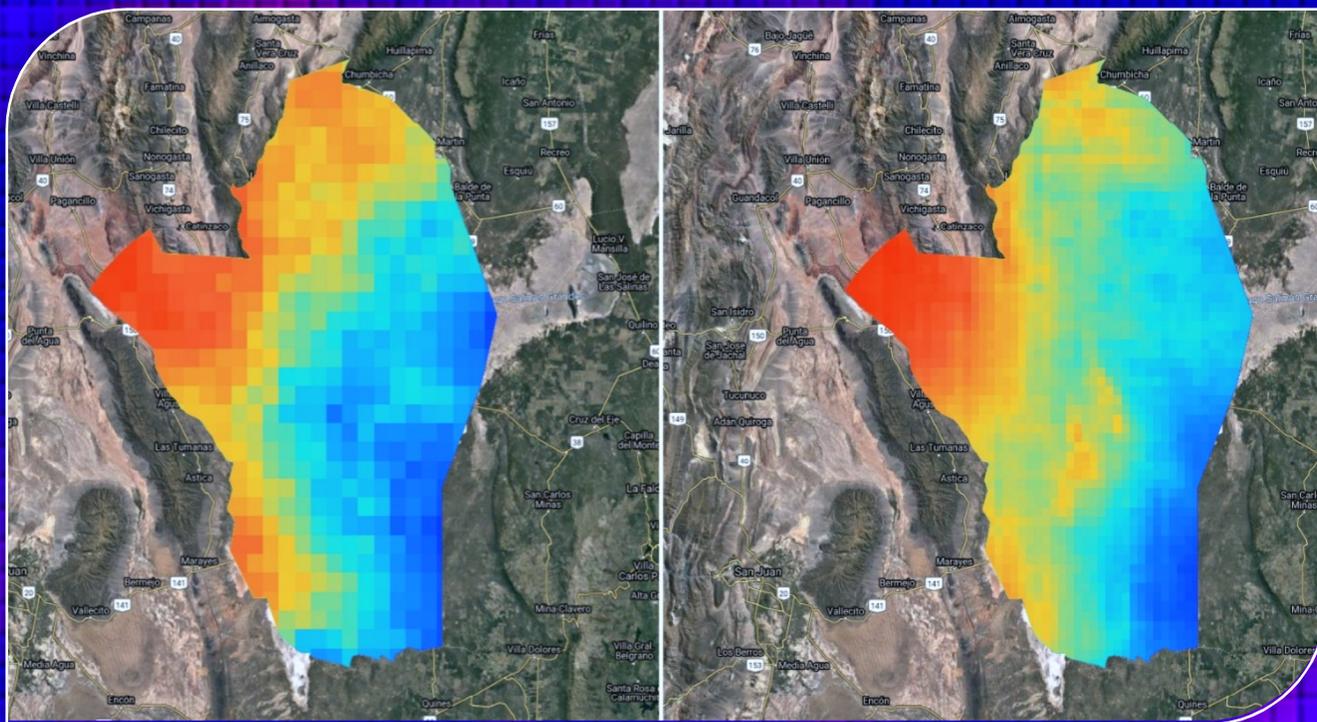


# Análisis comparativo entre datos anuales de precipitación estimada por satélite y observaciones pluviométricas de los Llanos de La Rioja

Domingo Dolores Garay



# Análisis comparativo entre datos anuales de precipitación estimada por satélite y observaciones pluviométricas de los Llanos de La Rioja

Domingo Dolores Garay  
garay.domingo@inta.gob.ar

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA

Estación Experimental Agropecuaria La Rioja

Las Vizcacheras, Ruta Nacional N° 38, km 267 - C.P.: 5380 Chamental, La Rioja

© INTA 2021



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

### **Agradecimientos:**

A Diego Pons, Coordinador del Proyecto Estructural Prevención y evaluación de la emergencia y desastre agropecuario (PE i064).

A Gabriel Rodríguez, Coordinador del Proyecto Disciplinario Caracterización diagnóstica de la variabilidad climática actual (PD i061).

A Lisandro Blanco, investigador del INTA La Rioja, por los comentarios y sugerencias en cuanto al contenido de esta publicación.

Al Ing. Pedro Ramón Namur, Coordinador del Área de Investigación del INTA La Rioja, por las sugerencias en cuanto a la redacción de esta publicación.

## Índice de contenidos

Pág.

