

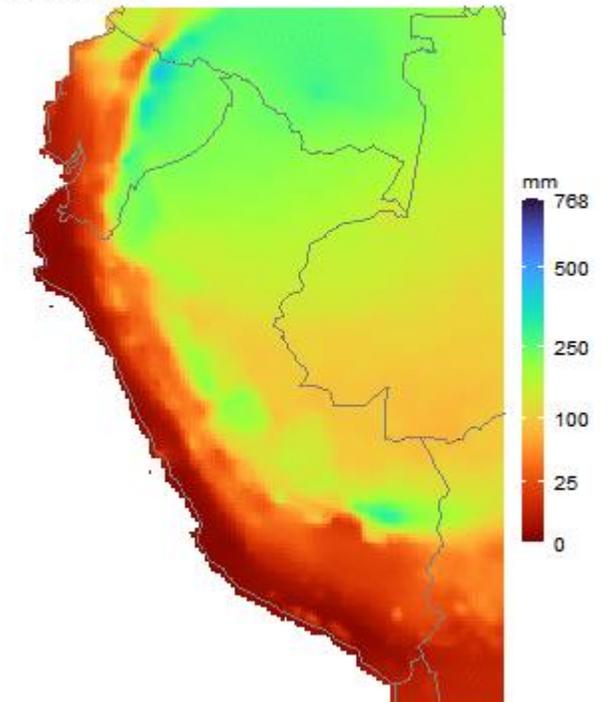
# Generación del producto grillado de precipitación para Perú y Ecuador (RAIN4PE) y aplicación en el modelamiento hidrológico de las cuencas del Perú ([RAIN4PE](#))

**Carlos Antonio Fernandez-Palomino** ([palomino@pik-potsdam.de](mailto:palomino@pik-potsdam.de), [cafpxl@gmail.com](mailto:cafpxl@gmail.com))<sup>1,2</sup>, Fred F. Hattermann<sup>1</sup>, Valentina Krysanova<sup>1</sup>, Anastasia Lobanova<sup>1</sup>, Fiorella Vega-Jácome<sup>3</sup>, Waldo Lavado<sup>3</sup>, William Santini<sup>4</sup>, Cesar Aybar<sup>5</sup>, and Axel Bronstert<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Potsdam Institute for Climate Impact Research, <sup>2</sup> University of Potsdam, <sup>3</sup> Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, <sup>4</sup> Institut de Recherche pour le Développement, <sup>5</sup> University of Salzburg

**[RAIN4PE](#)** (Rain for Peru and Ecuador) es el único producto de precipitación para Perú y Ecuador, que se beneficia de datos de precipitación observada, precipitación estimada (satélite y re-análisis) y elevación, y además se complementa con los datos de caudal para estimar la precipitación total en cuencas con importante contribución del agua de neblina. RAIN4PE está disponible a una resolución diaria y ~10 km para el período 1981-2015

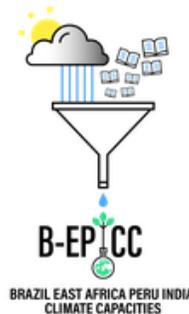
Month: Sep



Lima 2022



POTSDAM INSTITUTE FOR  
CLIMATE IMPACT RESEARCH





## Temas

- 1) Desarrollo del producto de precipitación **RAIN4PE** (Rain for Peru and Ecuador)
- 2) Evaluación de **RAIN4PE** y otros conjuntos de datos grillados de precipitación como **CHIRP, ERA5, CHIRPS, MSWEP, PISCO** para el modelamiento hidrológico de todas las cuencas hidrográficas del Perú, incluyendo cuencas transfronterizas

