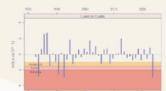




Condiciones hidrológicas en la Región hidrográfica del Titicaca (Perú)

Déficit de caudales

Año hidrológico 2022 - 2023



Ուրիերնոնհրդուներն

Dirección de Hidrología - DHI Subdirección de Estudios e Investigaciones Hidrológicas

Foto: Río Azángaro Est. HLG Pte. Azángaro(Ene. 2023)© DZ 13 - F Septiembre

Condiciones hidrológicas en la región hidrográfica del Titicaca (Perú) Déficit de caudales

Año Hidrológico 2022 - 2023

Introducción

Dado al déficit de precipitaciones desde comienzos del año hidrológico 2022-2023 a la fecha y sus respectivas respuestas en los niveles de agua y caudales de los ríos en la región hidrográfica del Titicaca (RHT), así como la declaratoria de emergencia por déficit hídrico DECRETO SUPREMO Nº 137-2022-PCM por peligro inminente de sequías en algunos distritos del departamento de Puno; Reporte de peligro inminente N° 063-2023 de Déficit Hídrico en Puno por el INDECI para el mes de Julio del 2023. Se ha previsto la importancia de actualización del reporte "Condiciones hidrológicas en la región hidrográfica del Titicaca (Perú) Déficit de caudales" realizado en Febrero del 2023.

En este sentido, El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), a través del Sistema de monitore**O** y pronóstico de la sequí**AS** hidrológ**I**ca**S** (**OASIS**) y la Plataforma Hidrológica de Información Sistematizada e Integrada (PHISIS) brinda información espacial y temporal de las sequías hidrológicas basado en el análisis del índice de Anomalía de Caudal (AC), así como información de caudales y niveles de agua en tiempo casi real respectivamente.

Por lo tanto, el presente **Reporte del año hidrológico 2022-2023 de la RHT** presenta el análisis y evaluación del comportamiento de los caudales y niveles en los ríos en el período setiembre 2022 - agosto 2023 y su pronóstico para los próximos cinco meses.

Metodología

En adelante, se define los índices de sequía hidrológica: anomalía de caudal y anomalía de precipitación evaluados en el presente Reporte.

El Índice de Anomalía de Caudal (AC), es una medida de desviación del caudal de su valor normal a largo plazo (Ec. 1), brinda información del déficit o superávit de caudales. El término "Normal", es el valor promedio de caudal en un período de 30 años (1991-2020). El AC puede ser calculado para diferentes escalas temporales (semana, decadiario, mes, año, etc.).

$$AC (\%) = 100 x (Qi - Qn)/Qn$$
 (Ec. 1)

El AC se ha clasificado en seis categorías, ver Tabla 1.

Tabla 1. Categorías de anomalía de caudal. Fuente: SENAMHI, 2021

Categoría	Anomalía de caudal (AC) en %
Muy por debajo de lo normal	-100 < AC ≤ -50
Debajo de lo normal	-50 < AC ≤ -25
Normal	-25 < AC ≤ 25
Sobre lo normal	25 < AC ≤ 50
Muy sobre lo normal	50 < AC ≤ 100
Alto	AC > 100

El índice de anomalía de precipitación (AP) es una medida de la desviación de las precipitaciones de su valor normal a largo plazo (Ec. 2), el término "Normal", también corresponde al valor promedio de la precipitación en 30 años (1991-2020) y puede ser calculado en diferentes escalas temporales similar al AC.

$$AP(\%) = 100 x (Pi - Pn)/Pn$$
 (Ec. 2)

(Du et al., 2013) clasifica los valores de AP ó IPN (Índice de precipitación normal) según el grado de sequedad o humedad en porcentajes (%). Para fines de este reporte se consideran las siete categorías propuestas por Du y se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Categorías del AP (%)

Tipo de sequía	Índice de precipitación normal (IPN ó AP) en %
Extremadamente seco	-100 < IPN ≤ -75
Severamente seco	-75 < IPN ≤ -50
Moderadamente seco	-50 < IPN ≤ -25
Normal	-25 < IPN ≤ 25
Húmedo	25 < IPN ≤ 50
Muy húmedo	50 < IPN ≤ 100
Extremadamente Húmedo	IPN > 100