Resumen	1
Abstract	1
Introducción	2
Objetivos	3
Materiales y método	3
Misión Internacional para la Medición Global de las Precipitaciones (GPM)	4
Grupo de Riesgos Climáticos y Precipitación Infrarroja con Datos de la Estación (CHIRPS)	5
Resultados	6
Conclusiones	11
Referencias bibliográficas	12

<b>Figuras</b>	<b>Pág.</b>
Figura N° 1: Mapa de ubicación geográfica del área de estudio y distribución espacial de los puntos de registro.	4
Figura N° 2: Tabla con descripción y ubicación geográfica de los puntos de registro de precipitaciones.	5
Figura N° 3: Panel de gráficos de precipitación anual correspondientes a los puntos de registro de La Rioja, Punta de los Llanos, Chamical, El Portezuelo y Catuna.	7
Figura N° 4: Tabla con estadísticas de regresión para los datos de la GPM y el CHIPS obtenidas a partir de la comparación con los registros de precipitación de campo.	8
Figura N° 5: Tabla de errores de estimación de los datos de la GPM y del CHIRPS obtenidos de la comparación con los registros de campo.	9
Figura N° 6: Gráfico de precipitación acumulada promedio y estadísticas generales del periodo para cada una de las fuentes de datos.	10
Figura N° 7: Mapas de precipitación media anual elaborados con datos de la GPM y el CHIRPS.	11

## **RESUMEN**

El agua es fundamental para la vida en la Tierra. Saber dónde y cuánta lluvia cae es vital para conocer y comprender el régimen pluviométrico de cualquier territorio. La correcta estimación de las precipitaciones representa un gran desafío dada la variabilidad espaciotemporal del fenómeno.

El objetivo principal de este trabajo consistió en analizar los productos de la GPM (Global Precipitation Measurement) y del CHIRPS (Climate Hazards InfraRed Precipitations with Stations) en cuanto a la representación de eventos anuales de precipitación en los Llanos de La Rioja (Argentina), comparando sus datos con registros de observaciones pluviométricas para una serie temporal comprendida entre 2015 y 2020.

La metodología empleada contempló la comparación de datos a través de un análisis en el cual se utilizó el “coeficiente de determinación” ( $R^2$ ), el “coeficiente de correlación” ( $R$ ), el “error absoluto” y el “error medio” de datos satelitales con respecto a datos de superficie; con la finalidad de determinar la relación existente entre las fuentes.

Los resultados determinan que los datos del CHIRPS, aunque con un cierto grado de error, son los que de forma más próxima a la realidad representan la precipitación anual de la región de los Llanos de La Rioja. Más allá de que esta fuente asume generalmente una tendencia a sobreestimar ligeramente los datos observados en la región, constituye una opción más eficiente que la brindada por la GPM.

## **ABSTRACT**

Water is essential for life on Earth. Knowing where and how much rain falls is vital to know and understand the rainfall regime of any territory. The correct estimation of rainfall represents a great challenge given the spatiotemporal variability of the phenomenon.

The main objective of this work was to analyze the products of the GPM (Global Precipitation Measurement) and the CHIRPS (Climate Hazards InfraRed Precipitations with Stations) in terms of the representation of annual precipitation events in the Llanos de La Rioja (Argentina), comparing its data with records of rainfall observations for a time series between 2015 and 2020.

The methodology used contemplated the comparison of data through an analysis in which the "coefficient of determination" ( $R^2$ ), the "correlation coefficient" (R), the "absolute error" and the "mean error" of satellite data with respect to surface data; in order to determine the relationship between the sources.

The results determine that the CHIRPS data, although with a certain degree of error, are the ones that most closely represent the annual precipitation of the Llanos de La Rioja region. Beyond the fact that this source generally assumes a tendency to slightly overestimate the data observed in the region, it constitutes a more efficient option than that provided by the GPM.

## **INTRODUCCIÓN**

Durante mucho tiempo la información de precipitación a través de las estaciones meteorológicas y/o pluviómetros en superficie fue la única fuente de datos, y la interpolación era la metodología más utilizada para estimar precipitaciones en aquellos lugares sin un instrumento de medición.

Ante la problemática de insuficiencia de registros de precipitación observada en superficie, diversos grupos de investigación se han enfocado en el desarrollo de la tecnología de sensores de satélites y su exploración con el fin de obtener una estimación de lluvia a escala global.

Actualmente se cuenta con una serie de modelos de datos estimados de precipitación generados a partir de imágenes satelitales. Sin embargo, ninguno de los sensores de satélite detecta el fenómeno como tal, ya que la relación entre las observaciones y la precipitación estimada es indirecta, debido a que entra en juego una serie de variables (Toté et al., 2015). Las estimaciones derivadas de los datos satelitales proporcionan promedios de área que a menudo subestiman o sobrestiman los eventos extremos de precipitación.

La precipitación tiene una gran variabilidad y los productos de satélite contienen incertidumbre en sus valores, por lo que resulta necesario confrontar las estimaciones de satélite con las mediciones pluviométricas de superficie para evaluar el comportamiento a escala local y regional (Brizuela et al., 2015).

Si bien estos productos conllevan una gran variedad de beneficios en términos de continuidad espacial y temporal, también reflejan diferencias significativas entre sí, por ello, resulta fundamental evaluar el desempeño de estas bases de datos antes de usar la información (Ebert et al., 2007).

La hipótesis de este trabajo es que los datos generados por el grupo CHIRPS resultan una alternativa valiosa para completar los vacíos de información pluviométrica del territorio de la Región de los Llanos de La Rioja.

## **OBJETIVOS**

Objetivo primario:

- Determinar estadísticamente la fuente de datos satelital que mejor representa la precipitación anual de la Región de los Llanos de La Rioja.