# Descripción: medición y productos de precipitación

**AGU PUBLICATIONS**

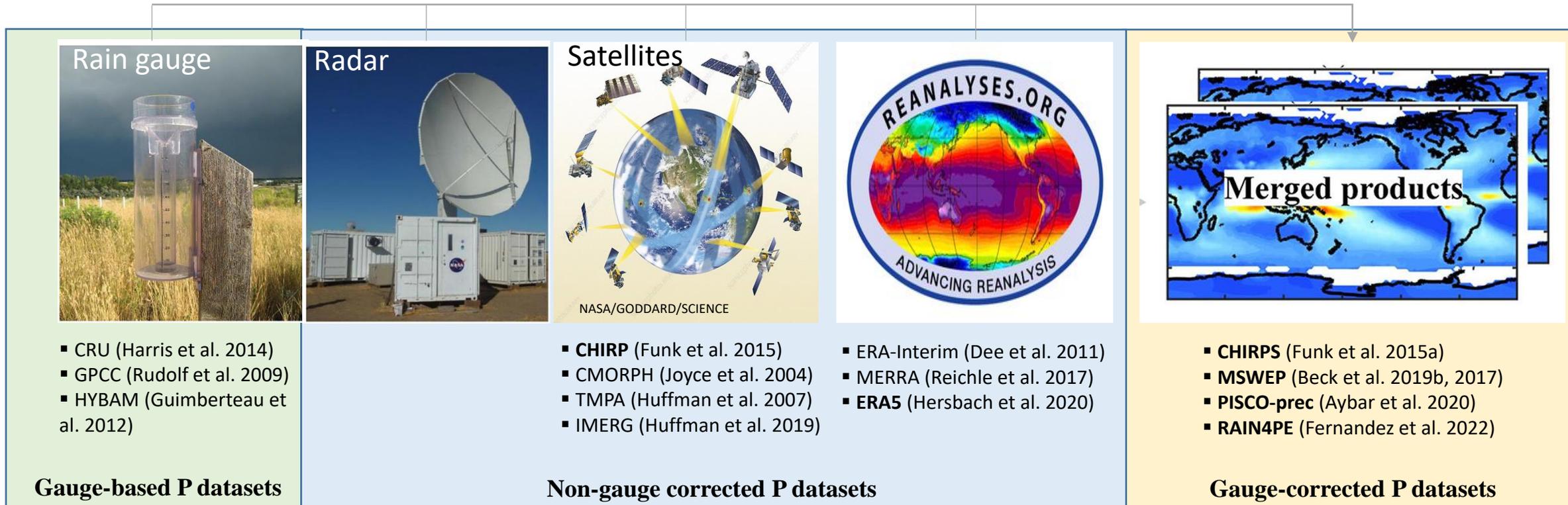
**Reviews of Geophysics**

**REVIEW ARTICLE**  
10.1002/2017RG000574

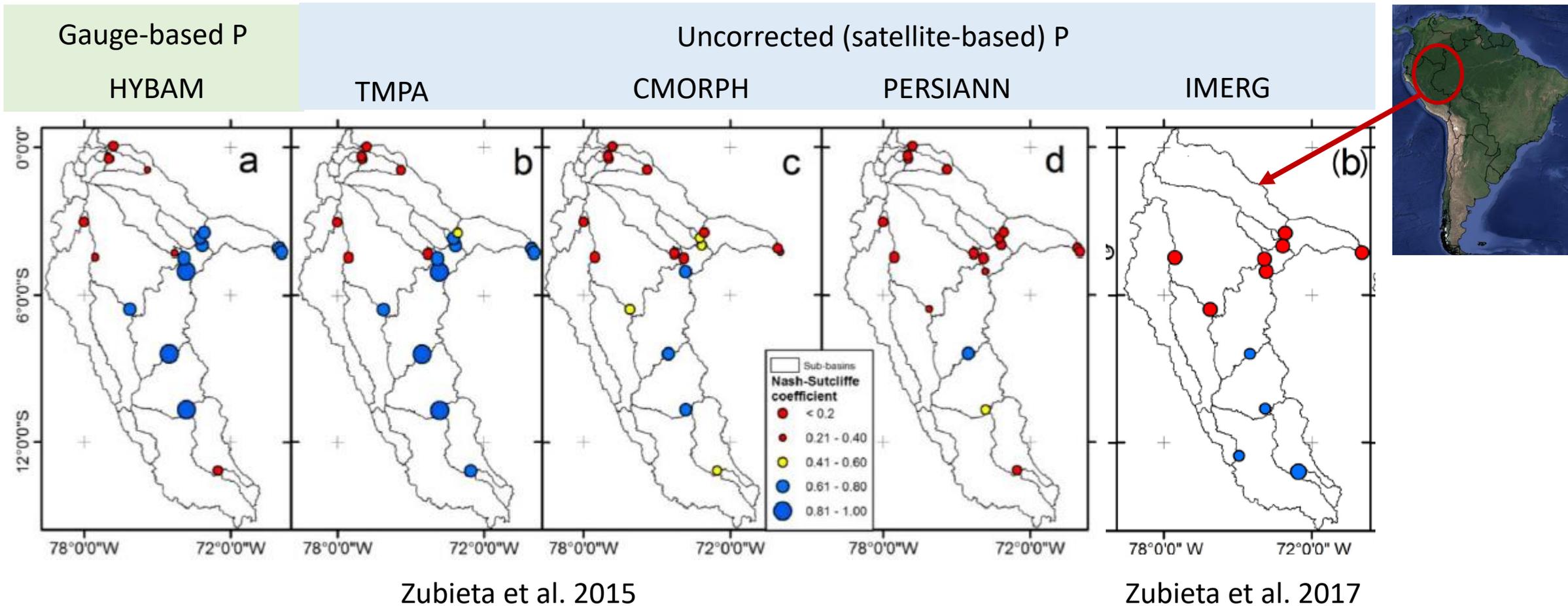
**A Review of Global Precipitation Data Sets: Data Sources, Estimation, and Intercomparisons**

**Key Points:**  
to conduct a comprehensive review of precipitation data sets.

Qiaohong Sun<sup>1</sup>, Chiyuan Miao<sup>1</sup>, Qingyun Duan<sup>1</sup>, Hamed Ashouri<sup>2</sup>, Soroosh Sorooshian<sup>2</sup>, and Kuo-Lin Hsu<sup>2</sup>



# Motivación: desempeño pobre del modelo hidrológico utilizando diferentes productos de precipitación (P) en la cuenca alta del río Amazonas



Zubieta et al. 2015

Zubieta et al. 2017

# Consideración: importancia de la contribución del agua de neblina al sistema en la generación de un producto de precipitación

Contribución de agua de neblina al sistema



Helmer et al. 2019



## Hydrological Processes

RESEARCH ARTICLE

### Contribution of occult precipitation to the water balance of páramo ecosystems in the Colombian Andes

María Fernanda Cárdenas, Conrado Tobón, Wouter Buytaert



Forest Ecology and Management  
Volume 255, Issues 3–4, 20 March 2008, Pages 1315–1325



### Rainfall and cloud-water interception in tropical montane forests in the eastern Andes of Central Peru

Daniel Gomez-Peralta, Steven F. Oberbauer, Michael E. McClain, Thomas E. Philippi

Hydrol. Earth Syst. Sci., 18, 5377–5397, 2014  
www.hydrol-earth-syst-sci.net/18/5377/2014/  
doi:10.5194/hess-18-5377-2014  
© Author(s) 2014. CC Attribution 3.0 License.



### The hydrological regime of a forested tropical Andean catchment

K. E. Clark, M. A. Torres, A. J. West, R. G. Hilton, M. New, A. B. Horwath, J. B. Fisher, J. M. Rapp, A. Robles Caceres, and Y. Malhi

- 0-30% del total de la precipitación (precipitación líquida + agua de neblina)

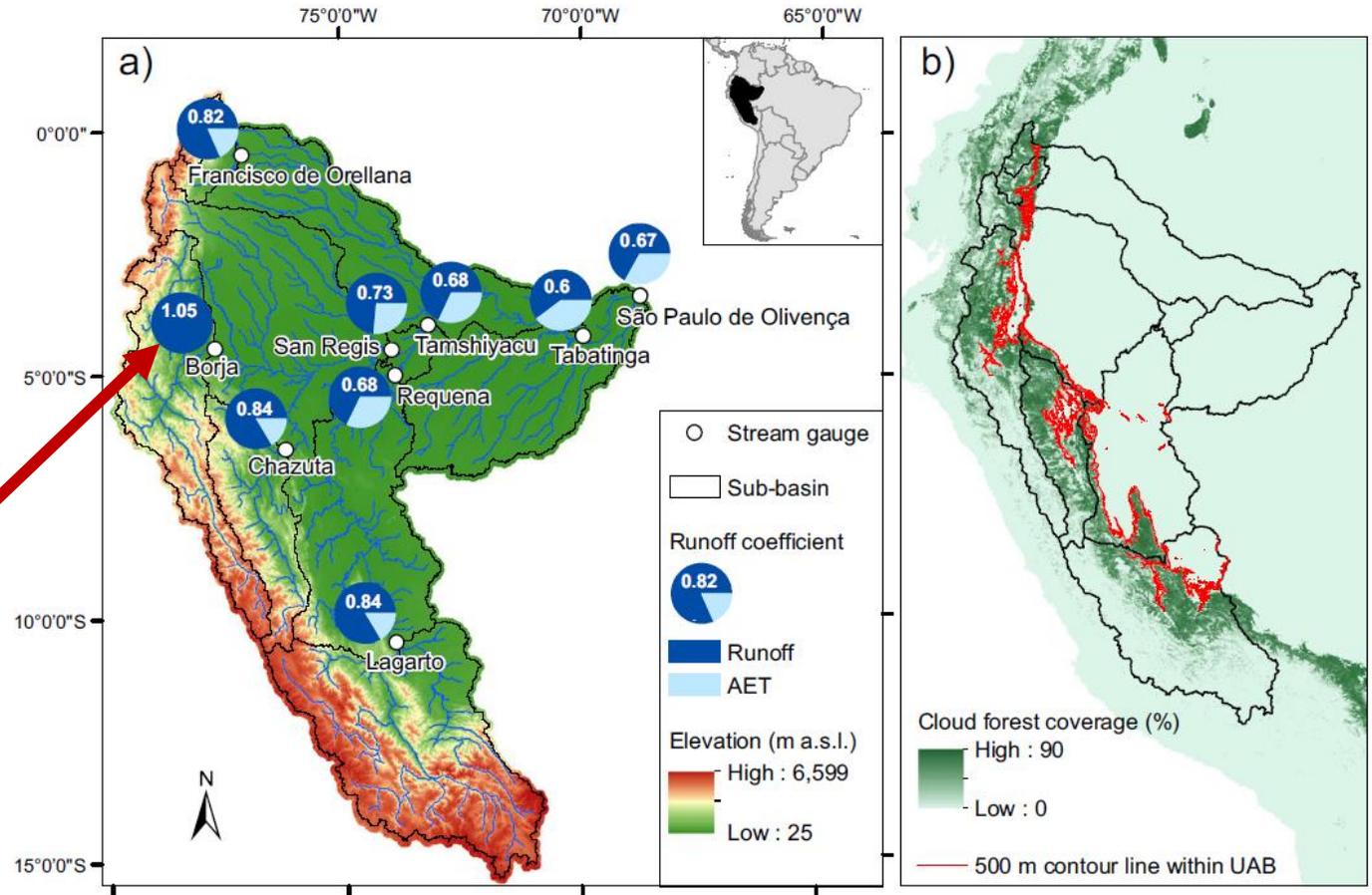
# Implicaciones hidrológicas si no se considera el agua de neblina en los productos de precipitación

