

# USO DEL PRODUCTO GRILLADO PISCO DE PRECIPITACIÓN EN ESTUDIOS, INVESTIGACIONES Y SISTEMAS OPERACIONALES DE MONITOREO Y PRONÓSTICO HIDROMETEOROLÓGICO

Nota Técnica 001  
SENAMHI-DHI-2017



César Aybar Camacho  
Waldo Lavado Casimiro  
Adrián Huerta Julca  
Carlos Fernández Palomino  
Fiorella Vega Jácome  
Evelin Sabino Rojas.  
Oscar G. Felipe Obando

Citar como:

Aybar, C.; Lavado-Casimiro, W.; Huerta, A.; Fernández, C.; Vega, F.; Sabino, E. & Felipe-Obando, O. (2017). Uso del Producto Grillado “PISCO” de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico. Nota Técnica 001 SENAMHI-DHI-2017, Lima-Perú.



# Uso del Producto Grillado PISCO de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico

Nota Técnica 001  
SENAMHI-DHI-2017

## INDICE

PRESENTACIÓN .....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE PISCO.....	7
2.1 Control de calidad.....	7
2.2 AE del producto CHIRPS mensual y diario.....	9
2.3 Mezcla de la información pluviométrica y CHIRPM .....	10
2.4 La validación del producto PISCOp .....	10
3. PRINCIPALES PRODUCTOS DERIVADOS DE LA BASE DE DATOS PISCO DE PRECIPITACIÓN .....	12
3.1 Mapas de índices de monitoreo de sequía.....	12
3.2 Mapas de umbrales de precipitación extrema.....	13
3.3 Sistema de Observación de Inundaciones del SENAMHI - SONICS ..	14
3.4 Monitoreo decadiario de la precipitación - MIDAS.....	15
3.5 Modelamiento hidrológico de cuencas.....	16
3.6 Otros productos derivados de PISCOp.....	17
4. DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO PISCO .....	19
5. LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES .....	19
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21

# Uso del Producto Grillado PISCO de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico

## PRESENTACIÓN

Los estudios, investigaciones y sistemas operacionales de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico tienen el propósito de generar información sobre las características climáticas e hidrológicas que contribuyan a la comprensión de la hidroclimatología de las cuencas y la vigilancia de eventos extremos. La producción de estos productos demandan gran inversión de tiempo en el tratamiento y crítica de los datos para asegurar buena calidad, continuidad temporal de las series pluviométricas, homogeneidad, factores que son una limitante para atender con oportunidad diferentes demandas de información para diferentes usuarios; por otro lado la baja densidad de las estaciones meteorológicas en el país amerita la utilización de procedimientos de regionalización e interpolación espacial para generar información en sitios no instrumentados, todo ello conlleva al uso de diferentes metodologías de acuerdo a los objetivos y criterios de cada investigador, lo cual adiciona un sesgo debido al uso de diferentes fuentes de datos y el tratamiento de los mismos. Para superar estos inconvenientes el SENAMHI ha generado la base de datos PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations) por sus siglas en inglés. El producto PISCO de precipitación (PISCOp) en su versión diaria y mensual es el resultado de la combinación de datos de estaciones terrenas con climatologías, reanálisis y productos satelitales de estimación de lluvias para obtener una base de datos grillada a nivel nacional de alta resolución espacial (~ 5\*5 km); los datos grillados abarcan una serie temporal que se inicia el 1ro de enero 1981 hasta el 31 de diciembre del 2016, facilitando de este modo mayor disponibilidad de los datos de precipitación para su uso en diferentes actividades ligadas al análisis hidrológico con sus limitaciones respectivas tal como será expuesto en el presente documento.

El SENAMHI a través de su Dirección de Hidrología, ha elaborado la presente Nota Técnica con el objetivo de difundir, clarificar, socializar e incentivar el uso de PISCOp para la generación de diferentes productos y servicios hidrometeorológicos, ampliando de esta manera la oferta de información hidroclimática al ciudadano. Para mejor ilustración de PISCOp se describe el marco metodológico de su construcción, su validación y nivel de incertidumbre, así como las diferentes aplicaciones que se le viene dando como son el Monitoreo de sequías e inundaciones y el modelamiento hidrológico con fines de pronóstico de corto plazo.

## 1. INTRODUCCIÓN

La precipitación es la forzante más importante del ciclo hidrológico y su correcta estimación es vital para entender distintos procesos hidrológicos, tales como los orientados a la gestión de los recursos hídricos (Ioris, 2012; Ayre & Nettle, 2015), modelamiento de cuencas (Andres *et al.*, 2014; Carey *et al.*, 2014), monitoreo de sequías e inundaciones (Lasage *et al.*, 2015, Thouret *et al.*, 2013) y recarga de acuíferos (Kuznetsov *et al.*, 2012).

Los pluviómetros ofrecen una acertada información acerca de la cantidad y la frecuencia de las lluvias. Sin embargo, no posibilitan una adecuada cobertura espacial (Almazroui, 2011; Chappell *et al.*, 2013). La estimación de la distribución espacial de las precipitaciones en el Perú representan un gran desafío, considerando su compleja fisiografía y la baja densidad de estaciones pluviométricas sobretodo en la región amazónica (Mantas *et al.*, 2015).

En la actualidad, la libre disponibilidad de productos satelitales de estimación de lluvias como el "Tropical Rainfall Measuring Mission" (TRMM), el "National Oceanic and Atmospheric Administration's Climate Prediction Center morphing technique" (CMORPH), el "Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks" (PERSIANN) y últimamente el "Global Precipitation Measurement" (GPM) son una alternativa valiosa para mejorar los vacíos de información pluviométrica en muchas partes del mundo. Siendo el campo de los recursos hídricos donde se ha desarrollado mayor investigación para evaluar las bondades de estos productos sobre todo para sus aplicaciones en el modelado hidrológico de cuencas, en la predicción de eventos extremos en tiempo real y la vigilancia de las sequías en zonas de escasa o nula información.

El SENAMHI, a través de su Dirección de Hidrología - DHI, ha desarrollado desde el 2013 investigaciones para evaluar la calidad de los diferentes productos satelitales disponibles a nivel global, para lo cual realizó un arduo trabajo de validación con información de estaciones terrenas, obteniendo resultados óptimos para algunas zonas del país y bajos para otras. La meta propuesta que inspiró dichos trabajos fue mejorar la representación espacial de lluvias en el Perú usando los datos del sensoramiento remoto como covariables para su asimilación en modelos hidrológicos y desarrollo de productos para monitoreo de sequías e inundaciones.

Esta experiencia ganada en todo este proceso tuvo su mejor momento a mediados del año 2014 cuando se obtiene para el Perú la primera base de datos espacial de precipitación a paso de tiempo mensual, a una resolución de grilla de 0.05° para una serie que se inicia en enero de 1981 hasta el presente. Dichos datos son parte de la base de datos denominada PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), siglas en Inglés para su difusión internacional. Para la construcción del producto PISCO fue necesario utilizar como covariable, la base de datos global del proyecto CHIRPS (Climate Hazards InfraRed Precipitation with Station data). CHIRPS es una mezcla de datos provenientes de sensores remotos, modelos y datos provenientes de estaciones terrenas. Los datos de CHIRPS están disponibles desde enero de 1981 para una grilla global de resolución

de 0.05°. (~ 5km). La resolución temporal mínima es de 1 día pero también hay posibilidad de agregaciones a mayores intervalos de tiempo.

Así, PISCOp tiene una mejora constante; entendiendo que el proceso de generación de información es dinámico y debe evolucionar en el tiempo tal como lo hacen otras bases grilladas globales climáticas; en ese sentido se ha mejorado la primera versión de PISCO producto de precipitación mensual. En ese contexto, desde el 2016 se ha generado el producto PISCO precipitación diaria. Utilizado actualmente con éxito en la calibración de modelos hidrológicos de lluvia-escorrentía que operacionalmente utiliza la DHI para el pronóstico de caudales de corto plazo, elaboración de los productos del Sistema de Observación de Inundaciones del SENAMHI (SONICS), Monitoreo Decadario de Precipitaciones del SENAMHI (MIDAS), elaboración de los Mapas de Umbrales de Precipitaciones extremas a nivel nacional, Mapas hidroclimáticos de cuencas, Vigilancia Nacional de la Sequía, para la elaboración de estudios e investigaciones hidroclimáticas entre otros.