Objetivos secundarios:

- Recopilar y procesar datos de precipitación registrados por la Estación Experimental Agropecuaria del INTA La Rioja.
- Comparar las estimaciones satelitales de la GPM y del CHIRPS con los datos de observaciones en superficie de la región.
- Determinar el coeficiente de correlación, coeficiente de determinación, error absoluto y error medio de las estimaciones satelitales con respecto a los datos de observaciones en superficie.

## **MATERIALES Y MÉTODO**

El área de estudio comprende la región de los “Llanos de La Rioja” (Figura N° 1), la cual se ubica geográficamente en la mitad Sur de esa provincia y al Noroeste de la República Argentina, abarcando una superficie aproximada de 4,8 millones de hectáreas (IGN). Comprende el territorio de los Departamentos: Capital, Independencia, General Ángel Vicente Peñaloza, Chamental, General

Belgrano, General Juan Facundo Quiroga, General Ocampo, Rosario Vera Peñalosa y General San Martín.

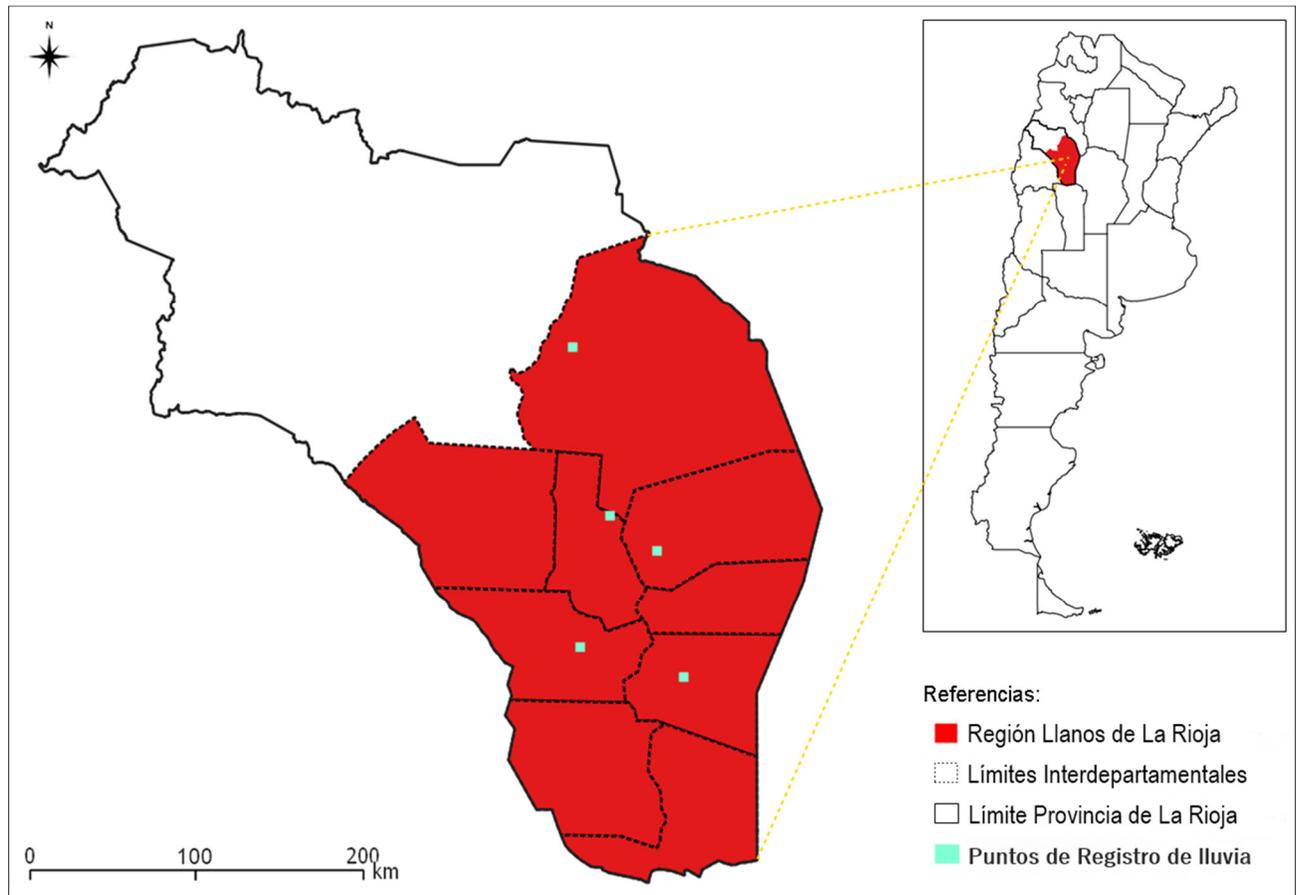


Figura N° 1: mapa de ubicación geográfica del área de estudio (en color rojo) y distribución espacial de los puntos de registro (rectángulo color celeste).