Climatic Change  
DOI 10.1007/s10584-016-1706-1

Adjustment of global precipitation data for enhanced hydrologic modeling of tropical Andean watersheds

Michael Strauch<sup>1</sup> · Rohini Kumar<sup>2</sup> · Stephanie Eisner<sup>3</sup> · Mark Mulligan<sup>4</sup> · Julia Reinhardt<sup>5</sup> · William Santini<sup>6,7</sup> · Tobias Vetter<sup>5</sup> · Jan Friesen<sup>8</sup>

- Coeficiente de escorrentía mayor que 1
- Desbalance en el balance hídrico



**Fig. 1** **a** Elevation map of the UAB including stream gauges and their runoff coefficients based on WFDEI precipitation and observed runoff (AET = actual evapotranspiration after water balance closure); **b** distribution of significantly cloud affected forests (source: Mulligan 2010)



¿Cómo estimar la precipitación total en regiones con datos escasos y desbalance en el balance hídrico?

## IJR Atmospheres

Research Article | Free Access

Soil as a natural rain gauge: Estimating global rainfall from satellite soil moisture data

Luca Brocca , Luca Ciabatta, Christian Massari, Tommaso Moramarco, Sebastian Hahn, Stefan Hasenauer, Richard Kidd, Wouter Dorigo, Wolfgang Wagner, Vincenzo Levizzani



Journal of Hydrology

Volume 556, January 2018, Pages 993-1012



Research papers

Spatiotemporal patterns of precipitation inferred from streamflow observations across the Sierra Nevada mountain range

Brian Henn <sup>a</sup> , Martyn P. Clark <sup>b</sup> , Dmitri Kavetski <sup>c</sup> , Andrew J. Newman <sup>b</sup> , Mimi Hughes <sup>d, e</sup> , Bruce McGurk <sup>f</sup> , Jessica D. Lundquist <sup>g</sup>

**Precipitación?**



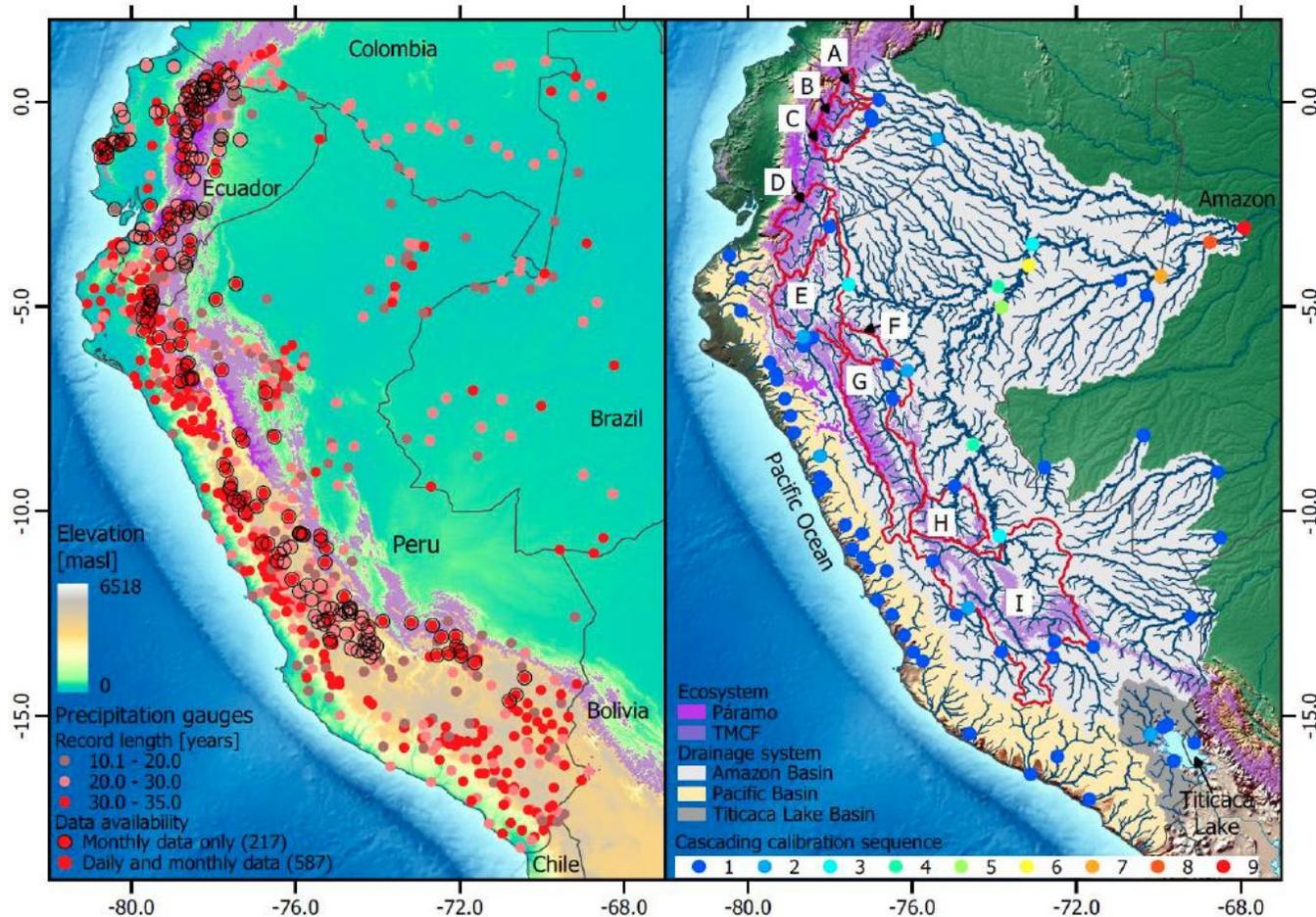
**Humedad del suelo**

**Precipitación?**



**Caudales**

# Área de estudio y datos



Estaciones pluviométricas (804)

Estaciones hidrológicas (72)

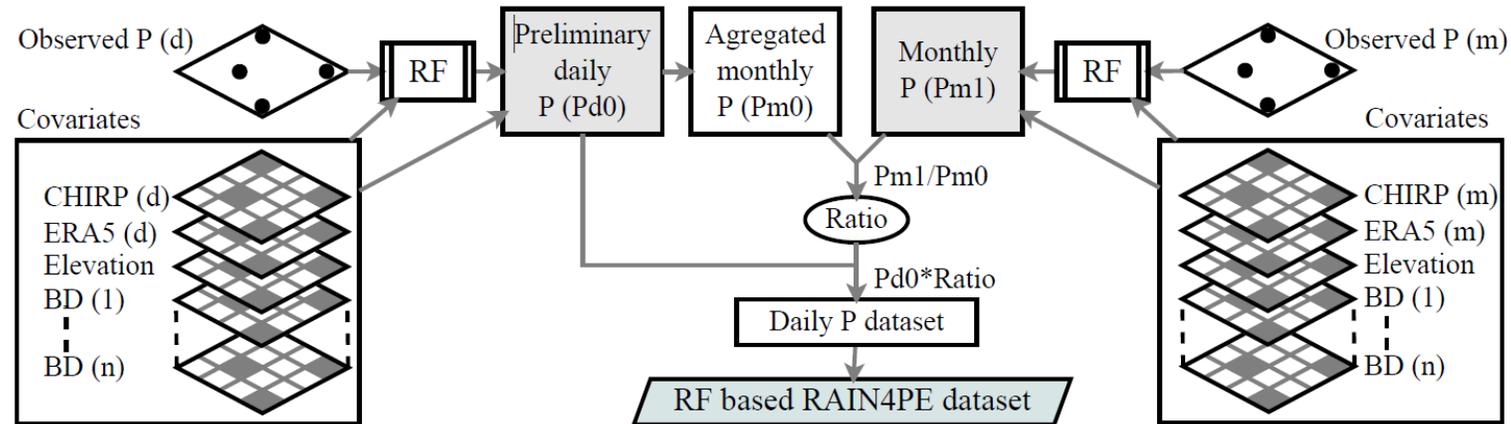
## Datos para la estimación de la precipitación