Resultados

Comportamiento de los caudales y niveles en la Región Hidrográfica del Titicaca

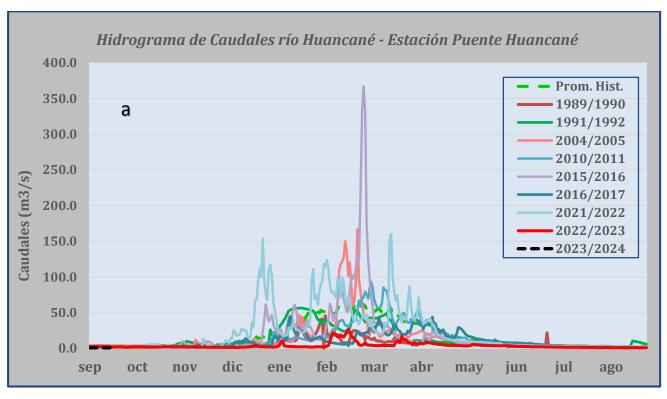
La Figura 1 muestra el comportamiento de caudales del río Ramis, Coata, Huancané e Ilave en las estaciones de monitoreo Puente Carretera, Puente Unocolla, Puente Huancané y Puente Ilave respectivamente, en el último año hidrológico 2022-2023 registró caudales muy por debajo respecto a los años de extremos mínimos y a su promedio histórico, es así que durante enero 2023 se acentuaron las condiciones de déficit de caudales, principalmente en el río Ramis que registró los valores más bajos de los últimos 18 años. Este escenario de déficit en la vertiente se extendió a través de la temporada de lluvias, iniciando el estiaje en la vertiente con caudales que registraron anomalías entre -50% a -60% respecto a su normal histórico. El presente año hidrológico 2023-2024 inició este mes de setiembre y los principales ríos de la Vertiente mantienen una tendencia descendente en su caudal, ello se ve reflejado también en el descenso de nivel de agua del Lago Titicaca que se ha mantenido en el presente mes.

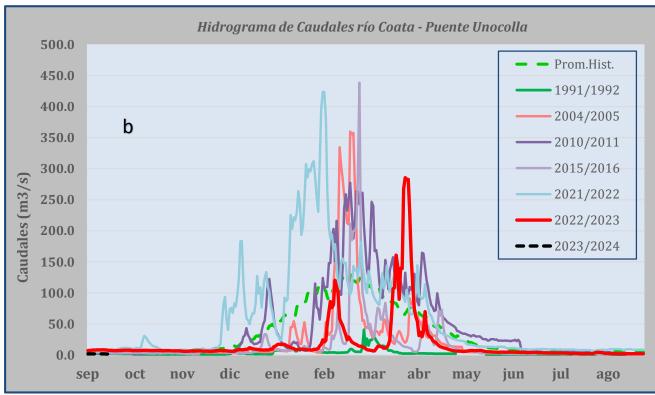
Para el monitoreo y seguimiento de los caudales diarios acceder en https://www.senamhi.gob.pe/?p=monitoreo-informacion-diaria.

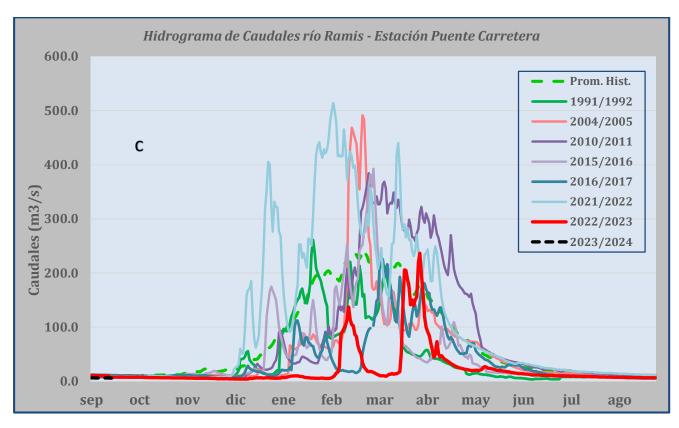
La Figura 2 muestra el análisis del comportamiento de los niveles de agua del Lago Titicaca en años extremos mínimos identificados en el periodo 1914-2023, se observa que en posteriores al año 2014 se han caracterizado por presentar valores por debajo de su promedio histórico, acentuándose los descensos en los años hidrológicos 2010-2011 y 2017-2018.