En este trabajo se presenta un análisis comparativo en el cual se generaron tablas, gráficos de línea y diagramas de dispersión mediante el uso de planilla de cálculo de Microsoft Excel ®.

El análisis comparativo permite identificar visualmente y cuantificar las sobre y subestimaciones de los datos de satélite con respecto a los datos in situ (Urrea et al., 2016).

Se realizó, para todo el conjunto de datos (serie temporal 2015-2020), una comparación de carácter estadístico, para lo cual se utilizó el “coeficiente de determinación” ( $R^2$ ) y el “coeficiente de correlación” a fin de determinar la relación existente entre las variables. Con el coeficiente de determinación (valores entre 0 y 1) se evaluó el grado en que el modelo generado a partir de las

observaciones explica las variaciones que se producen en la variable dependiente de éstas. Con el coeficiente de correlación (valores entre -1 y 1) se examinó la dirección y la fuerza de la asociación entre las variables cuantitativas.

Los datos de precipitación in situ se obtuvieron de registros históricos del INTA Estación experimental Agropecuaria La Rioja (Figura N° 2).

PUNTOS DE REGISTRO DE PRECIPITACIÓN			
Localidad	Departamento	Latitud	Longitud
La Rioja	Capital	-29.37921	-66.77788
Punta de Los Llanos	Gral. Ángel V. Peñaloza	-30.14318	-66.57042
Chamical	Chamical	-30.36883	-66.31837
El Portezuelo	Gral. Juan F. Quiroga	-30.83113	-66.70046
Catuna	Gral. Ocampo	-30.96511	-66.16703

Figura N° 2: tabla con descripción y ubicación geográfica (latitud y longitud) de los puntos de registro de precipitaciones.

Las fuentes de los datos satelitales de precipitación fueron la GPM y el CHIRPS. La obtención de los mismos se llevó a cabo mediante la plataforma de análisis geoespacial de “Google Earth Engine”. A fin de obtener las series con los datos anuales de precipitación del periodo en cuestión, se hizo la selección de los pixeles correspondientes a la localización física de cada punto de registro (Figura N° 2).

**Global Precipitation Measurement (GPM):** es una *Misión Internacional de Medición Global de las Precipitaciones* basada en una red internacional de satélites que proporciona observaciones de lluvia y nieve. La GPM despliega un satélite que lleva un sistema avanzado de radar/radiómetro para medir la precipitación desde el espacio y que sirve como un estándar de referencia para unificar las mediciones de precipitación mundial ([www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)).

La GPM fue iniciada por la NASA y la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA) a partir del año 2014. Es el sucesor global de la TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), la

primera misión satelital dedicada a medir la precipitación en forma de lluvia tropical y subtropical. Comprende un consorcio de agencias espaciales internacionales, incluido el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES), la Organización de Investigación Espacial India (ISRO), la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT), entre otros.

El Observatorio Central de la GPM continúa con la estrategia de muestreo de TRMM, pero extiende las observaciones a latitudes más altas, cubriendo el mundo desde el Círculo Antártico hasta el Círculo Polar Ártico. El satélite de la GPM Core Observatory genera, junto con los datos de otros 12 satélites, un producto con datos de mejor resolución espacial que los de la TRMM.

**Climate Hazards InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS):** es una base de datos de precipitación cuasi global creada en colaboración con científicos del Centro de Observación y Ciencia de los Recursos de la Tierra (EROS), y administrada por el Geological Survey (USGS) y la University of California, Santa Bárbara (UCSB). Se encuentra a disposición desde 2014. Contiene información desde 1981 hasta el presente y una extensión espacial con datos únicamente en las zonas terrestres. Las resoluciones temporales son días, pentadas (5 días), meses y años (Peterson et al., 2013).

Los datos de precipitación CHIRPS son generados por el *Grupo de Riesgos Climáticos y Precipitación Infrarroja con Datos de la Estación*, principalmente con información de CHPCLim (Climate Hazards Precipitation Climatology), la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), el CPC (Centro Climático de Predicción) y el NCDC (Centro Nacional de Datos Climáticos de los Estados Unidos). También incluyen observaciones realizados por la TRMM y datos de una gran variedad de fuentes incluidas los servicios meteorológicos nacionales y regionales (Funk et al., 2014).

## RESULTADOS

En el panel de gráficos (Figura N° 3) se puede observar que en general tanto la GPM (línea azul) como el CHIRPS (línea celeste) tienden a sobreestimar la precipitación anual con respecto a los datos de superficie registrados por INTA de La Rioja (línea negra). La excepción a esto lo constituye el píxel correspondiente al punto de registro de La Rioja, en donde se observa una ligera subestimación por parte de la fuente CHIRPS.