- Fuentes de precipitación
  - ✓ Precipitación observada
  - ✓ Precipitación estimada en base a satélite (CHIRP dataset)
  - ✓ Precipitación estimada en base a reanálisis (ERA5 dataset)
- Elevación
- Caudales

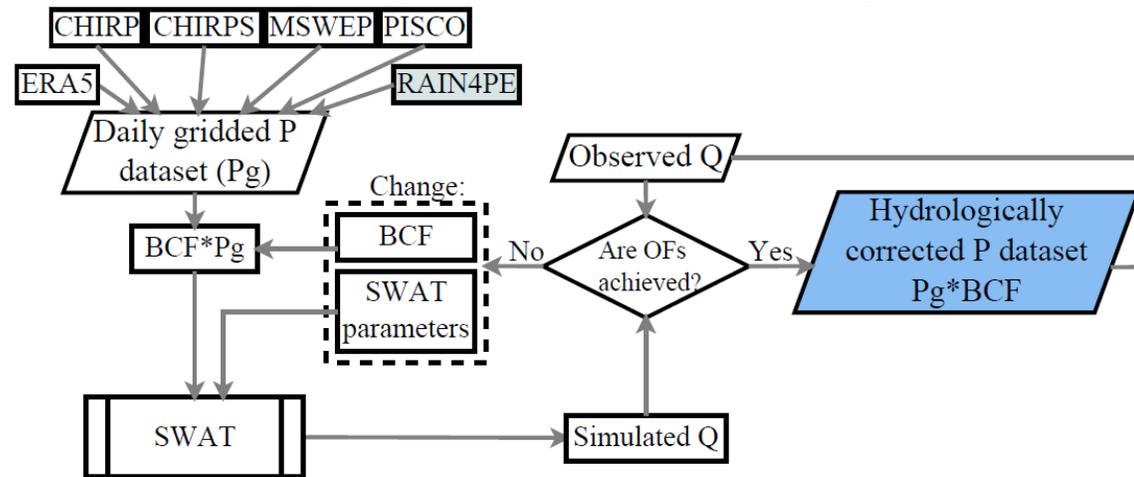
Los polígonos rojos muestran las cuencas con desbalance en el balance hídrico donde los productos de precipitación se corrigen utilizando datos de caudal mediante hidrología inversa: la estación Nueva Loja mide la cuenca "A", San Sebastián (B), Francisco De Orellana (C), Santiago (D), Borja (E), Shanao (F), Chazuta (G), Puerto Inca (H), Lagarto (I).

# Metodología

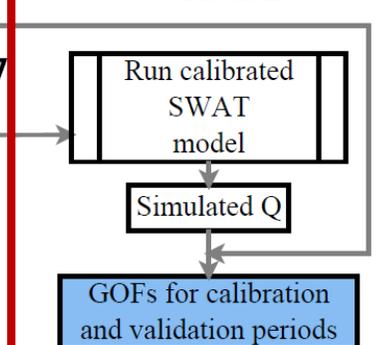
## i) Merging multi-source precipitation (P) data using random forest (RF)



## ii) Calibration and hydrological adjustment of P datasets using streamflow (Q)



## iii) Hydrological evaluation



- Here “d” (“m”) indicates the daily (monthly) time step
- BDi,...n are buffer distances (distance from any point to all precipitation gauges)
- **SWAT** is the **Soil and Water Assessment Tool**
- BCF is the bias correction factor
- **OFs** are the objective functions for hydrological model calibration (log NSE y FDC signatures)
- **BCF** is optimized only over catchments with water budget imbalance
- Optimization algorithm: **Borg MOEA**
- GOFs are the goodness of fit measures

Para mayor detalle sobre la calibración de SWAT ver:

HYDROLOGICAL SCIENCES JOURNAL  
<https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1846740>



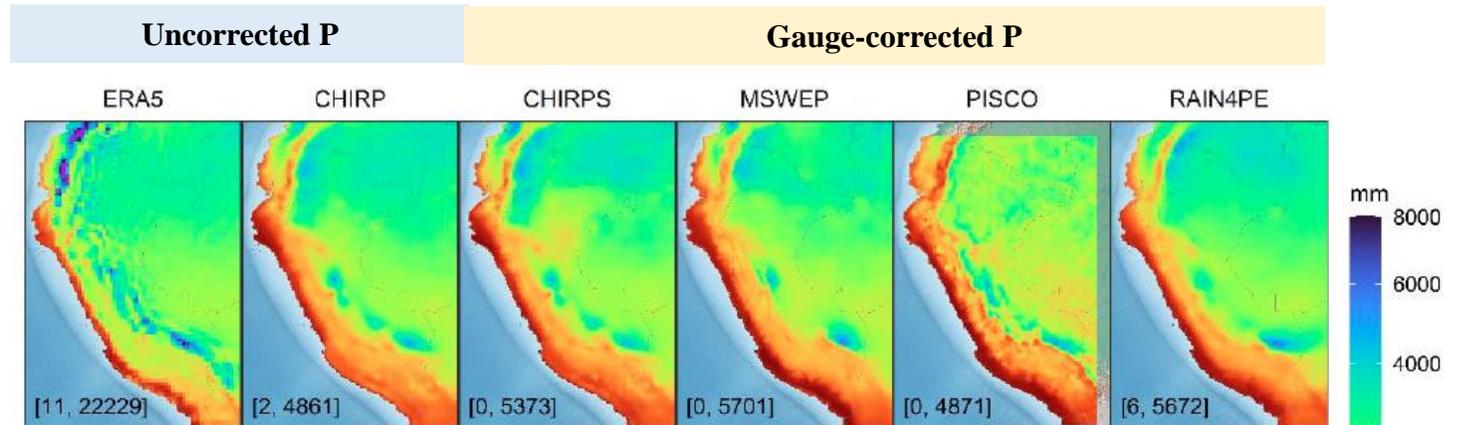
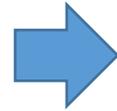
Towards a more consistent eco-hydrological modelling through multi-objective calibration: a case study in the Andean Vilcanota River basin, Peru

Carlos Antonio Fernandez-Palomino<sup>1a,b</sup>, Fred F. Hattermann<sup>3</sup>, Valentina Krysanova<sup>3</sup>, Fiorella Vega-Jácome<sup>1c</sup> and Axel Bronstert<sup>1d</sup>