Por otro lado, desde los inicios del año hidrológico 2021-2022 a noviembre 2022 los niveles de agua presentaron un descenso notable; sin embargo, en diciembre 2022 hubo ascenso significativo alcanzando un acumulado de variación positiva máxima de 0.886 m correspondiente al nivel de 9.56 m, por tanto, la variación de los niveles del Lago entre diciembre 2021 y abril 2022 fue positiva/ascendente y considerable.

En el presente año hidrológico 2023-2024 se viene observando un comportamiento de los niveles de agua con persistencia al descenso, desde el 1 de septiembre 2023 a la fecha, el nivel de agua del Lago Titicaca en la estación Muelle Enafer presenta un comportamiento descendente llegando a registrar -1.31 m de anomalía del nivel de agua respecto a su normal histórico. Cabe mencionar que el déficit de caudales de los principales tributarios viene ocasionando el descenso en los niveles del Lago, así como la falta de nubosidad en la RHT viene ocasionando la aceleración de la evaporación del Lago, que se estima su nivel de agua desciende en promedio 3 mm por día.







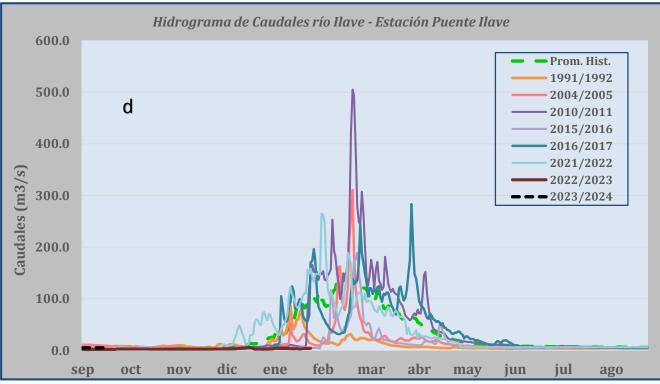


Figura 1. Hidrograma de caudales diarios a) Río Huancané, b) Río Coata, c) Río Ramis y d) Río Ilave.

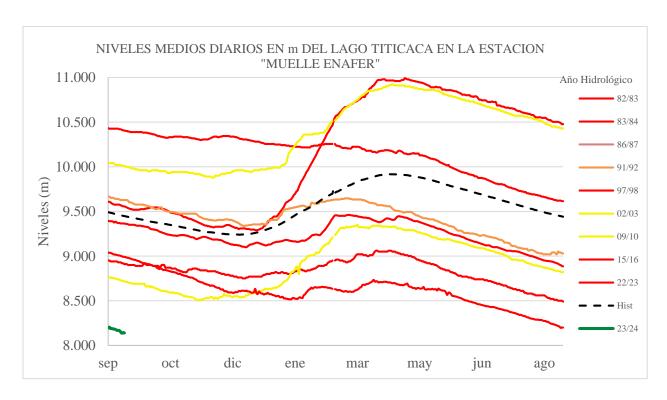


Figura 2. Niveles medios diarios del Lago Titicaca

Índices de sequía hidrológica

La **Figura 3** muestra la variación espacial del AC y AP para los meses de setiembre, octubre y noviembre 2022, los cuales evidencian déficit de caudales de categoría "debajo de lo normal" y "muy por debajo de lo normal" (-100% <AC \le -25%) casi en la totalidad de la RHT para octubre y noviembre. Por otro lado, el AP mostró déficit de precipitación (-100% <AP \le -75%) desde setiembre y abarcó mayor extensión espacial.

Para los meses de diciembre 2022 a febrero 2023, del mismo modo se muestra los déficits de caudales y precipitación con categoría "Debajo de lo normal" para el índice AC (-100% <AC \leq -50%) y (-100% <AC \leq -25%) para el índice AP (Figura 4). Así para los meses siguientes, de marzo a mayo 2023 se mostró en menor intensidad las anomalías, con AC de (-100% <AC \leq -50%), para mayo "debajo de lo normal" (-50% <AC \leq -25%) en la zona norte de la RHT. En cuanto al índice AP las anomalías fueron positivas con categorías "muy sobre lo normal" y "sobre lo normal" sobre todo en abril y mayo (Figura 5).