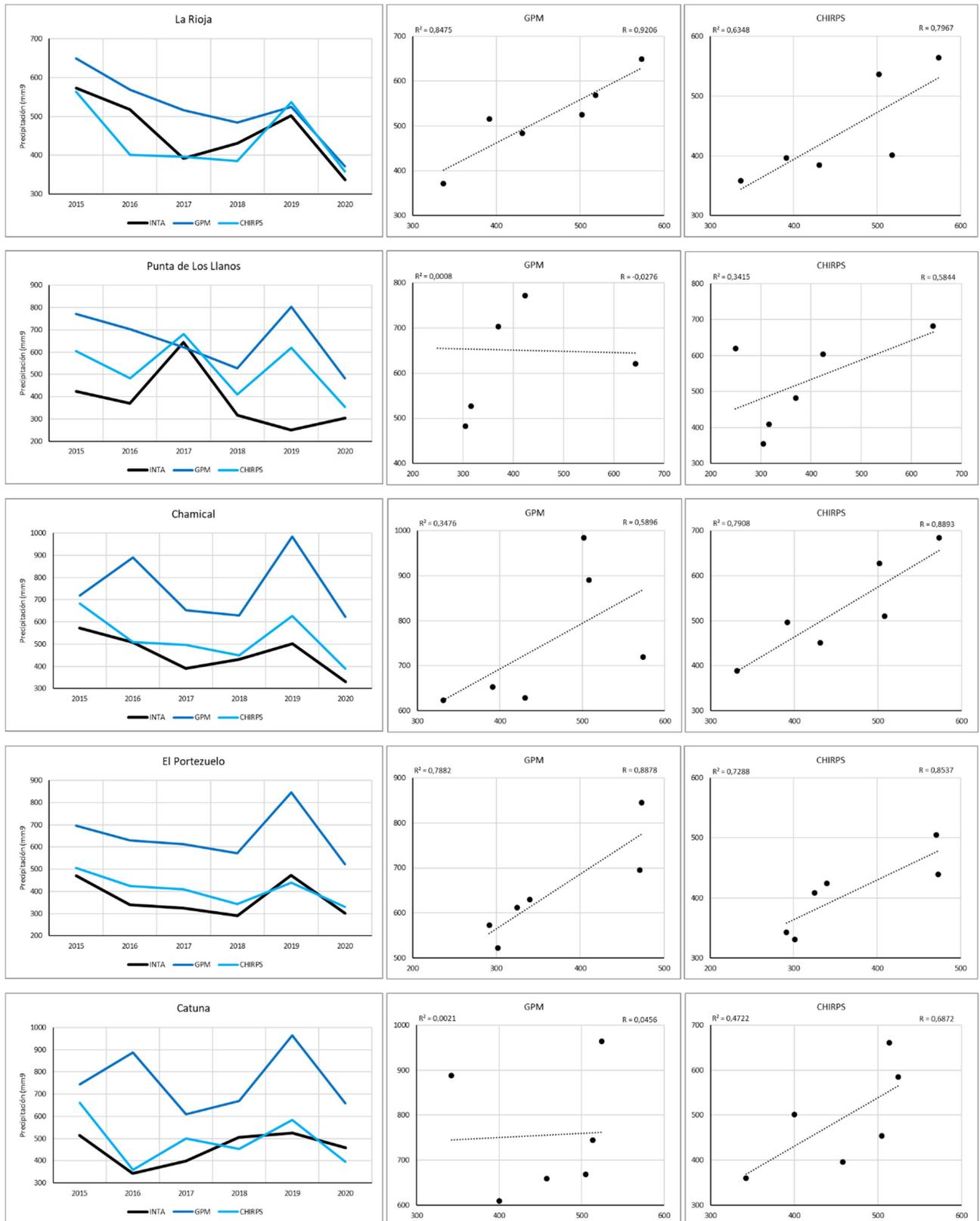


Figura N° 3: panel de gráficos de precipitación anual (INTA, GPM y CHIRPS) correspondientes a los puntos de registro de La Rioja, Punta de los Llanos, Chemical, El Portezuelo y Catuna.

La Figura N° 3 muestra coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para los datos del CHIRPS que varían entre 0,3415 y 0,7908. Para los datos de la GPM dicho coeficiente oscila entre 0,0008 y 0,8475.

Los coeficientes de correlación (R) para los datos del CHIRPS varían entre 0,5844 y 0,8893. Para los datos de la GPM dicho coeficiente oscila entre -0,0276 y 0,9206.

<b>DETERMINACIÓN Y CORRELACIÓN</b>				
Punto de registro	<b>GPM</b>		<b>CHIRPS</b>	
	Coeficiente de Determinación	Coeficiente de Correlación	Coeficiente de Determinación	Coeficiente de Correlación
La Rioja	0,8475	0,9206	0,6348	0,7967
P. Los Llanos	0,0008	-0,0276	0,3415	0,5844
Chemical	0,3476	0,5896	0,7908	0,8893
El Portezuelo	0,7882	0,8878	0,7288	0,8537
Catuna	0,0021	0,0456	0,4722	0,6872
<b>Promedio</b>	<b>0,3972</b>	<b>0,4832</b>	<b>0,5936</b>	<b>0,7623</b>

Figura N° 4: tabla con estadísticas de regresión (coeficientes de determinación y correlación) para los datos de la GPM y del CHIRPS obtenidas a partir de la comparación con los registros de precipitación de campo.