Al respecto, la presente Nota Técnica describe las pautas metodológicas para el uso adecuado de PISCOp; estableciendo a su vez las ventajas y limitaciones respecto al nivel de confianza o validez de los datos de precipitación para las diferentes zonas del territorio nacional. Para un futuro inmediato PISCO será enriquecido con datos grillados de temperatura, evapotranspiración y caudales.

El Producto PISCO fue generado en el marco de la Meta de Desarrollo de Investigación Aplicada para la Gestión del Riesgo de Desastres - PREVAED que ejecuta la Dirección de Hidrología del SENAMHI; y la autoría del mismo corresponde al Grupo de Investigación que lidera el Dr. Waldo Lavado Casimiro.

## 2. METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE PISCO

La generación de PISCO precipitación diario (PISCOpd) y precipitación mensual (PISCOpm) puede dividirse en 3 subprocesos:

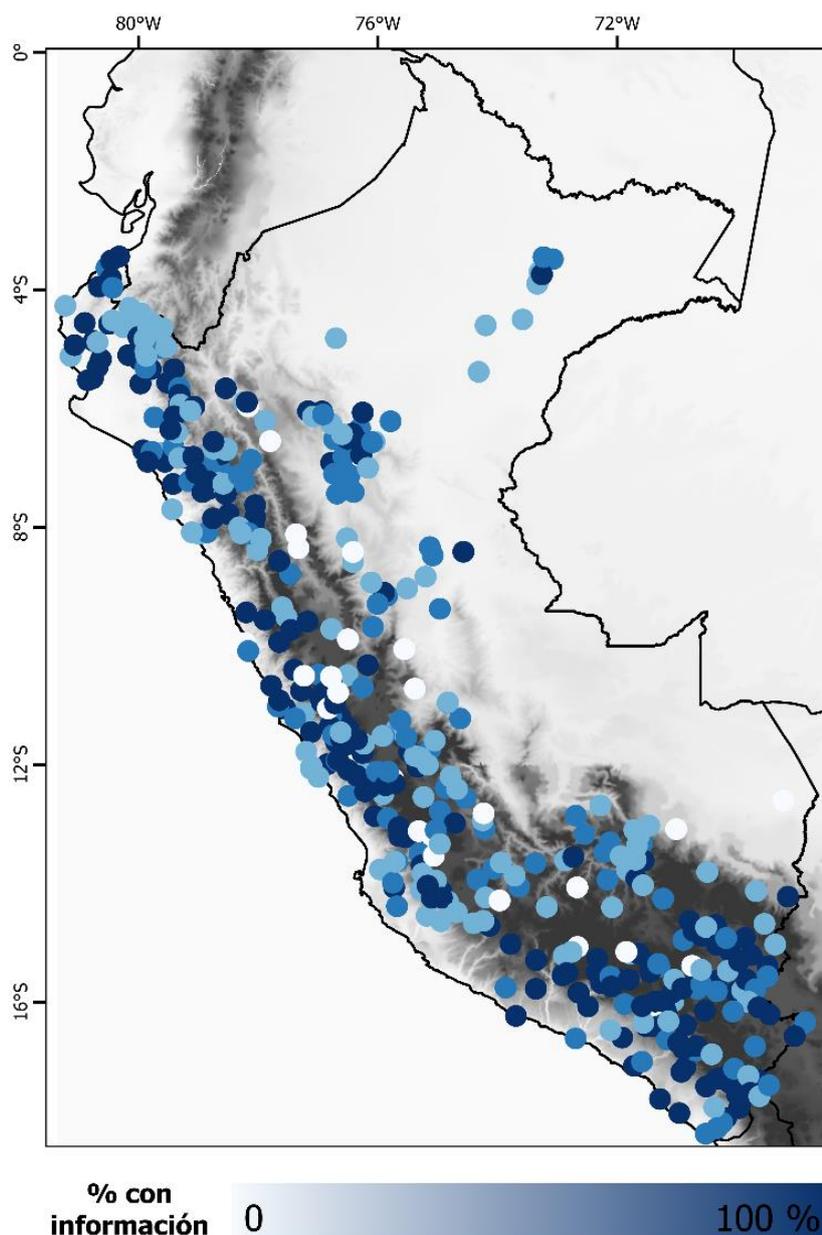
- Control de calidad de la información pluviométrica.
- Análisis exploratorio (AE) de la información satelital.
- Mezcla de datos basado en técnicas geoestadísticas (mensual) y determinísticas (diario).

### 2.1 Control de calidad

Este procedimiento el más tedioso de todos, fue realizado a 681 estaciones meteorológicas gestionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). El proceso de control de calidad se dividió en dos partes: automático y visual.

El control automático, consistió en la evaluación general de los datos de precipitación para cada estación (fechas duplicadas, comas decimales, valores -999 y/o -888), rangos fijos, coherencia temporal y espacial. Los valores que superaron los límites establecidos fueron eliminados. Debido a que un solo proceso de control de calidad

no es apto para series climáticas (Hunsiker et al., 2017), fue necesario realizar a través de la visualización de datos una inspección de rupturas y/o quiebres evidentes en las series de tiempo y eliminación de segmentos que no eran homogéneos. Además, la completación de datos de las series mensuales y diarias fue llevado a cabo basado en una modificación del algoritmo CUTOFF (Feng et al., 2014) y mapeos de cuantiles ("quantile mapping") respectivamente. Finalizando el control de calidad de datos, solo 443 de las 681 estaciones pluviométricas fueron seleccionadas para la generación de datos PISCOp. La cantidad de años de información en % considerando el período 1981-2016 por cada estación pluviométrica antes de la completación de datos puede apreciarse en la Figura 1.



**Figura 1.** Red de estaciones utilizadas a escala nacional para la elaboración de PISCOp con porcentajes de datos por estación considerando el período 1981-2016.

## 2.2 AE del producto CHIRPS mensual y diario

*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS) es una base de datos de precipitación disponible al público desde 2014 creada y administrada por el U.S. Geological Survey (USGS) y la Universidad de California, Santa Bárbara (UCSB). Contiene información desde 1981 hasta el presente y una extensión espacial, con datos únicamente en las zonas terrestres, comprendida entre las latitudes 50° S y 50° N y en longitudes 0° a 360°; teniendo una resolución espacial de 0.05°. Las resoluciones temporales son diarias, pentadiarias, decadiarias, mensuales y anuales. Las fuentes de datos utilizadas en la creación de CHIRPS fueron: (1) CHPclim (Climate Hazards Precipitation Climatology); (2) Infrarrojo (IR) térmico geoestacionario; (3) TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission); (4) Modelo atmosférico de campos de precipitación del sistema de predicción climático de la NOAA (CFSv2); y (5) Observaciones in situ de precipitación obtenidas de varias fuentes incluidos servicios meteorológicos estadounidenses y nacionales.

Debido a que la utilización de los datos observados en CHIRPS no presenta un control de calidad riguroso y este control solo se extiende hasta el 2010, PISCOp es generado a partir de una modificación de CHIRP (no confundir con CHIRPS, CHIRP no utiliza para su generación los datos de pluviómetros).