Finalmente, la Figura 6 muestra los índices de AC y AP para los meses de junio, julio y agosto del 2023. Donde predomina las AC con categoría "normal", sin embargo, para el AP se mostró condiciones de déficit, esto se debe a que en estos meses del año se considera época de estiaje y no se presentan lluvias en la región.

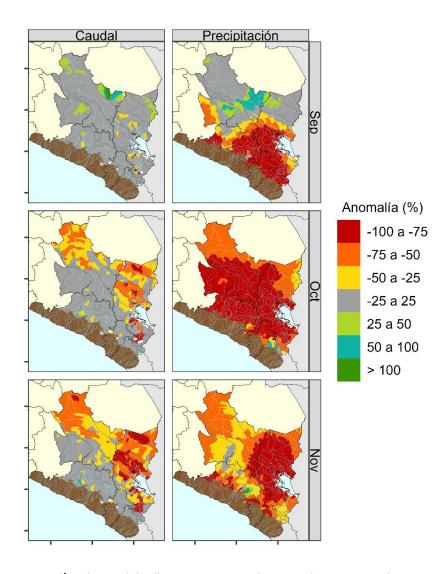


Figura 3. Anomalías de caudal y lluvia para setiembre, octubre y noviembre 2022 en la RHT

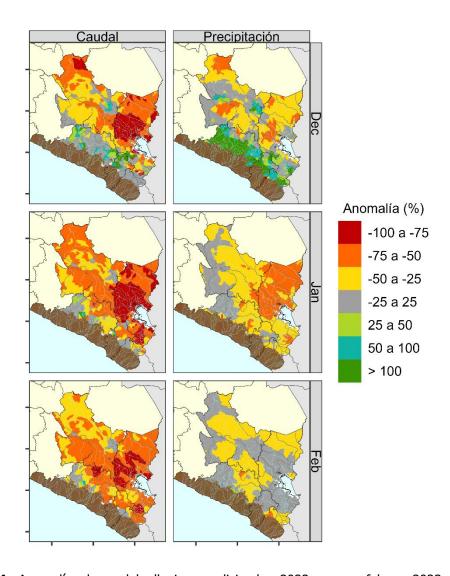


Figura 4. Anomalías de caudal y lluvia para diciembre 2022, enero y febrero 2023 en la RHT

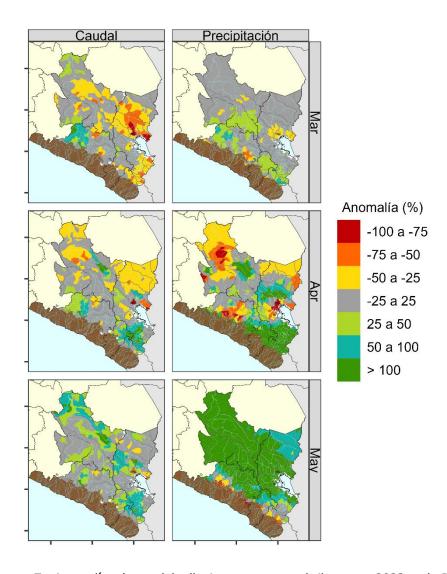


Figura 5. Anomalías de caudal y lluvia para marzo, abril y mayo 2023 en la RHT

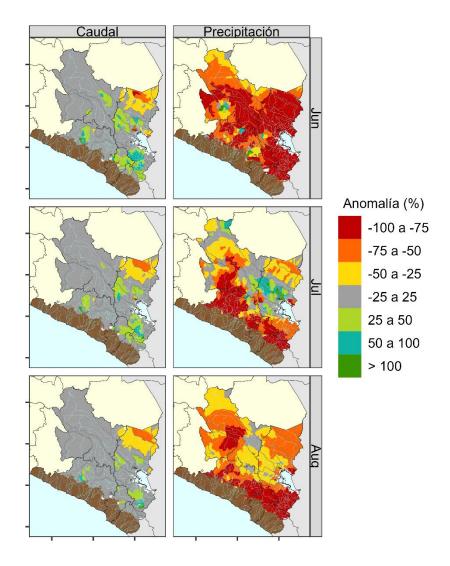


Figura 6. Anomalías de caudal y lluvia para junio, julio y agosto 2022 en la RHT

Índices de sequía meteorológica a largo plazo

Con el fin de comparar el año hidrológico 2022-2023 con otros años, se realizó la Figura 7, el cual muestra el índice SPI-12 para agosto de todos los años del período 1981 hasta 2023. Donde se evidencia que el año hidrológico 2022 - 2023 para las cuencas Huancané, Ramis y Coata es el más extremo en los últimos 43 años alcanzando la categoría "Extremadamente seco". Por otro lado, para la cuenca llave el SPI-12 mostró un valor negativo, pero dentro de la categoría normal.