De los datos del CHIRPS surgen valores promedio de  $R^2= 0,5936$  y de  $R= 0,7623$ . Mientras que de los de la GPM surgen valores de  $R^2= 0,3972$  y de  $R= 0,4832$ , tal como se observa en la Figura N° 4.

Los datos del CHIRPS representan aproximadamente el 89% de la precipitación anual de la región, mientras que los de la GPM representan el 64%.

Para CHIRPS, el píxel de Chemical con un  $R^2= 0,7908$  y un  $R= 0,8893$  es el que mejor está representado, por ende, es el que menor dispersión presenta (Figura N° 3: fila 3, columna 3). En cambio, el de Punta de Los Llanos, con un  $R^2= 0,3415$  y  $R= 0,5844$  es el que más alejado está de los registros derivados de observaciones en superficie. Se observa para este punto de registro una significativa sobreestimación de la precipitación observada, especialmente en los datos del año 2019;

lo cual determina una importante dispersión de los datos tal como se observa en la Figura N° 3 (fila 2, columna 3).

En el caso de la GPM, el píxel de La Rioja con un  $R^2= 0,8475$  y un  $R= 0,9206$  es el que mejor está representado. En cambio, al igual que la otra fuente satelital, el píxel de Punta de los Llanos es el que más alejado está de los registros derivados de observaciones en superficie.

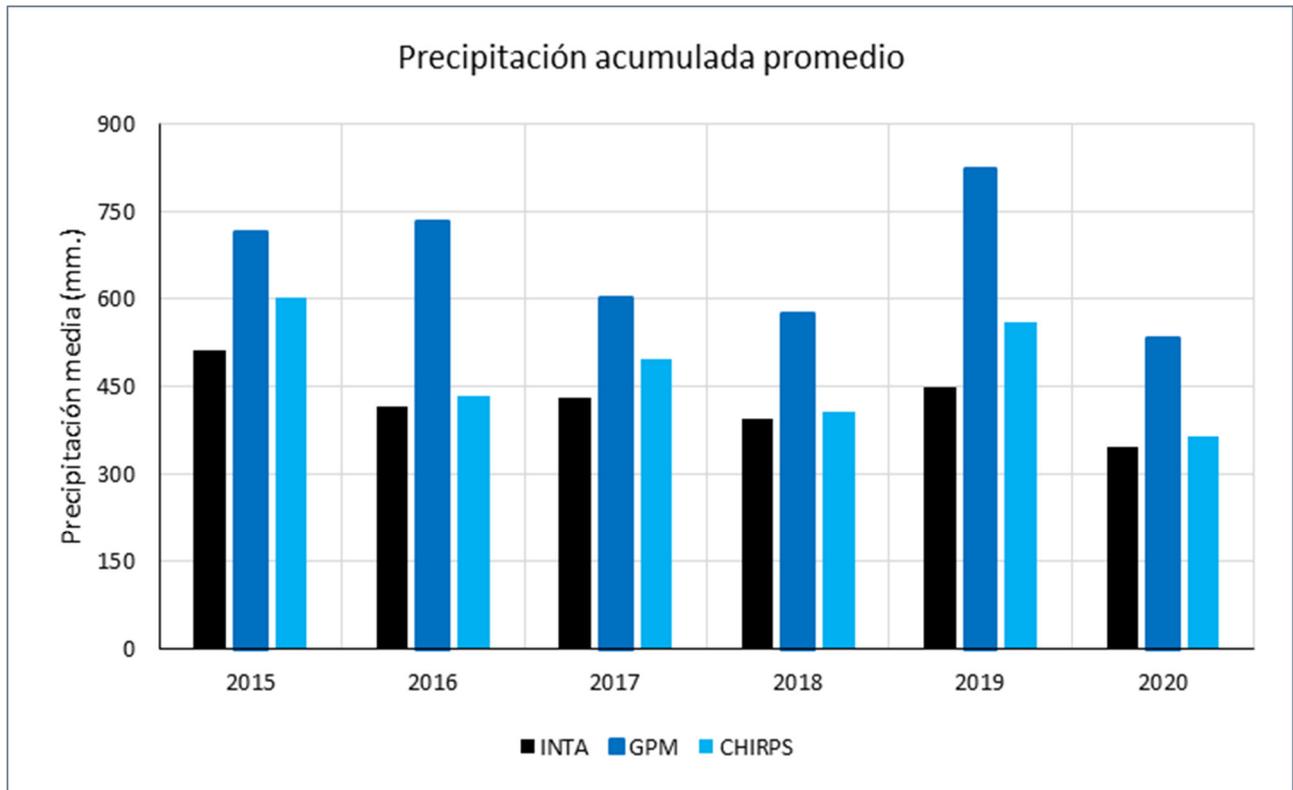
En cuanto a los errores de pronóstico la GPM arrojó un Error Absoluto promedio de 1.438mm. para el periodo analizado, equivalente a una media de 239mm. por año. El valor mínimo de este error lo presentó el punto de registro de La Rioja con 361mm. (media de 60mm. anuales) y el valor máximo Catuna con 1.789mm. (media de 298mm. anuales).