Así, CHIRP es definida como:

$$\text{CHIRP}=(b_0 + b_1*(\text{CCD}))*\text{CHPclim}$$

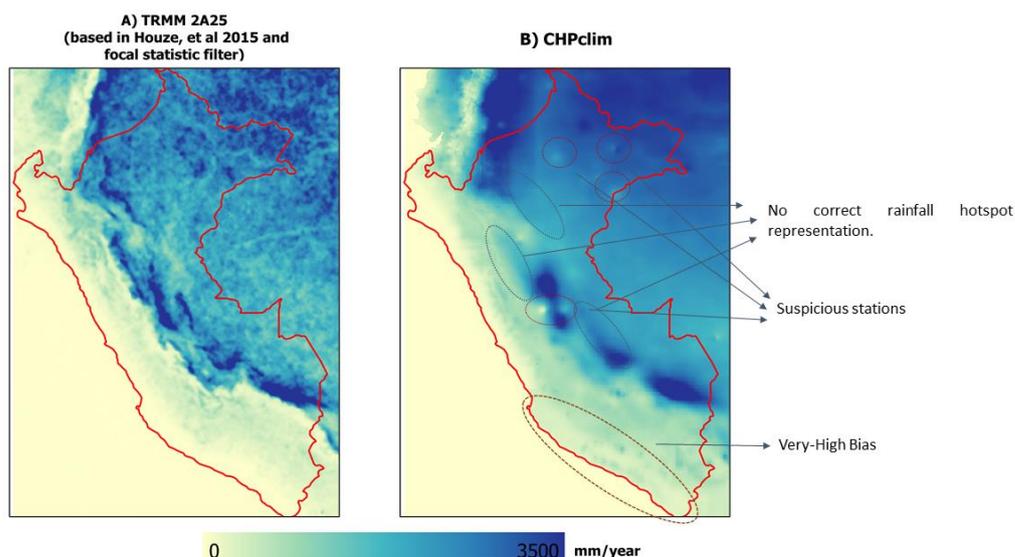
Donde  $b_0$  y  $b_1$  son los parámetros de la regresión lineal, CCD es "Cold Cloud Duration Percent" y CHPclim es la climatología utilizada por CHIRP (Funk et al. 2016)

En la Figura 2 se comparan las climatologías de TRMM2A25 y CHPclim, observándose excesivos valores en la costa sur del país y la mala representación de "hotspot" de lluvias por parte del CHPclim. En este contexto, al no representar CHPclim correctamente las climatologías de precipitación en Perú, se optó por utilizar una climatología basada en TRMM2A25, obteniéndose de este modo una modificación del CHIRP (CHIRPM) que fue llevada a cabo a paso diario (CHIRPMd) y mensual (CHIRPMm).

La ecuación de CHIRPM está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{CHIRPM}=(b_0 + b_1*(\text{CCD}))*\text{CHPclim} * (\text{TRMM2A25}+E)/(\text{CHPclim}+E)$$

Donde CHIRPM es el CHIRP modificado utilizando las climatologías del TRMM2A25, y E es un artificio matemático para evitar grandes desviaciones (igual a 2.5).



**Figura 2.** A la izquierda climatología de precipitación (1998-2014) generado a partir de datos TRMM2A25 y a la derecha CHPclim nótese los excesivos valores en la costa sur del país.

### 2.3 Mezcla de la información pluviométrica y CHIRPM

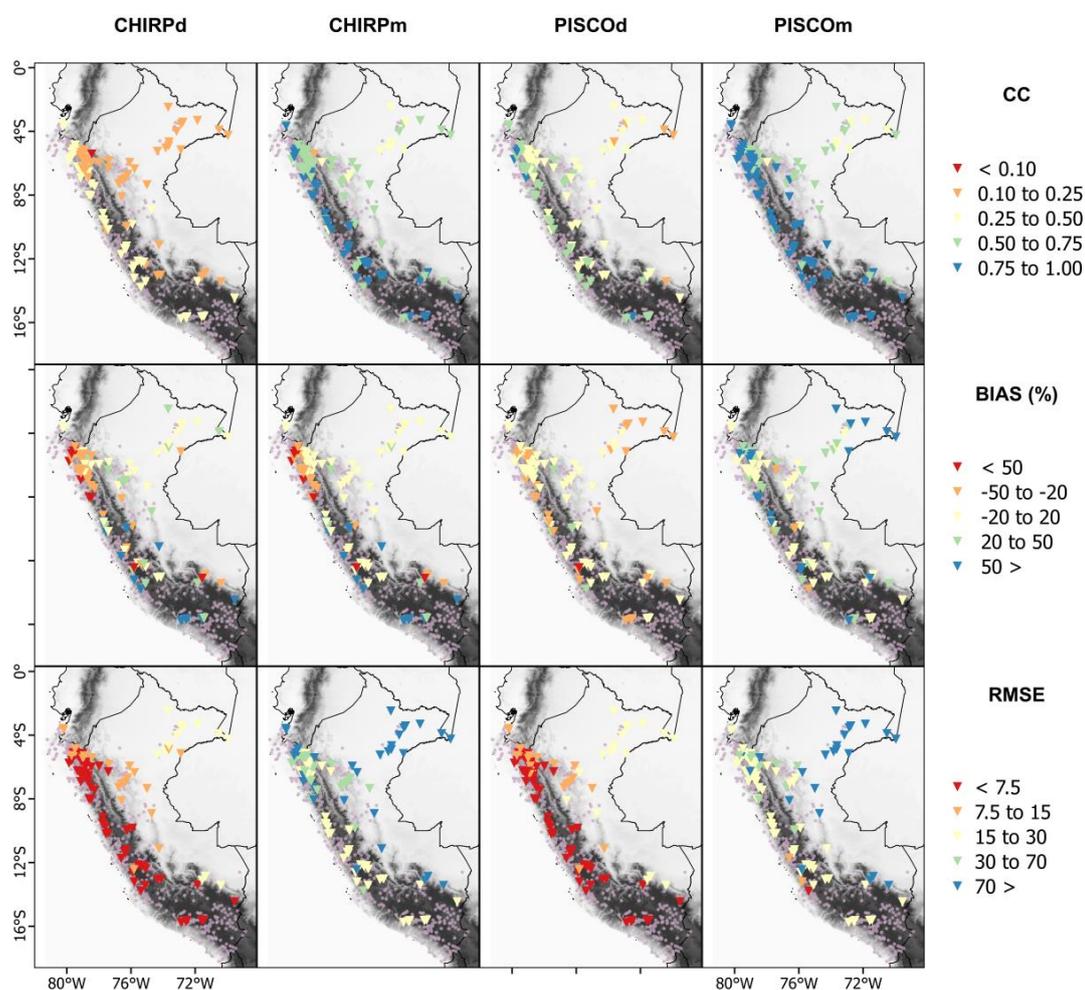
Para la mezcla a paso mensual de la precipitación se ha utilizado la técnica geoestadística Kriging con Deriva Externa (KED) por ser una técnica robusta. En esta metodología, la variable a regionalizar es la precipitación observada y la covariable es la precipitación estimada por el producto CHIRPM. A paso diario se utiliza una modificación de la técnica de interpolación “inverso de la distancia ponderada” junto a una corrección de sesgo basado en valores mensuales, además a partir de la optimización de parámetros de interpolación se plantea la caracterización de la estructura espacial. El proceso de mezcla se realizó de manera independiente para cada mes y día de las series históricas (Desde Enero de 1981 hasta Diciembre del 2016).

### 2.4 La validación del producto PISCOp

El método de mezcla de datos utilizados en PISCOp parten de la hipótesis de que la variabilidad espacial de la precipitación es bien capturada por el producto CHIRPM, por lo que se espera que los residuales presente autocorrelación espacial significativa (por lo menos a paso de tiempo mensuales). En la Figura 3 se muestra los resultados de la validación independiente realizada, es decir la comparación entre el producto CHIRP, PISCOp y pluviómetros a una distancia mayor a 10 km que no fueron utilizados en el proceso de interpolación debido a su corto periodo con información (menor a 10 años), desde una perspectiva global los resultados a paso diario presentan un menor performance que los mensuales para la región costa, sierra y selva tanto para CHIRP como para PISCOp, esto es debido al hecho de que a paso mensual el comportamiento sistémico de las precipitaciones se antepone al aleatorio.