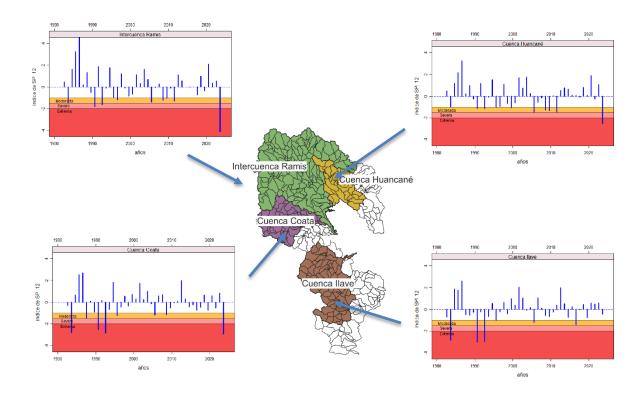


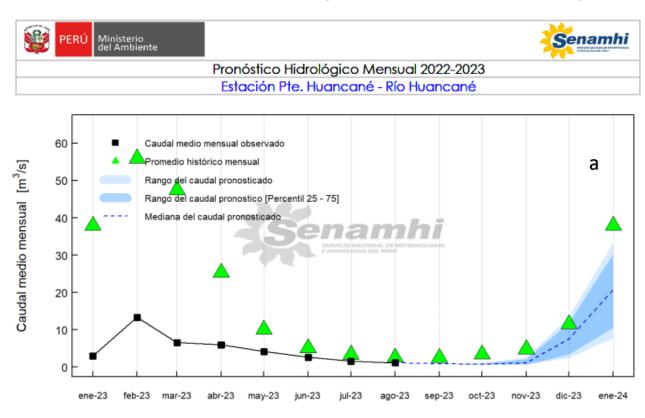
Figura 7. Índice de precipitación estandarizado SPI-12 desde 1981-2023 para cada año hidrológico.

Pronóstico de caudales

El pronóstico estacional de caudales fue obtenido a través de la simulación hidrológica con el modelo semidistribuido GR2M a escala nacional, a partir de los pronósticos estacionales de precipitación utilizados como variable de ingreso al modelo, para más detalle, ver (https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-29.pdf).

La Figura 5 muestra el pronóstico de caudales mensuales del río Huancané y Ramis en el periodo setiembre 2023 - enero 2024, los cuales nos muestran un escenario donde se registraría en promedio un comportamiento hidrológico muy debajo de lo normal con una variación mensual entre muy debajo de lo normal a debajo de lo normal respecto a su promedio histórico para el primero, y un comportamiento debajo de lo normal, respecto su promedio histórico para el segundo.

Es importante tener en cuenta que estas condiciones podrían variar ya que esta última previsión fue obtenida en el presente mes de setiembre. Cabe indicar que el pronóstico diario de caudales en estas cuencas considerando las previsiones de lluvia con horizonte de 3 días se actualiza diariamente en https://www.senamhi.gob.pe/servicios/?p=pronostico-hidrologico



¹ El pronóstico estacional del SENAMHI se basa en el análisis (consenso) de herramientas estadísticas, así como en los pronósticos de los modelos globales, con la participación de especialistas del SENAMHI (Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental atmosférica y las Direcciones Zonales)



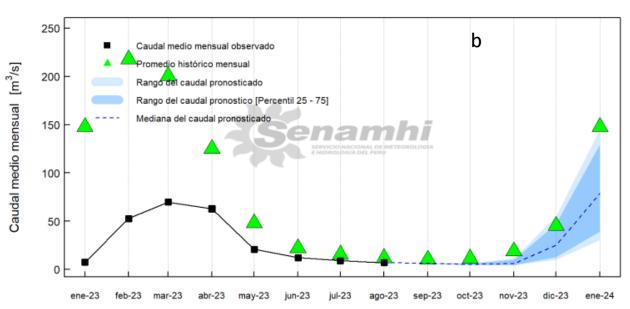


Figura 5. Hidrograma de caudales mensuales pronosticados a) río Huancané b) río Ramis.