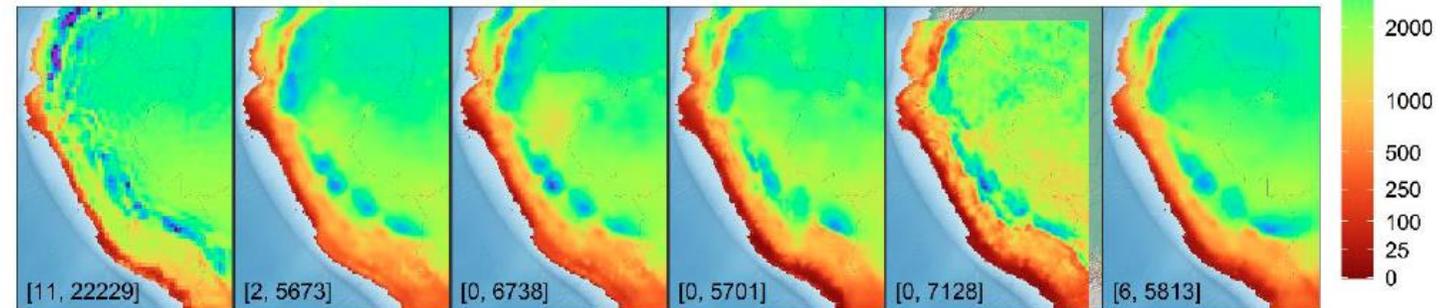
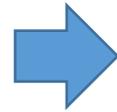
<sup>1a</sup>Research Department II – Climate Resilience, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany; <sup>1b</sup>Institute of Environmental Science and Geography, University of Potsdam, Potsdam, Germany; <sup>1c</sup>Hidrología – Estudios e Investigaciones Hidrológicas, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, LIMA, Peru; <sup>1d</sup>Water Science Group, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany

# Resultados: patrones espaciales de precipitación

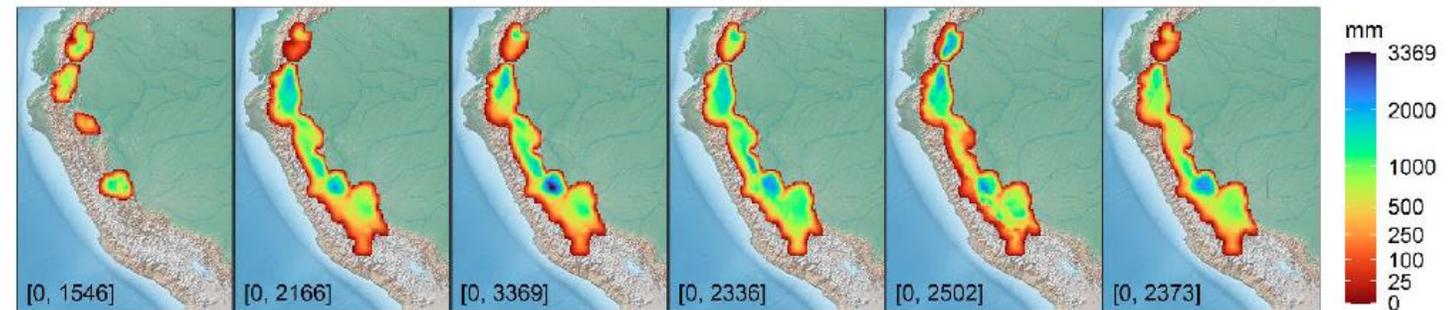
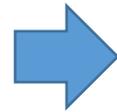
Distribución espacial de la climatología de precipitación anual para el periodo 1981-2015  
(a)



Climatología de precipitación anual para el periodo 1981-2015 corregidos utilizando Q para alcanzar el cierre en el balance hídrico  
(b)

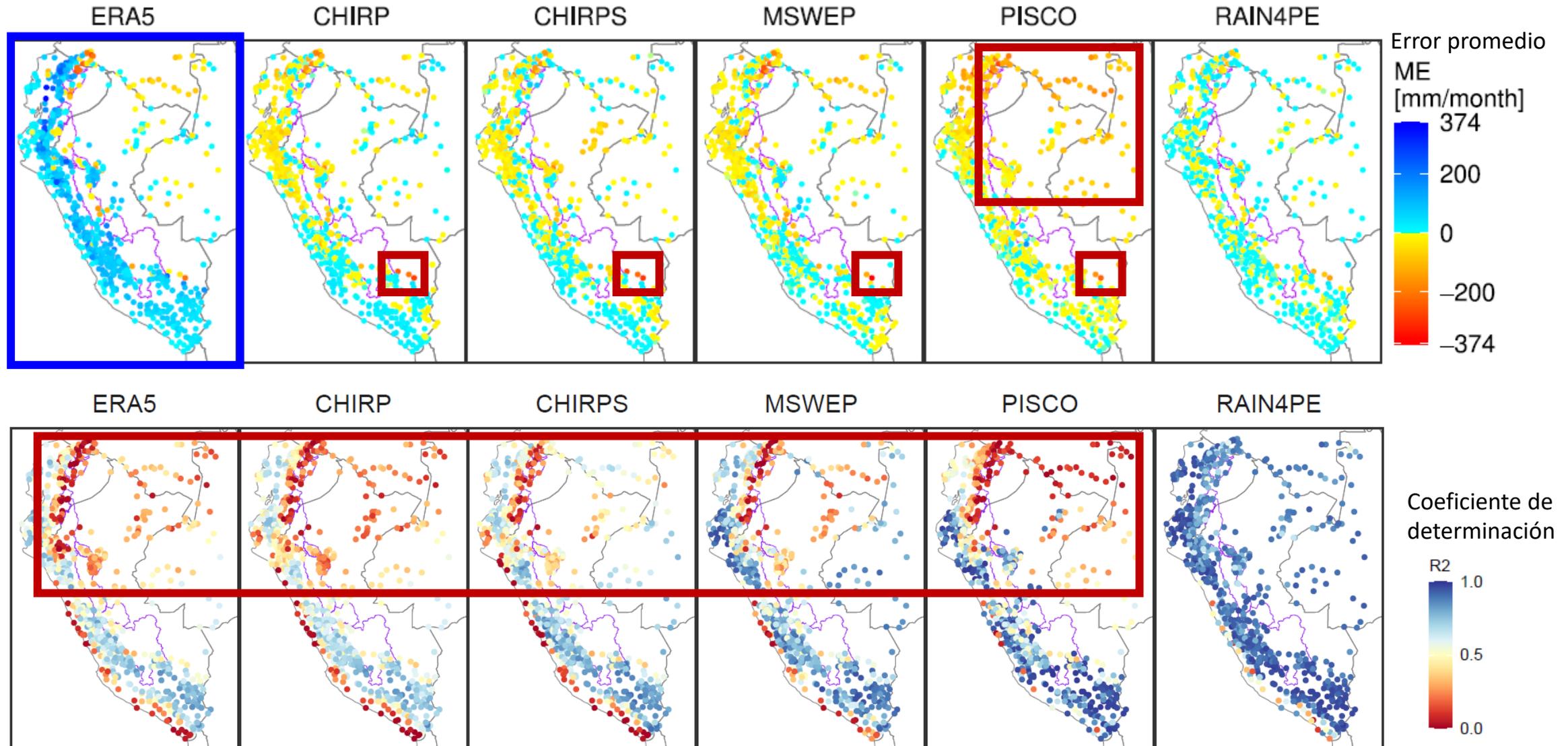


Precipitación subestimada en cuencas con páramos y bosques montaños  
(b-a)