<b>ERRORES DE PRONÓSTICO</b>				
Punto de registro	<b>GPM</b>		<b>CHIRPS</b>	
	Absoluto	Medio	Absoluto	Medio
La Rioja	361,52	60,25	-110,19	-18,36
P. Los Llanos	1601,56	266,93	842,78	140,46
Chamical	1762,43	293,74	420,58	70,10
El Portezuelo	1675,59	279,27	248,41	41,40
Catuna	1789,60	298,27	214,21	35,70
<b>Promedio</b>	<b>1438,14</b>	<b>239,69</b>	<b>323,16</b>	<b>53,86</b>

Figura N° 5: tabla de errores de estimación (Error Absoluto y Error Medio) de los datos de la GPM y del CHIRPS obtenidos de la comparación con los registros del INTA de La Rioja.

El CHIRPS arrojó un Error Absoluto promedio de 323mm. para el periodo analizado, equivalente a una media de 53mm. por año. El valor mínimo de este error lo presentó el punto de registro de La Rioja con -110mm. (media de -18mm. anuales) y el valor máximo Punta de los Llanos con 842mm. (media de 140mm. anuales).

Comparando los valores anuales de precipitación se observa un patrón similar en la evolución de las fuentes, sin embargo, pueden verse años como el 2016 y el 2019 en donde las diferencias son mayores en el caso de la GPM (Figura N° 6).



Estadística	INTA	GPM	CHIRPS
Media	424,71	664,40	478,57
Desv. Estándar	55,16	111,75	91,95
Mediana	422,90	659,12	466,08
Varianza	3042,31	12488,66	8454,30

Figura N° 6: gráfico de precipitación acumulada promedio y estadísticas generales del periodo 2015-2020 para cada una de las fuentes de datos (INTA, GPM y CHIRPS).

Las estadísticas que se exponen en el panel inferior de la Figura N° 6 reafirman que los datos satelitales del CHIRPS, aunque con un cierto grado de error (considerablemente inferior al de la GPM), son los que de forma más próxima a la realidad representan la precipitación anual de la región de los Llanos de La Rioja; aunque con una sobreestimación promedio del 12%. En la Media se observa una diferencia de 53mm. con respecto a los datos de observaciones en superficie. En el Desvío Estándar la diferencia es de 36mm. y de 43mm. en la Mediana.

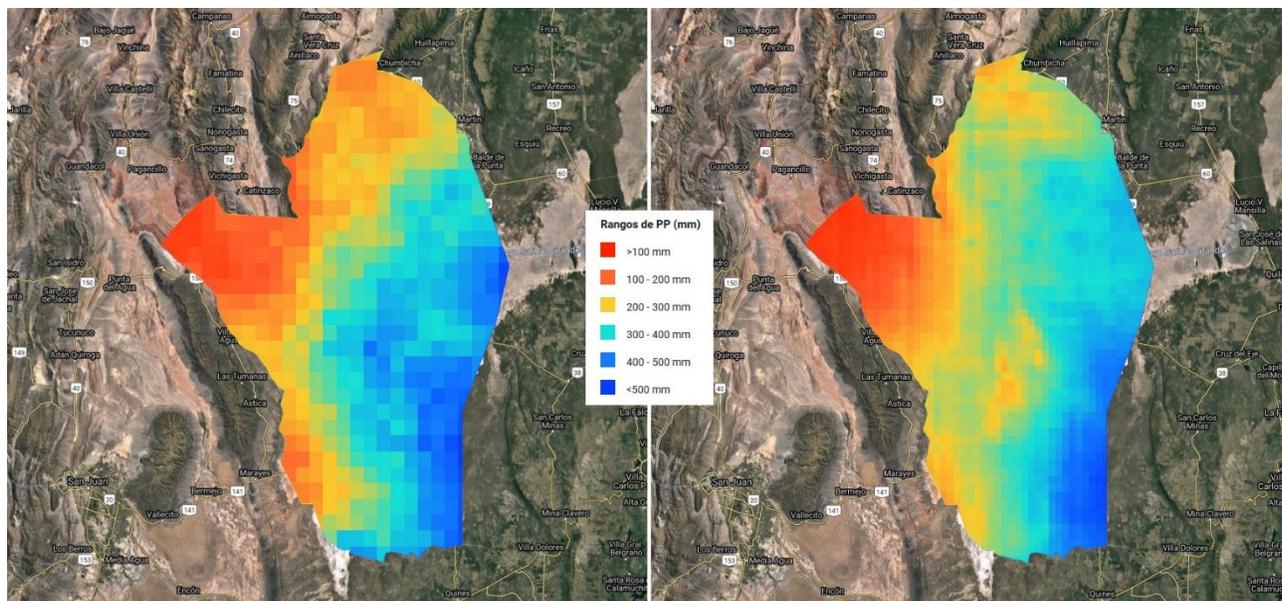


Figura N° 7: mapas de precipitación media anual del periodo 2015-2020 elaborado con datos de la GPM (panel izquierdo) y el CHIRPS (panel derecho).