PISCOpm y PISCOpd evidencia una mejora significativa del coeficiente de correlación (CC) frente a CHIRPd y CHIRPm sobretodo en la costa y sierra, esto está relacionado

a la distancia entre las estaciones utilizadas en la validación y las estaciones utilizadas en PISCOp, el bajo desempeño de PISCOp en la selva es debido a la baja densidad de estaciones que imposibilita la caracterización de la estructura espacial (mediante el variograma) de forma adecuada. A diferencia del CC que nos permite definir la variabilidad de las precipitaciones, tanto el BIAS % como el RMSE nos permite obtener información sobre las intensidades. Considerando ello, dichos estadísticos presentan un mejor rendimiento principalmente en la sierra y selva, presentando fuertes sobreestimaciones en toda la costa, sin embargo, esta región está caracterizada por presentar precipitaciones por debajo de 100 mm anuales (Manz *et. al*, 2016) por lo que el bajo rendimiento puede ser despreciado. Para la evaluación del producto PISCOp en modelamiento hidrológico puede revisar la sección 3.5.



**Figura 3:** Coeficiente de Correlación (CC), BIAS en porcentaje y RMSE obtenido en la validación independiente. Puntos rosados son las estaciones utilizadas para generar PISCOp.

## 2.5 Versiones liberadas del producto PISCO

El producto PISCO de precipitación cuenta con 3 versiones anteriores a la descrita en este reporte, tal como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1. Versiones de PISCO de precipitación anteriores y la versión de este reporte (2.0)**

Versión	Covariable	Escala temporal	Método de Interpolación	Imputación	Observaciones	Cobertura temporal
1.0	CHIRPS	Mensual	KED	NO	Fuertes quiebres artificiales	1981-2014
1.1	CHIRPS	Mensual y diaria	KED, IDW y RIDW	NO	Fuertes quiebres artificiales	1981-2015
1.2	CHIRP	Mensual y diario	RIDW	SI	Quiebres Leves artificiales	1981-2016
2.0	CHIRP TRMM2A25	Mensual y diario	KED y RIDWO	SI	Quiebres leves artificiales	1981-2016

Las primeras versiones de PISCO precipitación (1.0 y 1.1) se caracterizan por la falta de completación de la serie de datos, lo cual repercute directamente en la generación de quiebres artificiales sobre todo a partir del 2010.

La versión 1.0 solo genera datos mensuales, los datos de pluviómetros no presentan completación por lo que se evidencia la formación de fuertes quiebres sobre todo a partir del 2010. Esto se debe también a que CHIRPS solo considera mediciones de pluviómetros para el periodo 1981-2010<sup>1</sup>, este tipo de inconsistencia ha sido reportada por diversos usuarios sobre todo para los Andes y la Amazonia. Actualmente el producto PISCO v1.x no presenta soporte para su continuidad.

En la segunda versión de PISCO (descrita en este reporte) se generan datos mensuales y diarios, el principal cambio radica en que el control de calidad ha sido mucho más riguroso, además de completar los datos faltantes tanto para las series diarias como las mensuales la covariable cambia de CHIRPS a CHIRPM a fin de mejorar la predicción de las intensidades.

### 3. PRINCIPALES PRODUCTOS DERIVADOS DE LA BASE DE DATOS PISCO DE PRECIPITACIÓN

Los productos derivados de la base PISCO en el marco de las actividades de Monitoreo hidrometeorológico para la Prevención de Riesgos de Desastres, se describen a continuación:

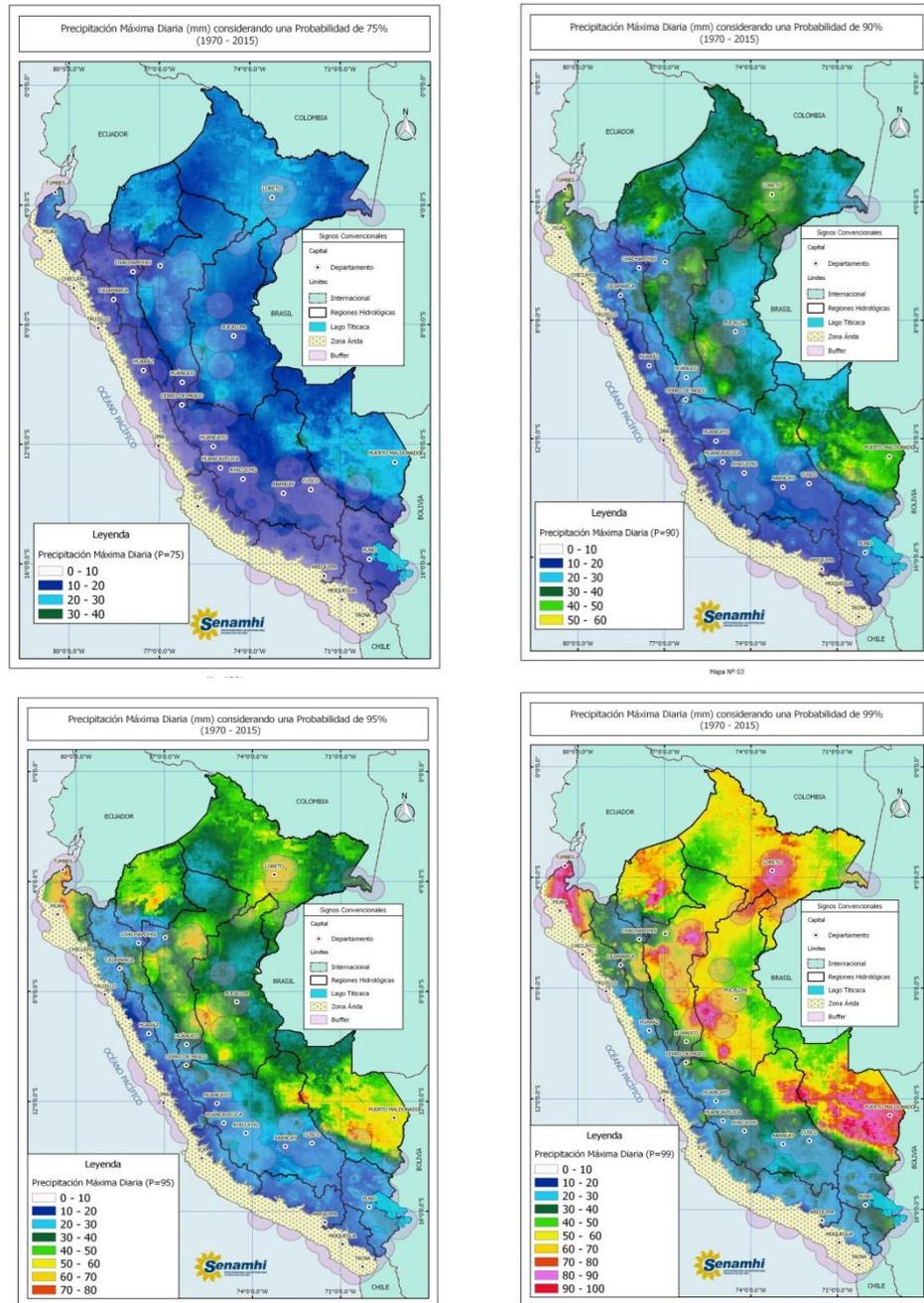
#### 3.1 Mapas de índices de monitoreo de sequía

PISCOpm se utiliza desde el año 2014 en el Monitoreo Nacional de Sequías para la elaboración Índice de precipitación normal (IPN) el índice de Precipitación Estandarizado de Precipitación (SPI). Los mapas de índices se actualizan mensualmente y están disponibles en <http://www.senamhi.gob.pe/?p=sequias> y en el Observatorio Nacional de Sequías del ANA en <http://ons.snirh.gob.pe/Peru/maproom/Monitoring/Meteorological/SPI.html>

<sup>1</sup> <ftp://ftp.chg.ucsb.edu/pub/org/chg/products/CHIRPS-2.0/diagnostics/stations-perMonth-byCountry/pngs/Peru.108.station.count.CHIRPS-v2.0.png>

### 3.2 Mapas de umbrales de precipitación extrema

PISCOpd ha permitido la generación de umbrales de precipitación extrema considerando valores de percentiles diarios de lluvia a 75%, 90%, 95% y 99% que se ilustra en la Figura 4.