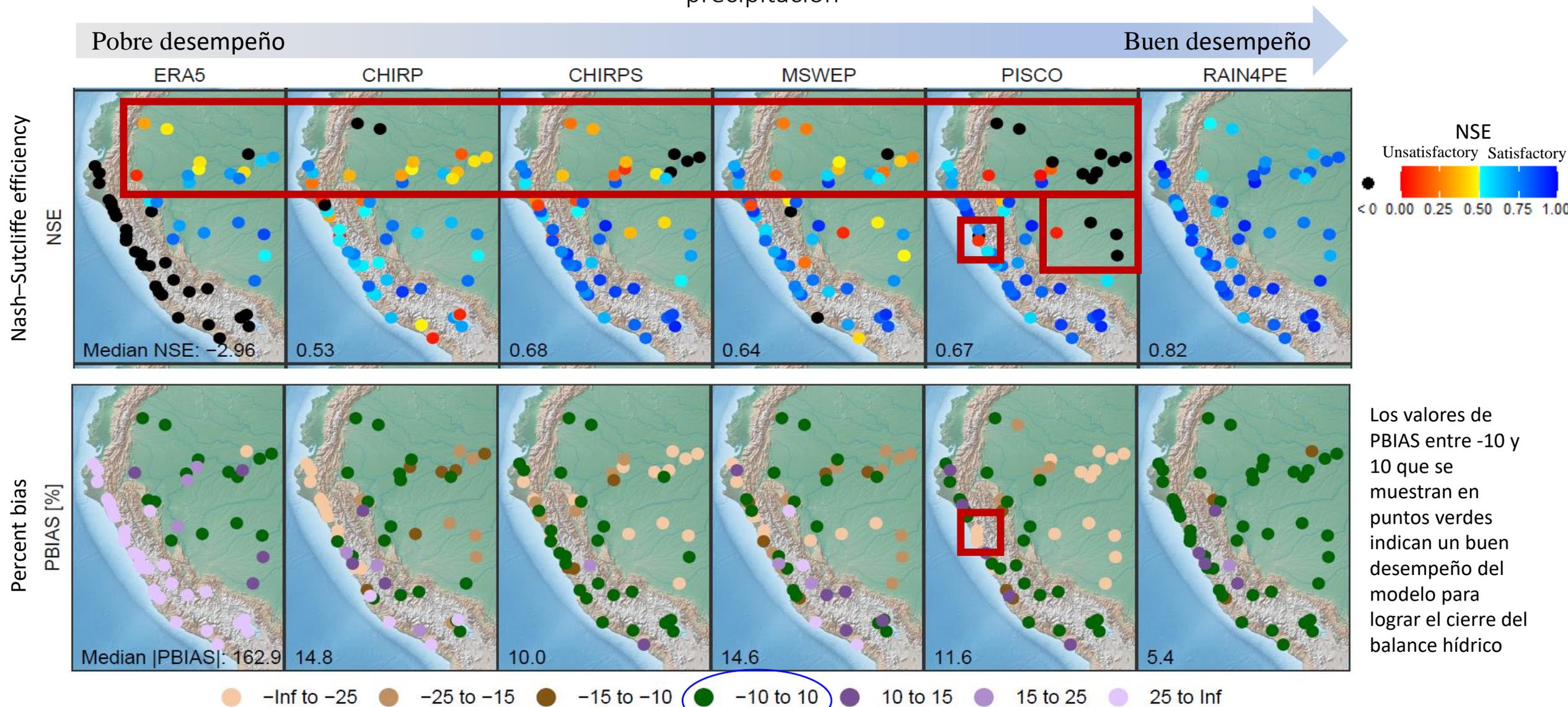
# ¿Qué productos de precipitación son apropiados?

Comparación de los productos de precipitación respecto a la precipitación observada a escala mensual para 1981-2015



# ¿Qué producto de precipitación es apropiado para el modelamiento hidrológico?

Desempeño del modelo hidrológico SWAT en la simulación de caudales mensuales (1983-2015) utilizando 6 productos de precipitación

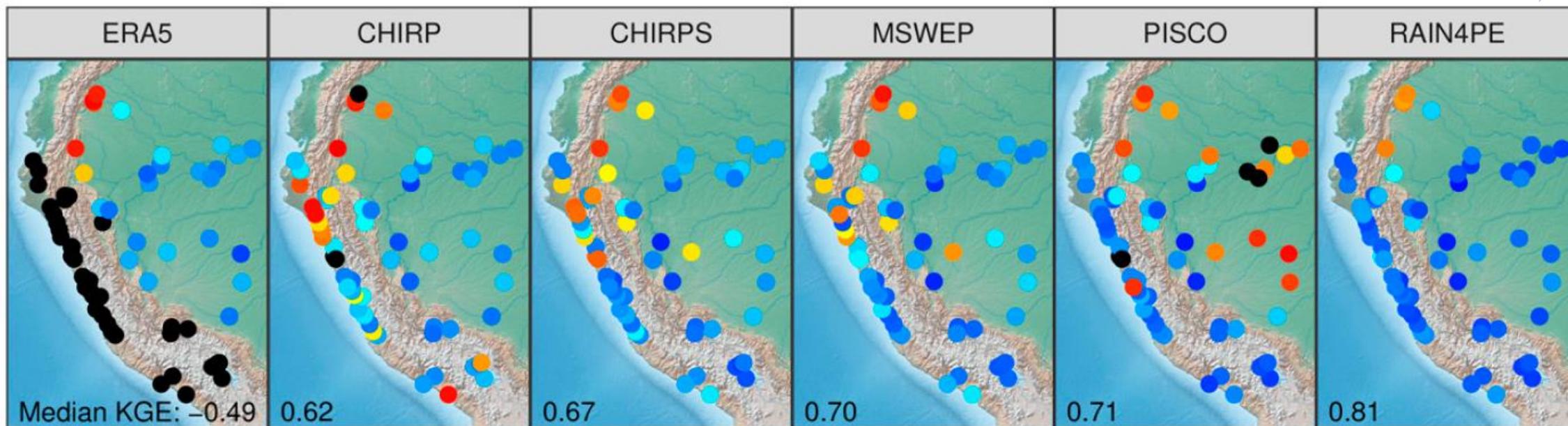


# ¿Qué producto de precipitación es apropiado para la simulación de caudales diarios?

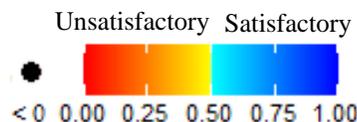
Desempeño del modelo hidrológico SWAT en la simulación de caudales diarios (1983-2015)

Pobre desempeño

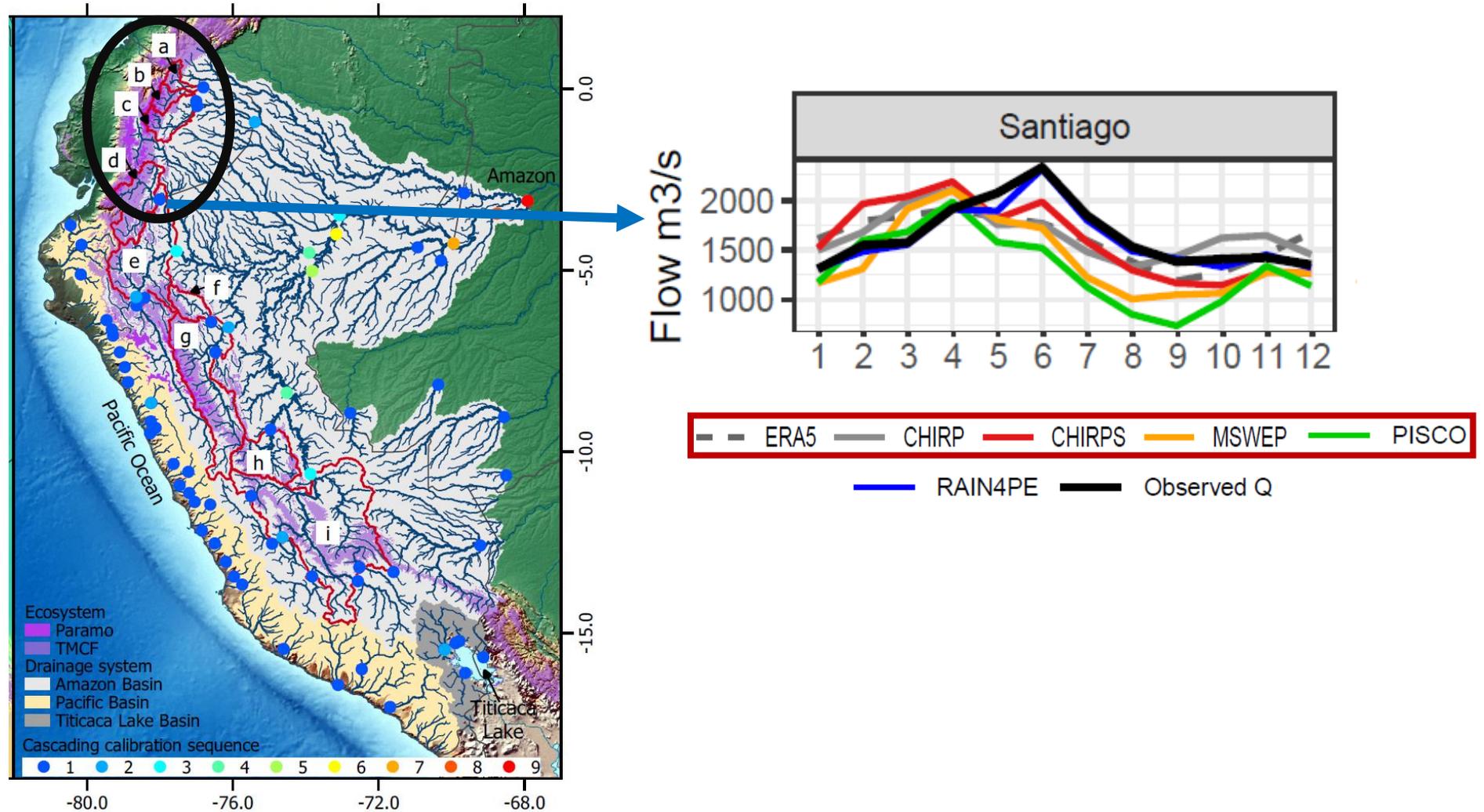
Buen desempeño



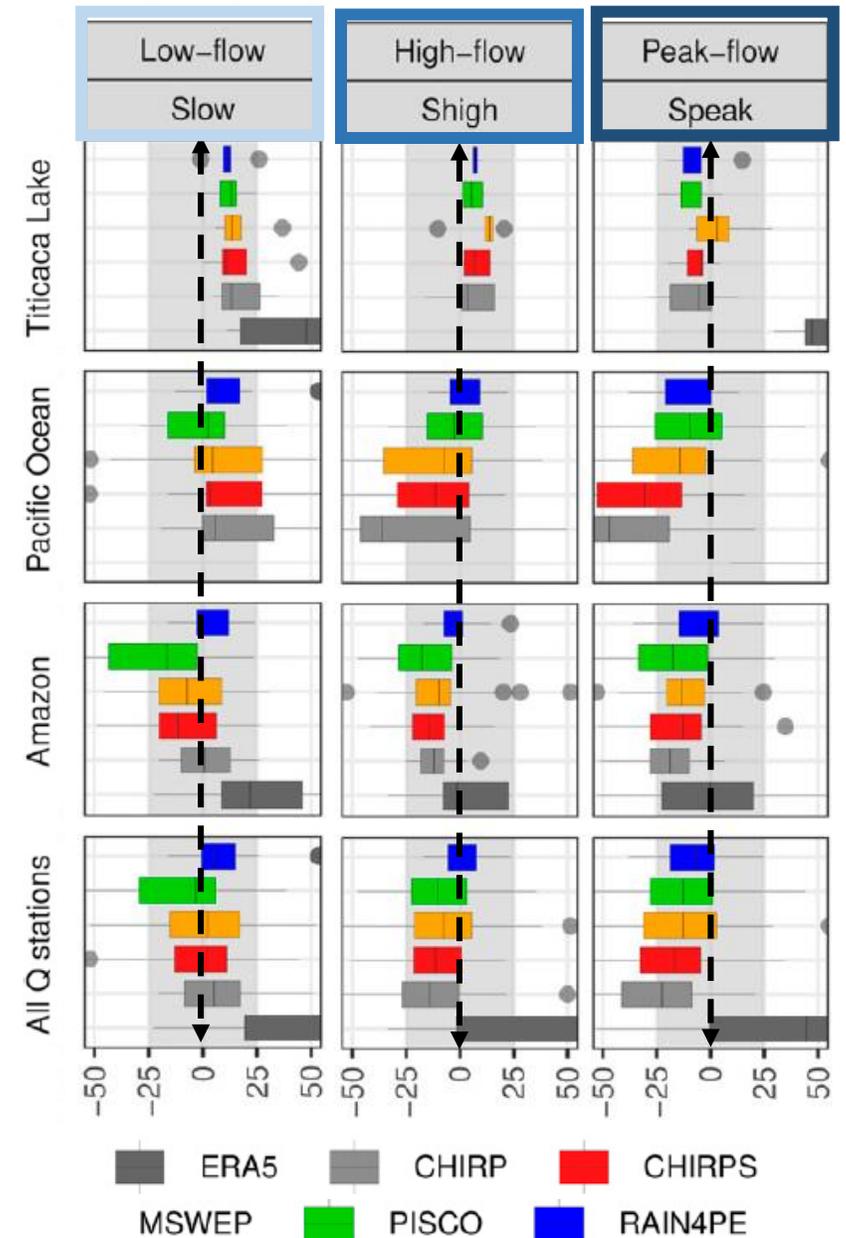
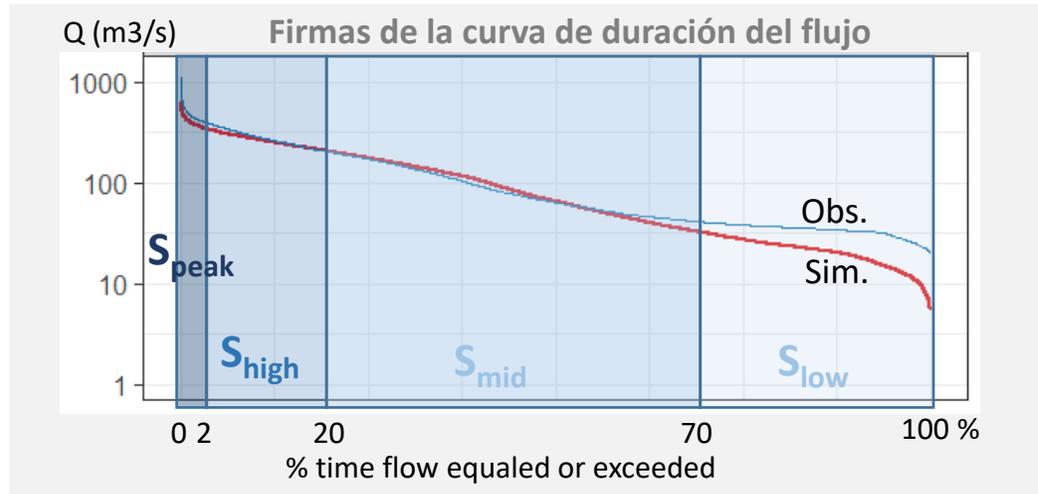
Kling-Gupta efficiency (KGE)



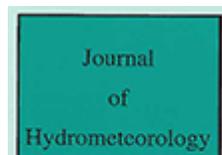
¿Por qué la mayoría de los productos de precipitación muestran un desempeño insatisfactorio en las cuencas amazónicas ecuatorianas en el modelado hidrológico?