Conclusiones

- 1. Los caudales de los ríos Ramis, Coata, Huancané e llave durante el año hidrológico 2022-2023 registraron en promedio anomalías de caudal inferiores a su promedio histórico, siendo enero 2023 fue el mes en el cual se registraron anomalías muy extremas en la categoría "muy por debajo de lo normal". comparado con los años hidrológicos más extremos como 1991-1992, 2004-2005, 2015-2016. El río Ramis viene registró los caudales más bajos desde el año hidrológico 2004-2005, así mismo otros ríos que conforman la Vertiente como llave y Huancané vienen registrando continuos periodos de déficit hídrico siendo este el más severo en los últimos 3 años.
- 2. El nivel de agua del Lago Titicaca a través del año hidrológico 2022-2023 registró un descenso continuo y un comportamiento hidrológico no registrado desde el año 1982-1983, año que coincidió con un evento El Niño de magnitud Fuerte, así mismo un escenario similar no se registraba desde el año 1940-1941, considerado como uno de los periodos más secos registrados en la región.
- 3. La AC y AP para el año hidrológico 2022-2023 evidenció un aumento de las áreas afectadas con categoría "muy por debajo de lo normal" respecto al trimestre octubre, noviembre y diciembre del 2022 y enero, febrero y marzo del 2023, ambos índices corresponden a un déficit de caudal y precipitación variables de -100% a -50% de anomalía en la RHT.

- 4. El análisis del SPI-12 a nivel temporal en las cuencas Huancané, Ramis y Coata para el presente año hidrológico 2022-2023, presentó la categoría "extremadamente seco" respecto al periodo 1981-2023. A excepción de la cuenca llave que presentó condiciones normales, pero con valor negativo.
- 5. El pronóstico hidrológico estacional para el período Setiembre 2023 -Enero 2024, presentarían un comportamiento muy debajo de lo normal a debajo de lo normal en el río Huancané y debajo de lo normal en el río Ramis.
- 6. Se recomienda a la población y a los tomadores de decisión de los distintos sectores tomar previsiones a fin de reducir los impactos respecto al déficit de caudales presentados en la RHT.

Referencias

Du, L., Tian, Q., Yu, T., Meng, Q., Jancso, T., Udvardy, P., & Huang, Y. (2013). A comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 23(1), 245–253. https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.09.010

SENAMHI. (2021h). Glosario de términos relacionados a sequías, gestión del riesgo y cambio climático. (Avalos G., K. Correa, K. Quevedo, C. Tello, S. Endara, J. Acuña, O. Varillas, G. Romero, K. Cristóbal). Proyecto Pachayatiña/Pachayachay. SENAMHI-HELVETAS-PREDES.

SENAMHI. (2023). Sistema de monitoreo y pronóstico de sequías hidrológicas (diciembre 2022). https://hdl.handle.net/20.500.12542/2599

Links importantes:

OASIS: https://idesep.senamhi.gob.pe/oasisweb/servicio/mapa_pronostico/399/

Boletín de sequías: https://www.senamhi.gob.pe/?p=monitoreo-pronostico-sequias

Condiciones hidrológicas a nivel nacional: https://www.senamhi.gob.pe/?&p=monitoreo-hidrologico

Pronóstico Hidrológico: https://www.senamhi.gob.pe/?&p=pronostico-hidrologico

Director de Hidrología

Oscar Felipe Obando ofelipe@senamhi.gob.pe

Subdirector de Estudios e Investigaciones Hidrológicas (SEH)

Waldo Lavado wlavado@senamhi.gob.pe

Subdirectora de Predicción Hidrológica (SPH)

Karen León kleon@senamhi.gob.pe

Director Zonal 13

Sixto Flores sflores@senamhi.gob.pe

Redacción, Compilación y Figuras:

Dirección de Hidrología

Sofia Endara, Leonardo Gutierrez, César Pantoja & Waldo Lavado

Zonal 13 Emily Quispe

Portada: Miriam Casaverde