**Figura 4.** Umbrales de Precipitaciones Extremas para percentiles de lluvia de 75%, 90%, 95% y 99%. Los círculos Buffer representan la confiabilidad de la interpolación

### 3.3 Sistema de Observación de Inundaciones del SENAMHI - SONICS

SONICS es un conjunto de códigos que permite caracterizar espacialmente la magnitud las lluvias diarias y el Potencial de Inundación para lluvias acumuladas de 1, 5 y 10 días, basado en los umbrales de lluvia extrema del ítem 3.2 Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=observacion-de-inundaciones>

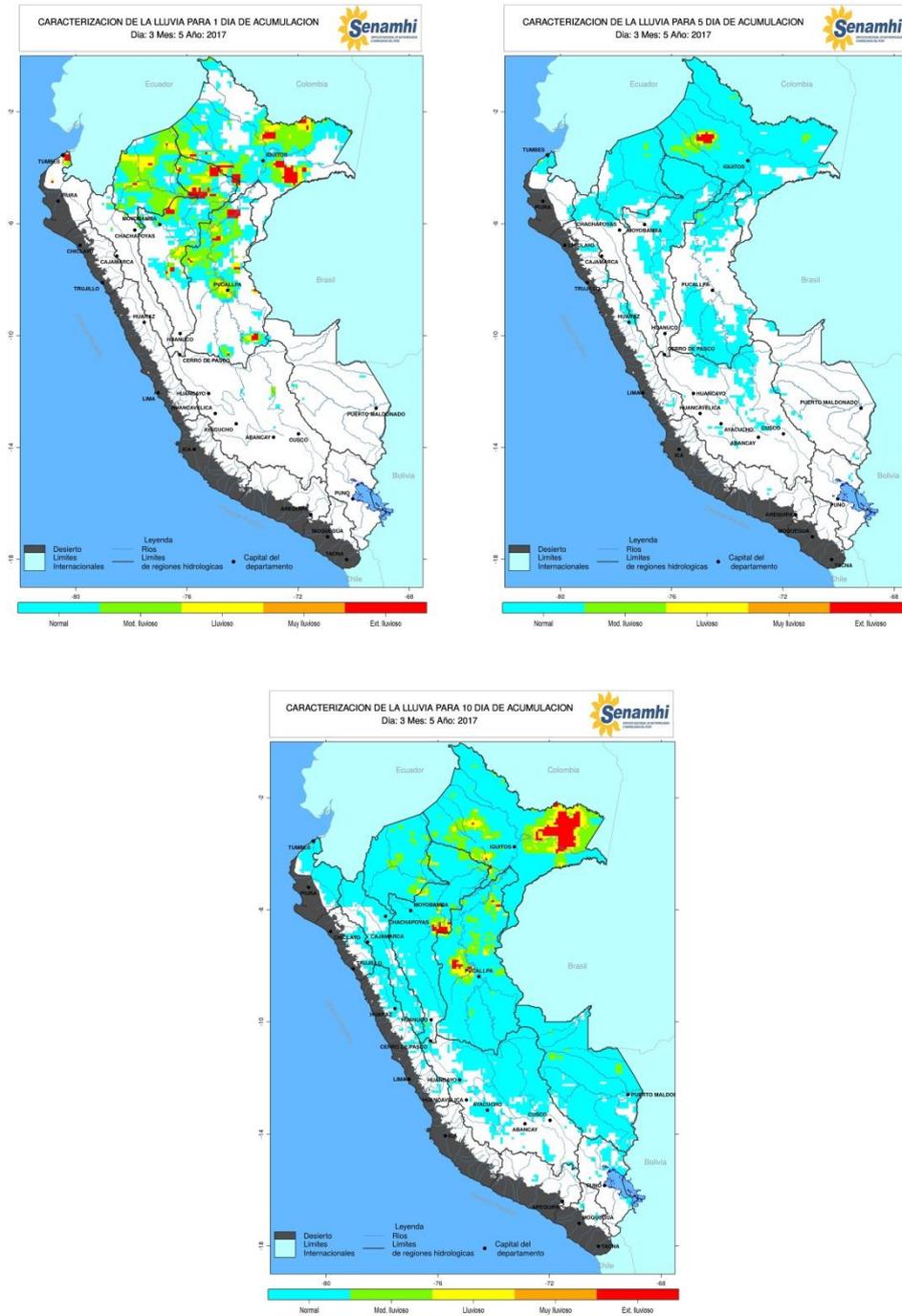


Figura 5. Caracterización de lluvias para acumulaciones de 1, 5 y 10 días

### 3.4 Monitoreo decadiario de la precipitación - MIDAS

MIDAS es información de lluvias diarias acumulados cada 10 días basados en índices decílicos, orientado a las aplicaciones agrometeorológicas principalmente. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=monitoreo-decadal-precipitacion>