## CONCLUSIONES

Los resultados determinan que los datos del grupo CHIRPS, tal como lo planteado en la hipótesis, son los que de forma más próxima a la realidad representan la precipitación anual en los Llanos de La Rioja. Más allá de que esta fuente asume generalmente una tendencia a sobreestimar ligeramente los datos observados en la región, constituye una opción más eficiente que la brindada por la GPM.

Los datos del CHIRPS constituyen un insumo valioso que pueden ser de gran utilidad para completar vacíos de información existentes debido a la baja densidad e irregular distribución espacial de estaciones meteorológicas.

Los productos del CHIRPS conllevan una gran variedad de beneficios en términos de continuidad espacial y temporal, sin embargo, también reflejan algunas diferencias en cuanto a la precisión de las estimaciones, las cuales varían dependiendo del año, el lugar y el periodo analizado. Todas estas características determinan los límites dentro de los cuales estos datos pueden ser usados.

Las estimaciones de precipitaciones derivadas de datos satélites no superan la necesidad de contar con observaciones mediante estaciones meteorológicas, pero son una fuente valiosa para las zonas donde se carece de registros pluviométricos.

Tomando como base este análisis a nivel anual, se sugiere un estudio posterior que analice el comportamiento mensual de los datos del CHIRPS, y que además comprenda una serie temporal más extensa, lo cual podría ser útil para determinar la representatividad de la precipitación durante la estación seca y la estación húmeda. En este sentido, quizás sea conveniente un análisis más específico que podría ser a nivel departamental o a nivel cuenca.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Brizuela, A., Noretto, M., Aguirre, C. & Bressán, M. (2015). Comparación de datos de precipitación estimada por TRMM con mediciones en estaciones meteorológicas de Entre Ríos, Argentina. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia - Revista UD y la Geomática.

Collarani Anagua, F. & Villazón Gomez, F. (2018). Validación del satélite meteorológico CHIRPS en la Cuenca Rurrenabaque-Bolivia. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú - Laboratorio de Hidráulica Universidad Mayor de San Simón (LHUMSS), Cochabamba, Bolivia.

Ebert, E., Janowiak, J., Kidd, C. (2007). Comparison of Near-Real-Time Precipitation Estimates From Satellite Observations. Bulletin of the American Meteorological Society - University of Maryland, College Park, Estados Unidos.

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.

Peterson, P., Funk, C., Husak, G., Pedreros, D., Landsfeld, M., Verdin, J., Shukla, S. (2013). The Climate Hazards group InfraRed Precipitation (CHIRP) with Stations (CHIRPS): Development and Validation. University of California, Santa Barbara - US Geological Survey.

Rojas Morales, N. (2018). Validación de la base de datos de precipitación CHIRPS v.2 para Costa Rica a escala mensual en el período 1981-2013. Tesis Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) - Turrialba, Costa Rica.

Toté, C., Patricio, D., Boogaard, H., Van der Wijngaart, R., Tarnavsky, E., Funk, C. (2015). Evaluation of Satellite Rainfall Estimates for Drought and Flood Monitoring in Mozambique. Flemish Institute for Technological Research - Instituto Nacional de Meteorologia (INAM) - Alterra, Wageningen University - Department of Meteorology, University of Reading – United States Geological Survey (USGS) - Earth Resources Observation and Science (EROS) - University of California Santa Barbara.

Urrea, V., Ochoa, A., Mesa, O. (2016). Validación de la base de datos de precipitación CHIRPS para Colombia a escala diaria, mensual y anual en el período 1981-2014. National University of Colombia - IXXVII Congreso Latinoamericano de hidráulica. Lima, Perú.

El agua es fundamental para la vida en la Tierra. Saber dónde y cuánta lluvia cae es vital para conocer y comprender el régimen pluviométrico de cualquier territorio. La correcta estimación de las precipitaciones representa un gran desafío dada la variabilidad espaciotemporal del fenómeno.

El objetivo principal de este trabajo consistió en analizar los productos de la GPM (Global Precipitation Measurement) y del CHIRPS (Climate Hazards InfraRed Precipitations with Stations) en cuanto a la representación de eventos anuales de precipitación en los Llanos de La Rioja (Argentina), comparando sus datos con registros de observaciones pluviométricas para una serie temporal comprendida entre 2015 y 2020.

La metodología empleada contempló la comparación de datos a través de un análisis en el cual se utilizó el “coeficiente de determinación” ( $R^2$ ), el “coeficiente de correlación” ( $R$ ), el “error absoluto” y el “error medio” de datos satelitales con respecto a datos de superficie; con la finalidad de determinar la relación existente entre las fuentes.

Los resultados determinan que los datos del CHIRPS, aunque con un cierto grado de error, son los que de forma más próxima a la realidad representan la precipitación anual de la región de los Llanos de La Rioja. Más allá de que esta fuente asume generalmente una tendencia a sobreestimar ligeramente los datos observados en la región, constituye una opción más eficiente que la brindada por la GPM.