# ¿Qué productos de precipitación son adecuados para la simulación de caudales diarios bajos, altos y picos?



Mayores detalles sobre RAIN4PE en:



FERNANDEZ-PALOMINO ET AL.

**A Novel High-Resolution Gridded Precipitation Dataset for Peruvian and Ecuadorian Watersheds: Development and Hydrological Evaluation**

# Conclusiones

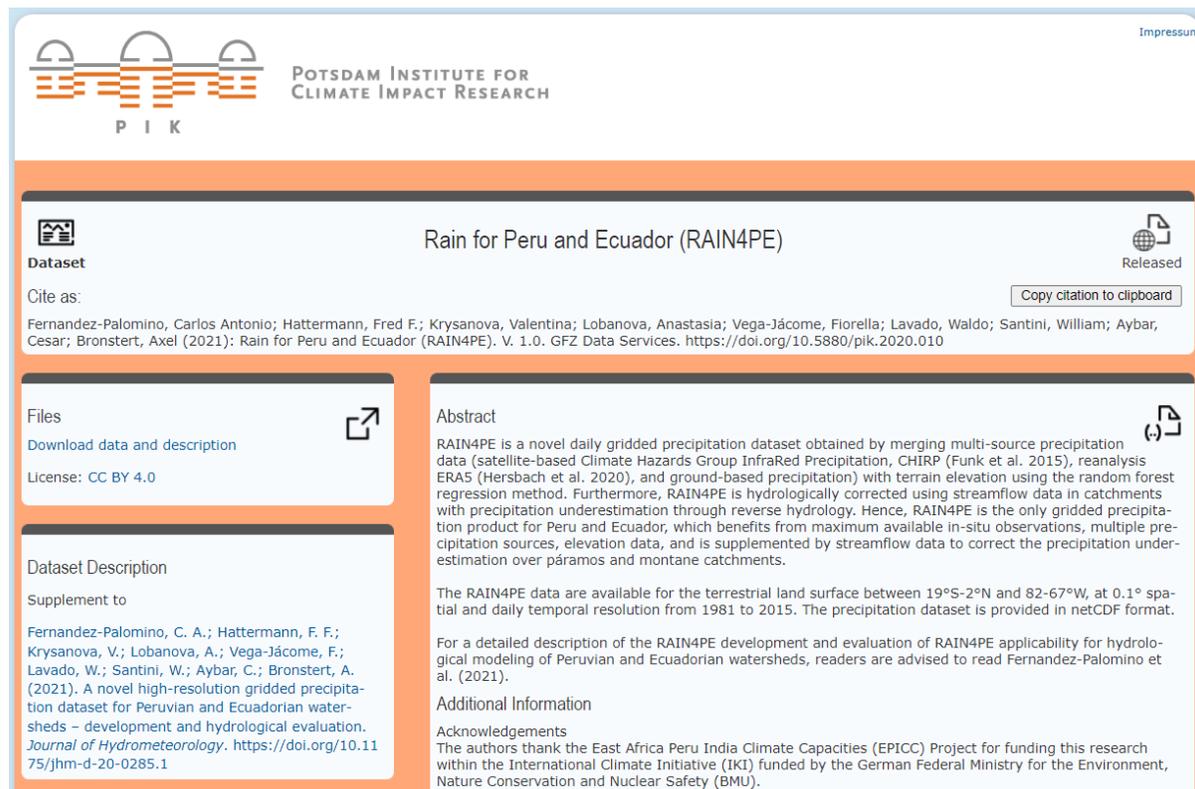
- ✓ El producto de precipitación **RAIN4PE** resultó ser más confiable y preciso para el modelado hidrológico de las cuencas hidrográficas peruanas y ecuatorianas en comparación con otros productos de precipitación como ERA5, CHIRP, CHIRPS, MSWEP y PISCO.
- ✓ RAIN4PE se puede utilizar para múltiples aplicaciones hidrometeorológicas (balance hídrico, Análisis espacio-temporal de sequías e inundaciones, etc.)
- ✓ RAIN4PE puede ser adoptado como un producto de precipitación de referencia para evaluar otros productos de precipitación en Perú y Ecuador.
- ✓ El enfoque utilizado para la generación de RAIN4PE se puede utilizar en otras regiones con escasez de datos. Próximamente para todo Amazonas y Sudamérica



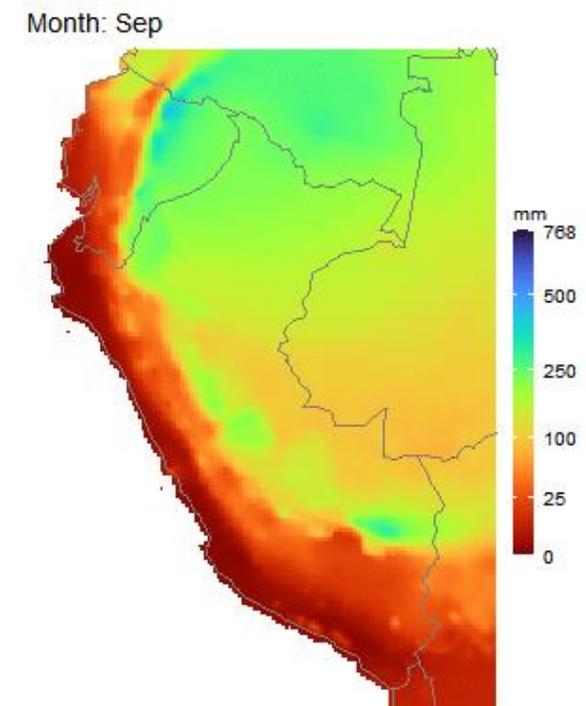
# Disponibilidad de datos RAIN4PE

✓ Los datos de precipitación diaria en formato NetCDF se pueden descargar de <https://doi.org/10.5880/pik.2020.010>

✓ Los datos también están disponibles para descargar usando la plataforma Google Earth Engine desde [awesome-gee-community-datasets](https://awesome-gee-community-datasets)



The screenshot shows the dataset page for "Rain for Peru and Ecuador (RAIN4PE)" on the PIK website. The page includes the PIK logo, the title "Rain for Peru and Ecuador (RAIN4PE)", a "Released" status, and a "Copy citation to clipboard" button. The citation text is: "Fernandez-Palomino, Carlos Antonio; Hattermann, Fred F.; Krysanova, Valentina; Lobanova, Anastasia; Vega-Jácome, Fiorella; Lavado, Waldo; Santini, William; Aybar, Cesar; Bronstert, Axel (2021): Rain for Peru and Ecuador (RAIN4PE). V. 1.0. GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880/pik.2020.010>". The page also features an abstract, a dataset description, and a list of files for download.



**GRACIAS**