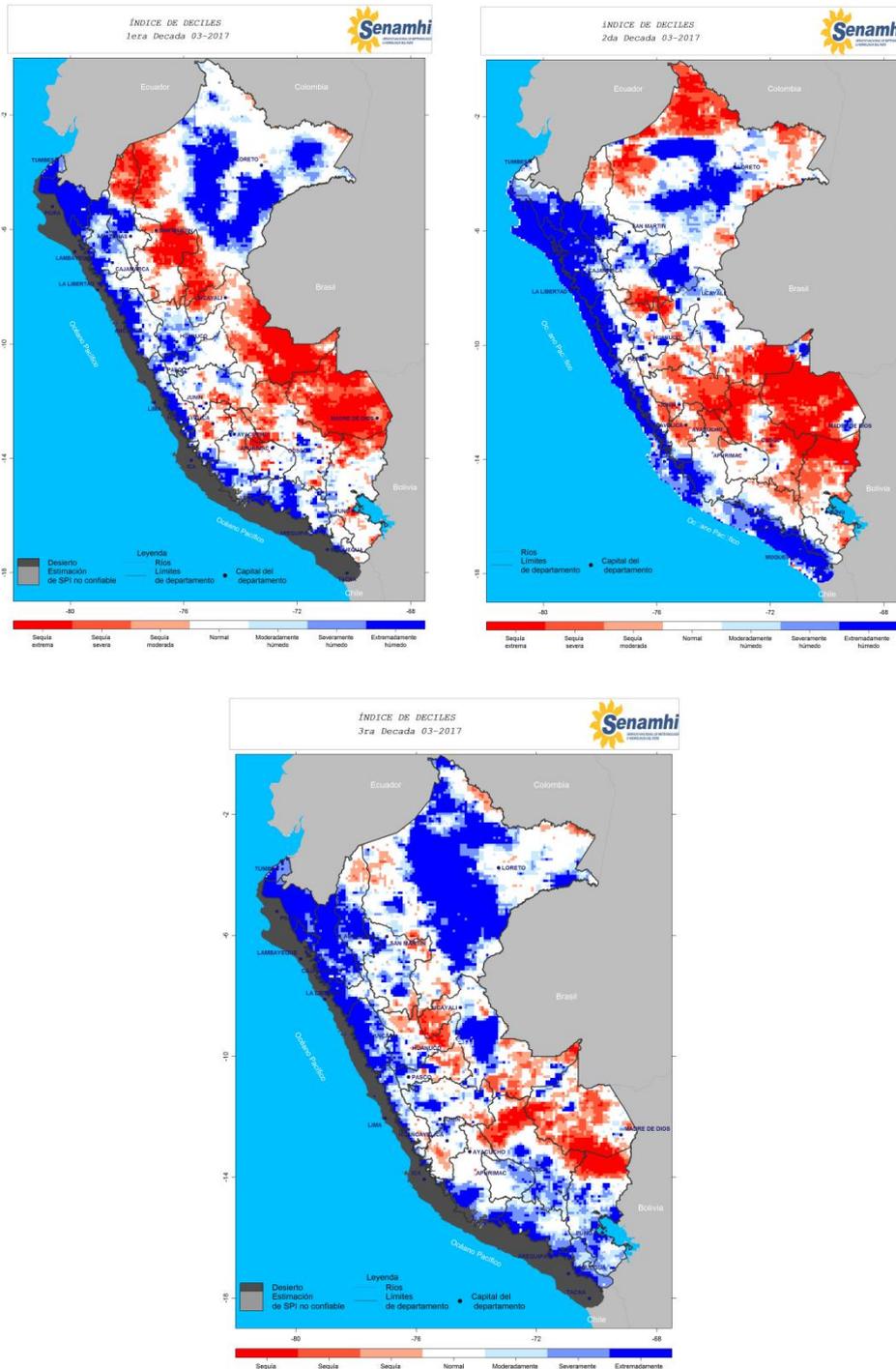
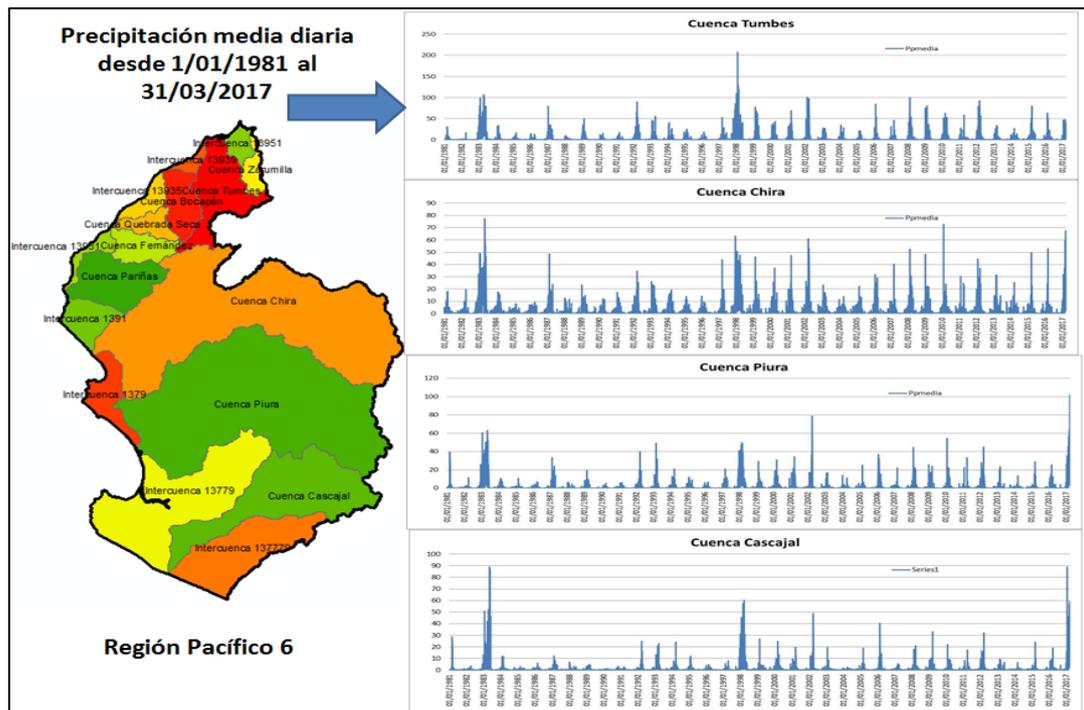


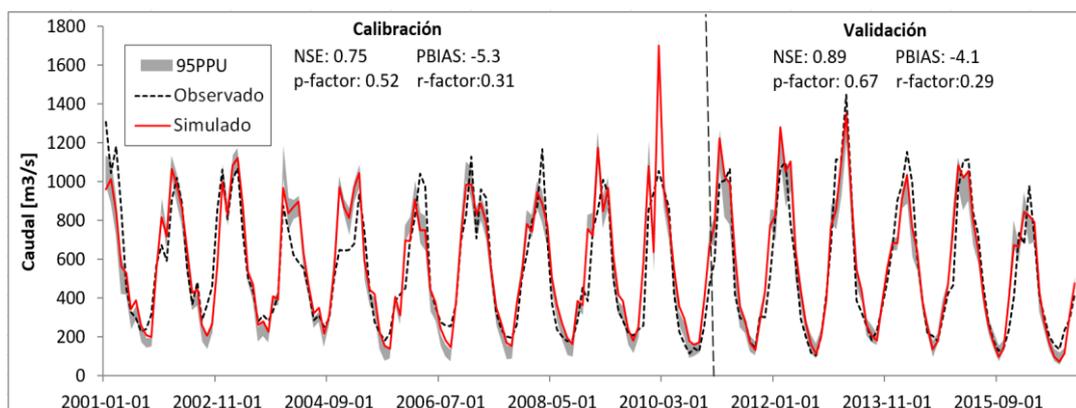
Figura 5. Caracterización decadiaria de la precipitación

### 3.5 Modelamiento hidrológico de cuencas

Otra de las aplicaciones de PISCOp es la calibración de modelos hidrológicos para el pronóstico de caudales de corto plazo. Con PISCOp se ha superado las limitaciones que se tenía en el uso de modelos matemáticos a escala diaria por la escasez de datos diarios de precipitación en muchas cuencas del país. Ello ha permitido calibrar un mayor número de cuencas para los fines operacionales del pronóstico diario de caudales usando diferentes modelos hidrológicos.



**Figura 6.** Precipitación media diaria por cuenca para modelado hidrológico  
Fuente: Felipe, O.

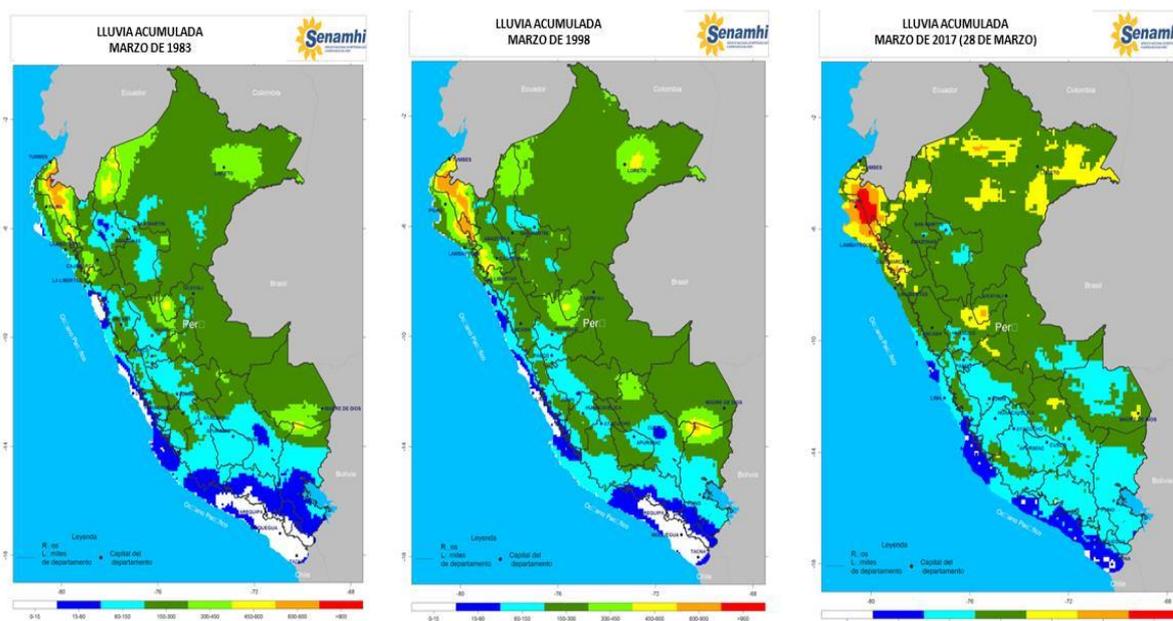


**Figura 7.** Calibración de Modelo Hidrológico SWAT con PISCOp producto precipitación diaria en la cuenca del Alto Huallaga en el punto de control hidrométrico de la Estación Tingo María  
Fuente: DHI

### 3.6 Otros productos derivados de PISCOp

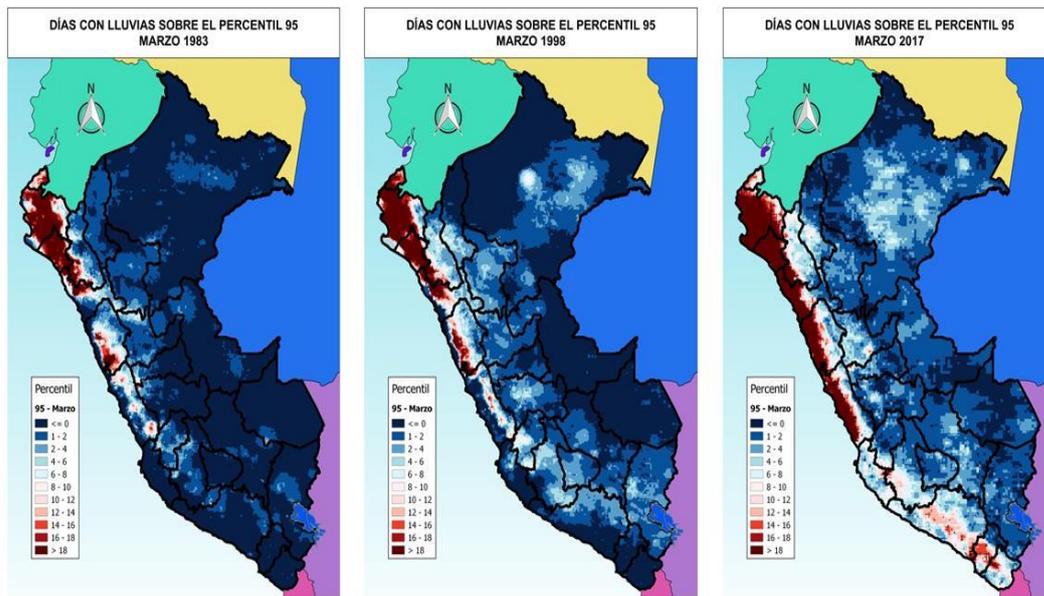
Para los fines operacionales del Monitoreo y pronóstico hidrológico, PISCOp producto precipitación se actualiza diariamente, con el producto IMERG del satélite GPM que se combina con los datos provenientes de las estaciones climáticas del SENAMHI. PISCOp permitió obtener información relevante sobre el Evento El Niño Costero del 2017 que se presentó en nuestro país durante el verano del presente año. Las Figuras del 8 al 11 muestran la lluvia acumulada diaria en los eventos Niños extremos. Así como los mapas de frecuencia de lluvias diaria extremas (P75%) en eventos Niños.

Cabe mencionar que las Figuras 10 y 11, fueron elaboradas a solicitud de CENEPRED quienes necesitaban la caracterización de las lluvias extremas en distritos declarados en emergencia durante el 2017. Utilizando PISCOp se extrajo la serie temporal de los valores promedio para cada distrito partir de enero de 1981 hasta abril del presente año.

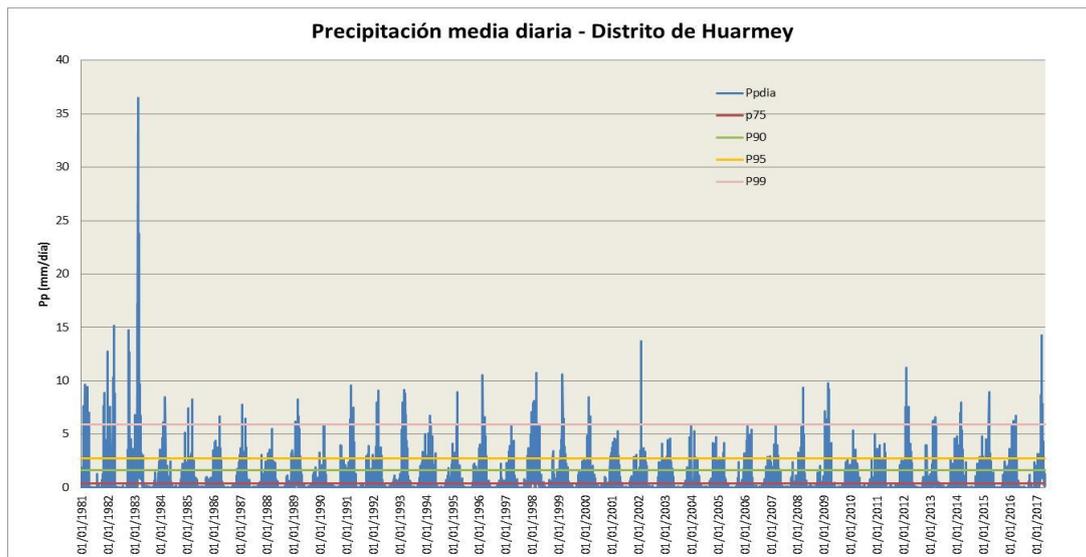


**Figura 8.** Precipitación acumulada en marzo de 1983, 1998 y 2017

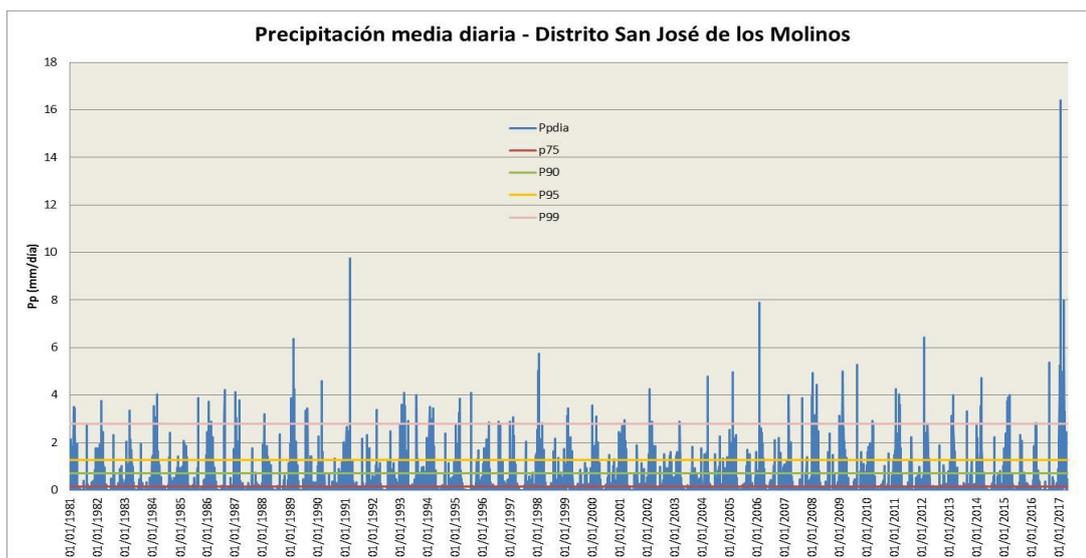
Fuente: Lavado, W. y Felipe O.



**Figura 9.** Frecuencia de lluvias extremas (P95%) para marzo de 1983, 1998 y 2017  
Fuente: Lavado, W.



**Figura 10.** Precipitación media diaria en el distrito de Huarmey y umbrales en los percentiles de 75%, 90%, 95% y 99%  
Fuente: Felipe, O.



**Figura 11.** Precipitación media diaria en el distrito de San José de Los Molinos y umbrales percentilicos de 75%, 90%,95% y 99%  
Fuente: Felipe, O.

#### 4. DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO PISCO

El producto PISCOp con una resolución ~ 5 Km estará próximamente disponible en la página web del SENMAHI en formato NETCDF. (<http://www.senamhi.gob.pe> ). Para más detalles de la metodología de PISCOp se está elaborando un artículo científico para su publicación en los próximos meses. Además las versiones anteriores de PISCOp se pueden tener en link ftp mostrado en <http://www.senamhi.gob.pe/?p=observacion-de-inundaciones>.

#### 5. LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

Se debe tener en cuenta que la precisión de la predicción espacio-temporal de las precipitaciones, tendrá más fiabilidad en los lugares donde se tenga información de pluviómetros, en esta última versión de PISCOp precipitación (versión 2) se ha hecho hincapié en esta premisa y se ha desarrollado un control de calidad robusto y exhaustivo que incluye un proceso de completación de datos.

Desafortunadamente la pobre densidad de pluviómetros en Perú limita las aplicaciones del producto PISCOp a escalas regionales, el dominio espacial de PISCOp abarca también parte del territorio de países como Ecuador, Bolivia, Colombia, Chile y Brasil sin embargo las redes de pluviómetros de dichos países no fueron consideradas, por lo que la precisión de PISCOp en estas áreas dependerá solamente de la covariable utilizada (CHIRPM) y la esperanza matemática de los residuales (diferencia del satélite y pluviómetros).

PISCOp está orientado al modelamiento hidrológico, monitoreo de sequías y balance hídrico. La representación de pequeñas tormentas convectivas que pudiesen

desencadenar la formación de riadas no son bien captadas por CHIRP (debido a la metodología de calibración del “cloud cloud duration” (CCD) y es probable que no se representen también en PISCOp si no se encontrasen pluviómetros alrededor. PISCOp sobreestima la cantidad de días con lluvia, esto es una consecuencia directa del uso de técnicas de interpolación sin consideraciones de intermitencia espacial, los usuarios pueden determinar un umbral de precipitación regional comparando los datos PISCOp con observaciones de pluviómetro en su ámbito de estudio. Cabe recalcar que la utilización de PISCOp para estudios climáticos espacio-temporales es recomendable donde la densidad de estaciones sea óptima ya que en regiones más alejadas a las estaciones la covariable CHIRPM es la que más se representara y puede presentar saltos o quiebres. Así, se recomienda para estudios climáticos (estudios de cambio climático, análisis del fenómeno del niño, análisis de tendencia, etc.) hacer uso complementario de observaciones pluviométricas disponibles en su ámbito de estudio con un control de calidad lo más riguroso posible, para contrastar con los datos de PISCOp. Su utilización para estos fines será de responsabilidad estrictamente del usuario.

Las limitaciones mencionadas son aplicadas para ambas versiones de PISCOp, sobretodo en las primeras versiones en donde se evidencian la formación de fuertes quiebres artificiales tal y como se mencionó en la sección 2.5. Mayores consideraciones del uso del producto PISCOp, consultas y/o reporte de inconsistencias comunicarse con la Dirección de Hidrología ([ofelipe@senamhi.gob.pe](mailto:ofelipe@senamhi.gob.pe); [wlavado@senamhi.gob.pe](mailto:wlavado@senamhi.gob.pe)).

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfaro-Lozano Luis (2014). Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológicos. Nota Técnica 001. SENAMHI-DGM-2014.

Ayala, I. Package 'SPIGA'. Compute SPI Index using the Methods Genetic Algorithm and Maximum Likelihood.

Huffman, G.; Adler, R.; Bolvin, D.; Gu. G.; Nelkin, E.; Bowman, K.; Hong, Y.; Stocker, E.; Wolff, D. 2007. The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): quasi-global, multiyear, combined sensor precipitation estimates at fine scales. *Journal of Hydrometeorology*, Boston, v. 8, n. 1, Feb., p. 38-55.

Lavado, W. 2016. Generación de datos grillados de precipitación diaria (PISCO diario Pd 1981-2015) y su utilidad para la estimación de umbrales de precipitaciones máximas. Reporte Interno de la Dirección de Hidrología del SENAMHI.

Lavado-Casimiro, W. S., Aybar, C., Huerta, A., Sabino, E., Zevallos, J. & Felipe-Obando O. (2016). Generación de datos grillados de precipitación diaria (PISCO Pd 1981-2015) y su utilidad para la estimación de umbrales de precipitaciones máximas. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Estudio de la Dirección de Hidrología

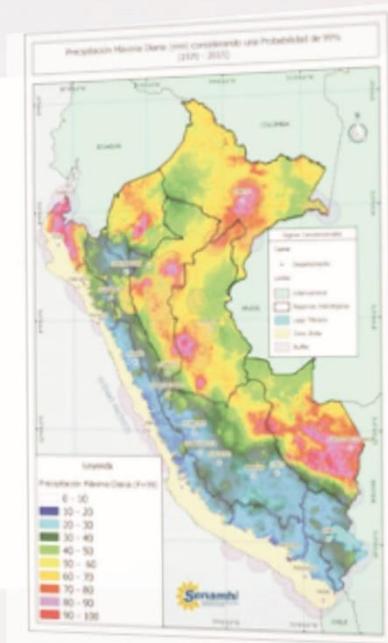
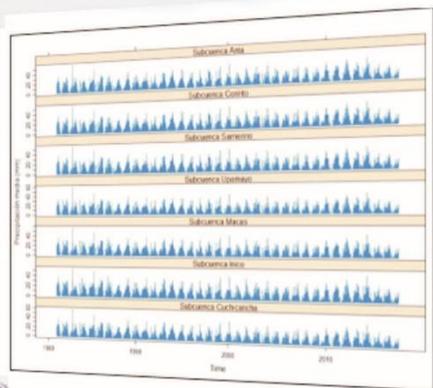
Mantas VM, Liu Z, Caro C, Pereira AJSC. (2015). Validation of TRMM multi-satellite precipitation analysis (TMPA) products in the Peruvian Andes. *Atmospheric Research* 163: 132-145 doi: 10.1016/j.atmosres.2014.11.012

SENAMHI, 2015. Reporte técnico PISCO: Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations. Precipitación v1.0. [ftp://ftp.senamhi.gob.pe/PISCO\\_PREC/2017/](ftp://ftp.senamhi.gob.pe/PISCO_PREC/2017/)

Stisen S, Tumbo M. (2015). Interpolation of daily raingauge data for hydrological modelling in data sparse regions using pattern information from satellite data. *Hydrological Sciences Journal* (March 2015): 1-16 doi: 10.1080/02626667.2014.992789

SOROOSHIAN, S., K.-L. HSU, X. GAO, H.V. GUPTA, B. IMAM, AND D. BRAITHWAITE, 2000: Evaluation of PERSIANN system satellite-based estimates of tropical rainfall. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81, 2035-2046.

SOROOSHIAN, S., X. GAO, K. HSU, R.A. MADDOX, Y. HONG, B. IMAM, AND H.V. GUPTA, 2002: Diurnal variability of tropical rainfall retrieved from combined GOES and TRMM satellite information. *Journal of Climate*, 15, 983-1001.



CDC-SENAMHI  
@s3n4mh1t0@

X A ← X -  
3 B ← X -  
4 C ← X →  
2

1  $x_1 \leftarrow -c(1)$   
5  $x_2 \leftarrow -c(2)$   
for  $C_i$  in  $1:4$

$x_{i+1} \leftarrow x_i$   
7

**Central telefónica: (511) 614-1414**  
**Atención al usuario: (511) 470-2867**  
**Dirección de Hidrología: (511) 614-1414 anexo 465**

**Consultas y sugerencias:**  
**ofelipe@senamhi.gob.pe / hidrologia\_dgh@senamhi.gob.pe**



**Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI**