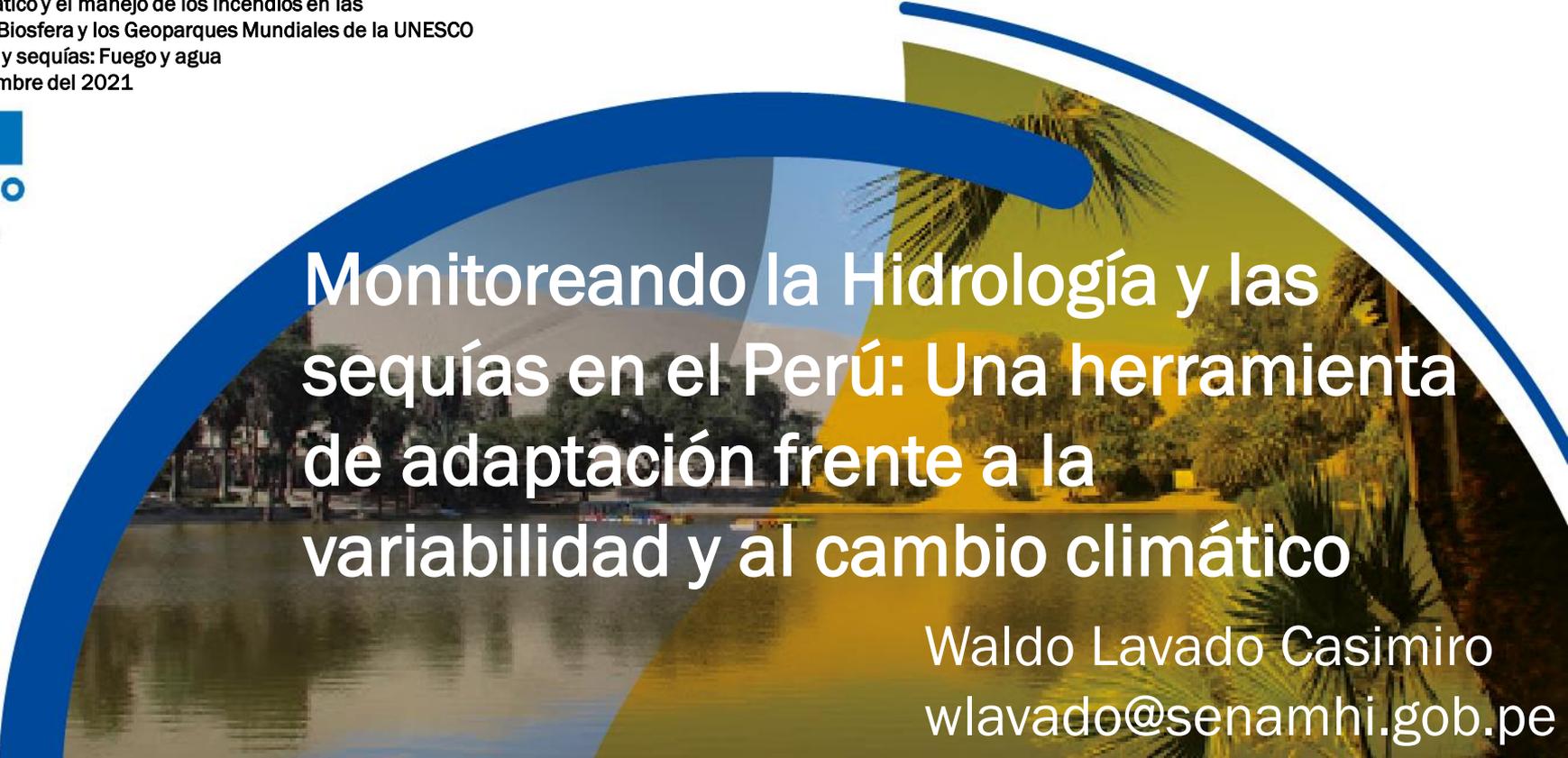


Plataforma de cambio climático, riesgo y resiliencia en los Sitios de la UNESCO de América Latina y el Caribe
Cambio climático y el manejo de los incendios en las
Reservas de Biosfera y los Geoparques Mundiales de la UNESCO
Emergencias y sequías: Fuego y agua
15 de septiembre del 2021.

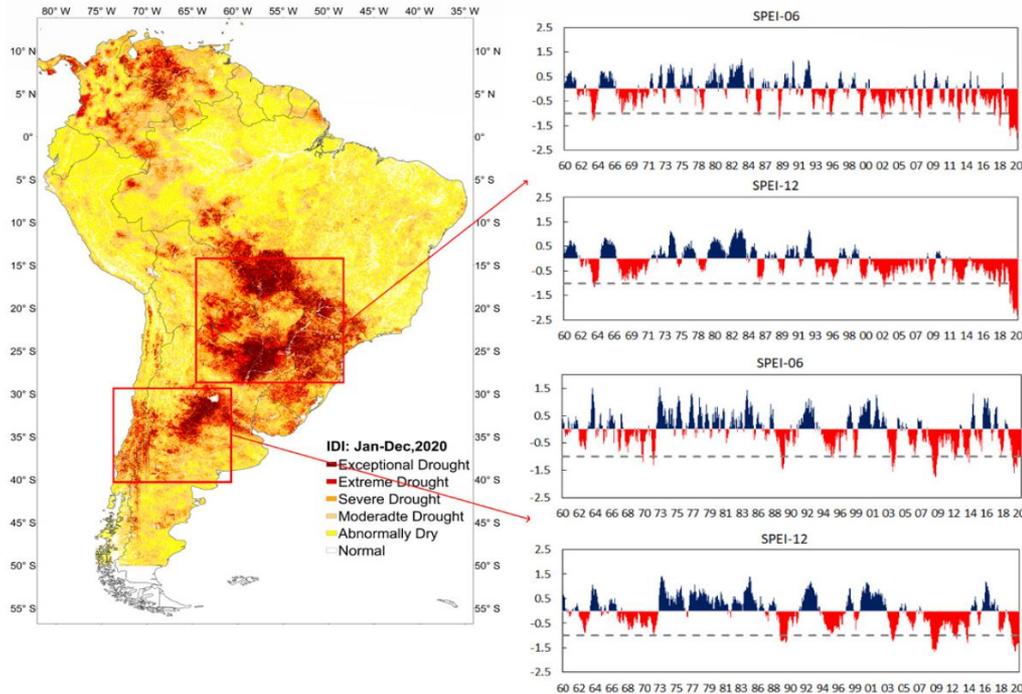


Monitoreando la Hidrología y las sequías en el Perú: Una herramienta de adaptación frente a la variabilidad y al cambio climático

Waldo Lavado Casimiro
wlavado@senamhi.gob.pe

Sequias en el 2020

Las sequías han sido generalizadas en todo Latinoamérica y el Caribe



- Sequías más severas en el Chaco Boliviano y Pantanal.
- Megasequías empezó en Chile central en el 2010 y persiste.

El estado del clima en América Latina y el Caribe 2020
OMM (2021)

SIXTH ASSESSMENT REPORT. Working Group I – The Physical Science Basis

NWS

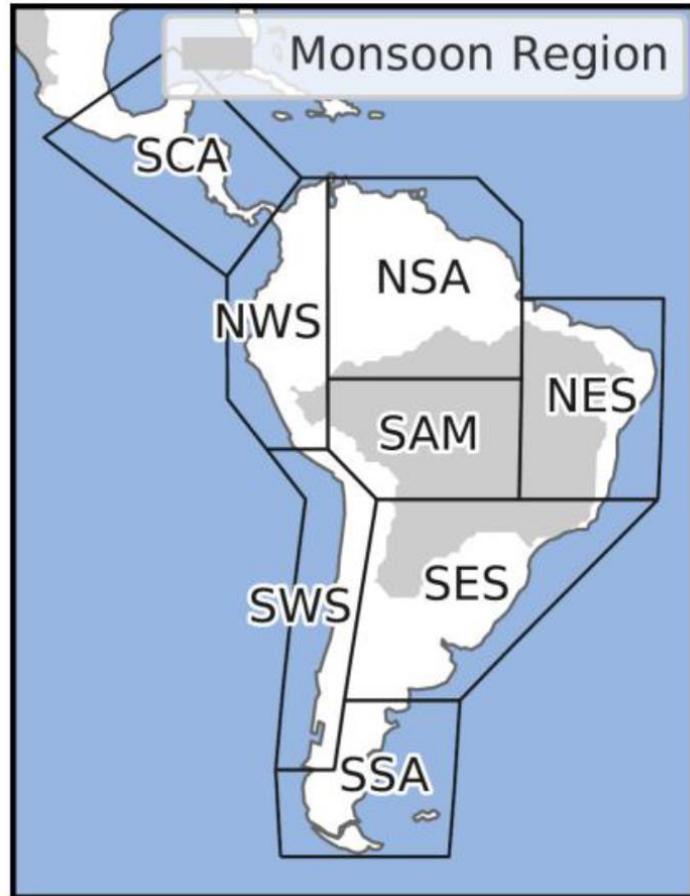
- ❑ Perdida de área glaciaria → sequías hidrológicas

SWS

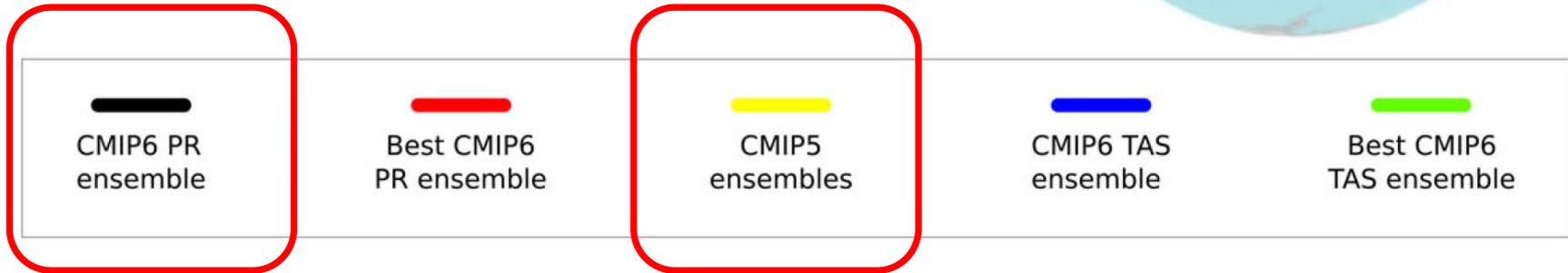
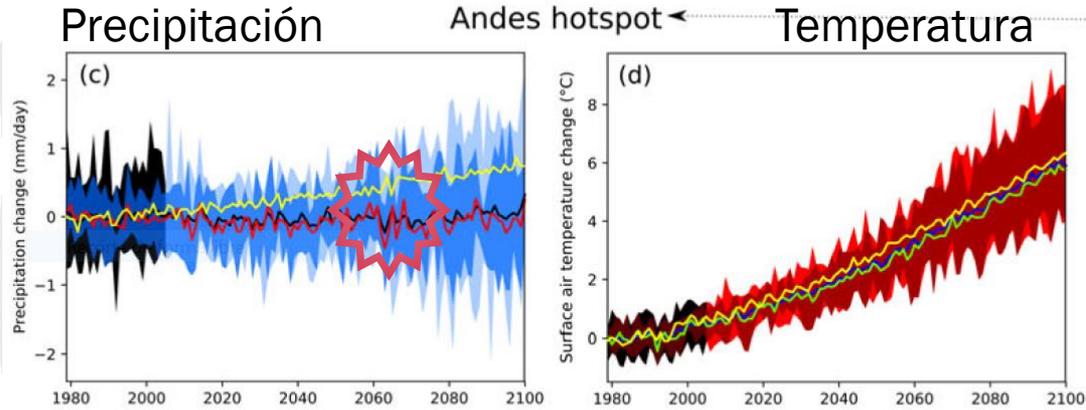
- ❑ Perdida de área glaciaria → sequías hidrológicas
- ❑ Área con efectos de sequía se incrementarán
- ❑ Incremento de incendios (alta confianza)
- ❑ Incrementos en uno o más aspectos entre la sequía, la aridez e incendios (alta confianza) afectará potencialmente agricultura, silvicultura, salud y ecosistemas)

SAM

- ❑ Incrementos en uno o más aspectos entre la sequía, la aridez e incendios (alta confianza) afectará potencialmente agricultura, silvicultura, salud y ecosistemas)
- ❑ Poca confianza en los cambios de precipitación proyectados, pero alta confianza en que el monzón sudamericano se retrasará durante el siglo XXI.
- ❑ Hay proyecciones de un aumento de la sequía agrícola y ecológica para mediados del siglo XXI, para 2 ° C de nivel de calentamiento y superior (confianza alta).
- ❑ En la Amazonía, el número de días al año con temperaturas máximas superiores a 35 ° C aumentaría



Proyecciones futuras en los Andes



49 CMIP5
33 CMIP6

Ortega et al., (2021)

Resumen de los cambios estacionales proyectados

2071-2100 vs 1971-2000

DJF



MAM



JJA



SON



Disminución de la precipitación



No hay cambio



Incremento de la precipitación



Incremento de la temperatura



Concordancia de los modelos

49 CMIP5

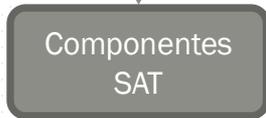
33 CMIP6

Ortega et al., (2021)

Mensajes claves de los eventos extremos sucedidos en el 2020 (Sequías = S)

- ❑ La intensa **S** en el sur de la Amazonia y el Pantanal fue la más grave de los últimos 60 años, y 2020 superó a 2019 para convertirse en el año con mayor actividad de **incendios** en el sur de la Amazonia.
- ❑ La **S** generalizada en toda la región de ALC ha tenido un impacto considerable en las **rutas de navegación interior**, en el **rendimiento de los cultivos** y en la **producción de alimentos**.
- ❑ Las **medidas de adaptación**, en particular los **SAT multirriesgos**, no están lo suficientemente desarrolladas en la región de ALC. El apoyo de los gobiernos y de la **comunidad científica y tecnológica** es fundamental para reforzar su desarrollo, así como para mejorar la recopilación y el almacenamiento de datos e integrar firmemente la información sobre el riesgo de desastres en la planificación del desarrollo.

SINAGERD y los SAT



Coordinador del Subcomité



Entidades Especializadas



Secretaría Técnica CTC-RNAT



Entidades de Soporte Técnico

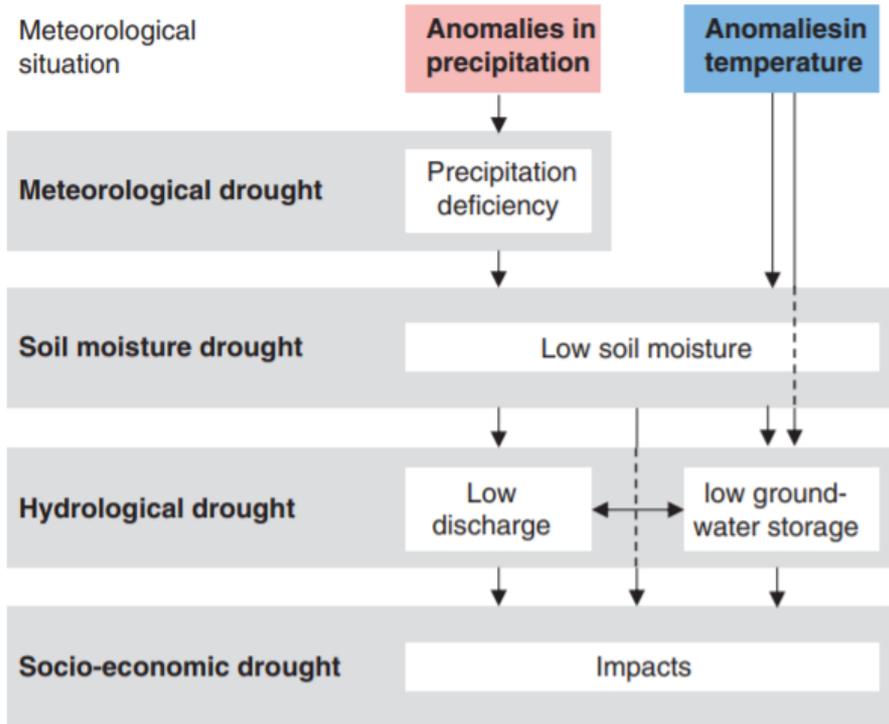


Entidades de Cooperación

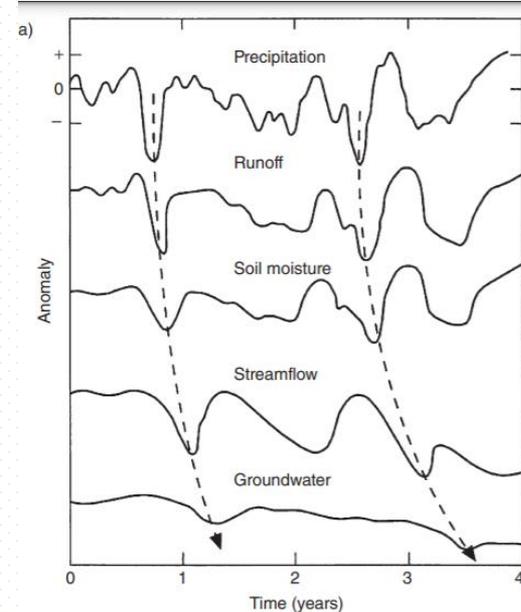


Sequías hidrológicas

Tipos de sequías



La sequía hidrológica se refiere a la falta de agua en el sistema hidrológico, manifestándose en caudal bajos en los ríos y niveles bajos en lagos, embalses y aguas subterráneas (Tallaksen LM & Van Lanen HAJ, 2004)

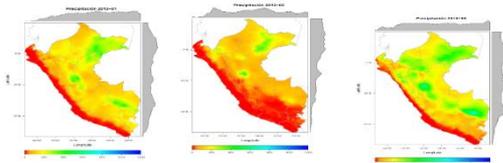


Propagación de sequías

Van Loon, WIREs Water 2015

Ejemplo de la investigación a la operación R20 OASIS

PISCO
Peruvian Interpolated data of
SENAMHI's Climatological and
Hydrological Observations



Datos interpolados en tiempo real,
 Pisco precipitación operativo
 P_o

Aybar et al. (2019)

HYDROLOGICAL SCIENCES JOURNAL
<https://doi.org/10.1080/102426657.2019.1649411>



SPECIAL ISSUE: HYDROLOGICAL DATA: OPPORTUNITIES AND BARRIERS

Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day

Cesar Aybar¹, Carlos Fernández^{2b}, Adrian Huerta¹, Waldo Lavado¹, Fiorella Vega³ and Oscar Felipe-Obando⁴

¹Servicio de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Dirección de Hidrología, Lima, Perú; ²Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany

PISCO_HyM_GR2M: A Model of Monthly Water Balance in Peru (1981–2020)
 by [Waldo Lavado-Casasnovas](#)^{1,2,3,4}, [Cristian Montesinos](#)^{1,2,3}, [William Bastos](#)^{1,2,3} and [Francisco Ruiz](#)^{1,2,3}

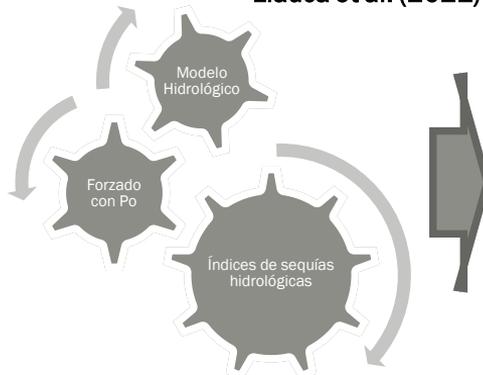
Article Menu

- Article Overview
- Abstract
- Open Access and Permissions
- Share and Cite
- Article Metrics
- Order Article Reprints

Article Versions

Related Info Links

Llauca et al. (2021)



Sistema de Monitoreo y pronóstico de sequías hidrológicas

¿Qué es OASIS?

Sistema de monitoreo y pronóstico de las sequías hidrológicas, en el seguimiento de las condiciones actuales de sequía hidrológica y su pronóstico a través de índices anomalías de causalidad. El cual permite identificar el déficit o exceso de causalidad en una determinada región para las formulaciones de decisión.

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar | Para Actualizar

Validación y mejora de los procesos para tener una herramienta más eficiente



Construyendo datos HM

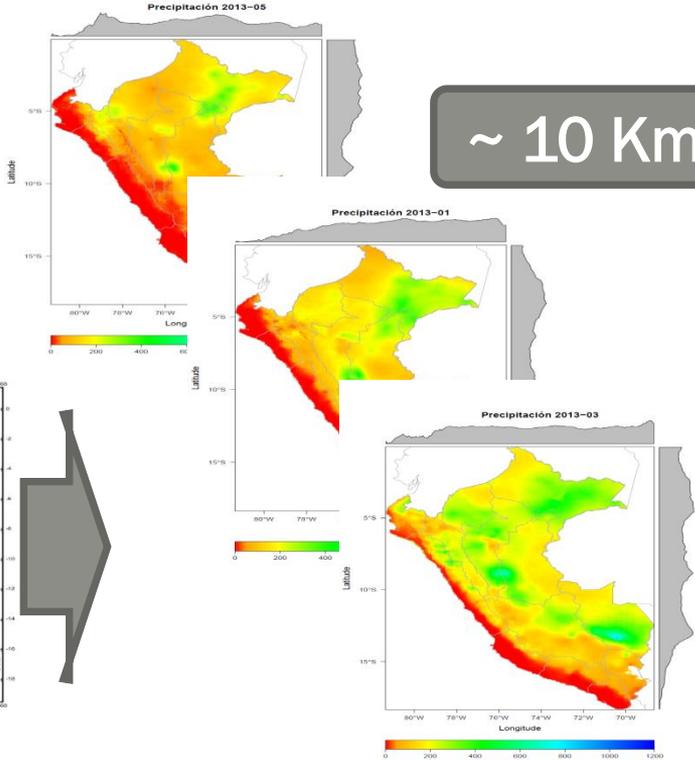
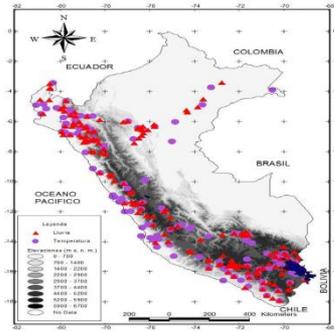
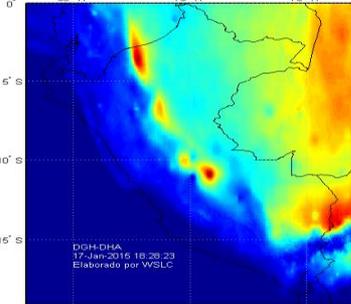
Datos interpolados de las estaciones climatológicas e hidrológicas del SENAMHI

PISCO

Peruvian Interpolated data of SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations

~ 10 Km

Annual Precipitation 1981-2012
CHIRPS



Precipitación interpolada PISCO-prec á paso de tiempo DIARIO

Tmax y Tmin PISCO-tmp á paso de tiempo DIARIO -> Eo en 2021

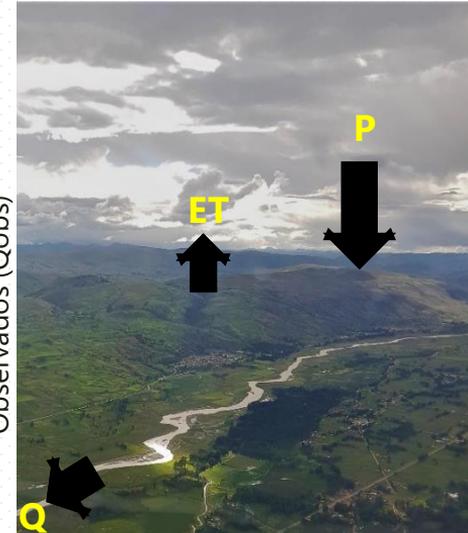
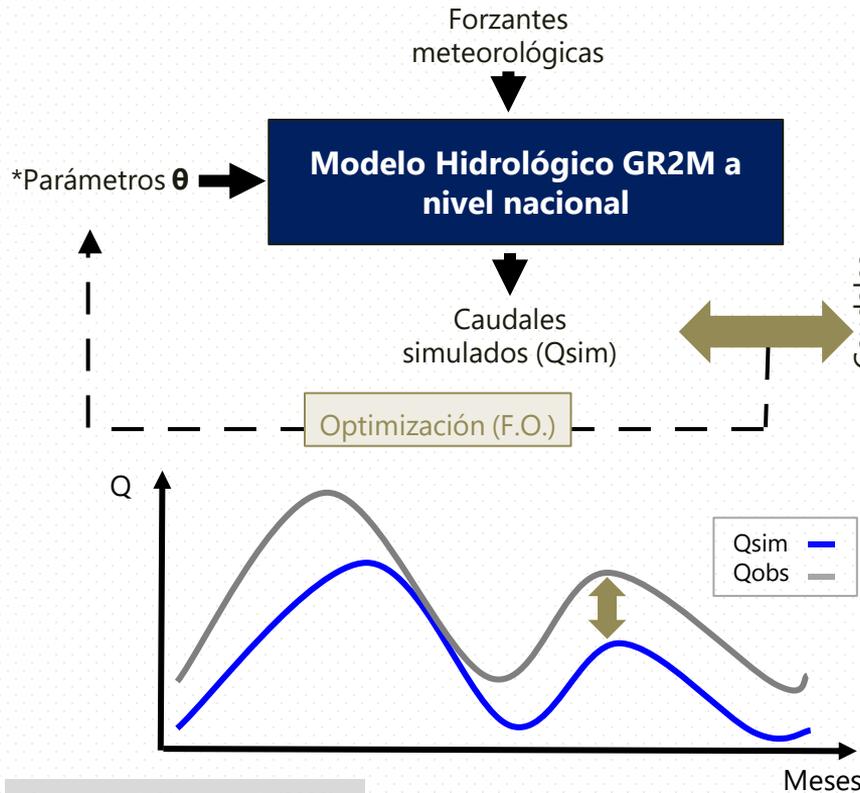
Enero/1981 HASTA LA ACTUALIDAD



Aybar et al. (2019)
Huerta et al. (in prep.)

Modelo Hidrológico Mensual Operativo

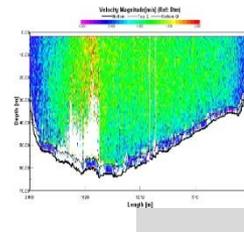
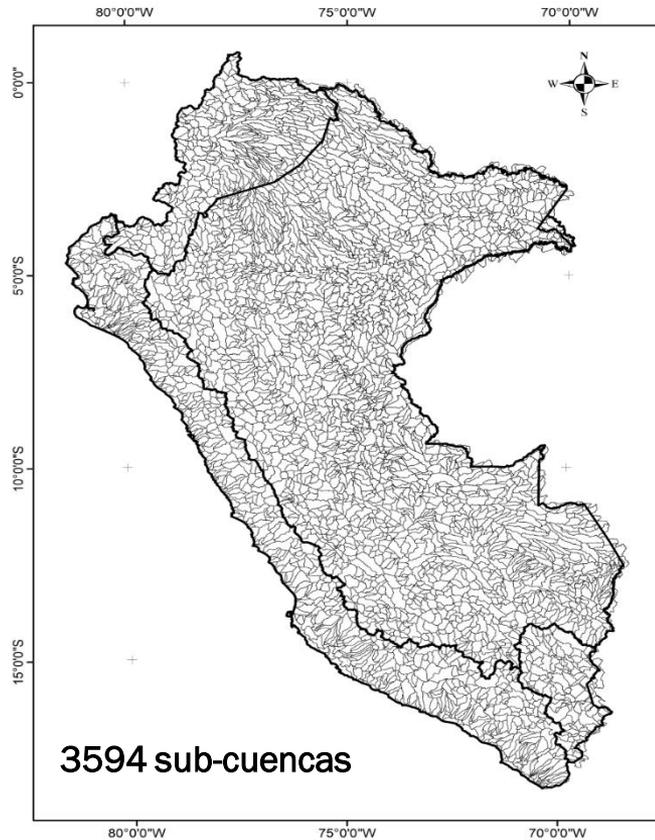
Esquema General



Vista del Río Mantaro

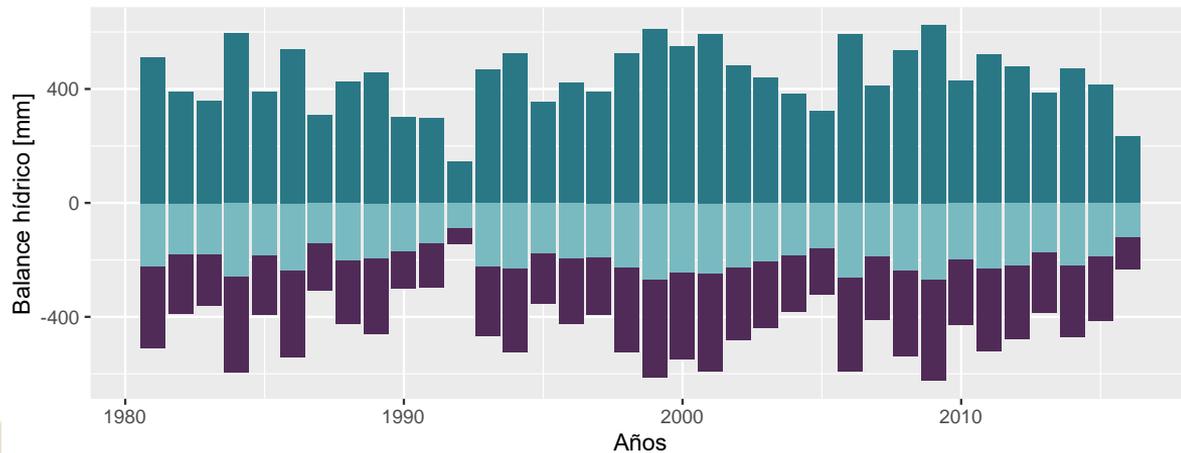
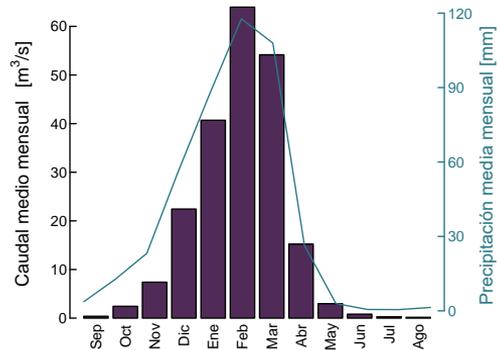
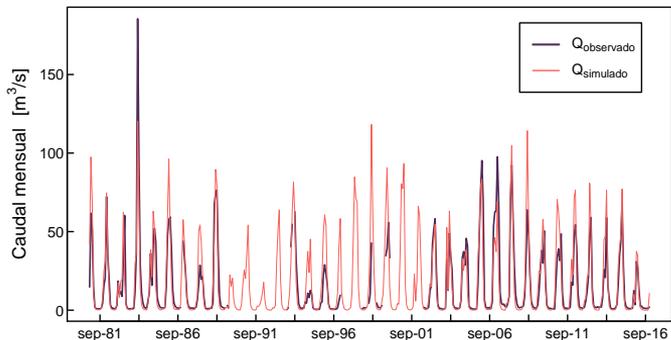
Adaptado de Vrugt et al. (2008)

Modelamiento Hidrológico a nivel nacional



MODELO HIDROLOGICO A NIVEL NACIONAL

Estación La Capilla

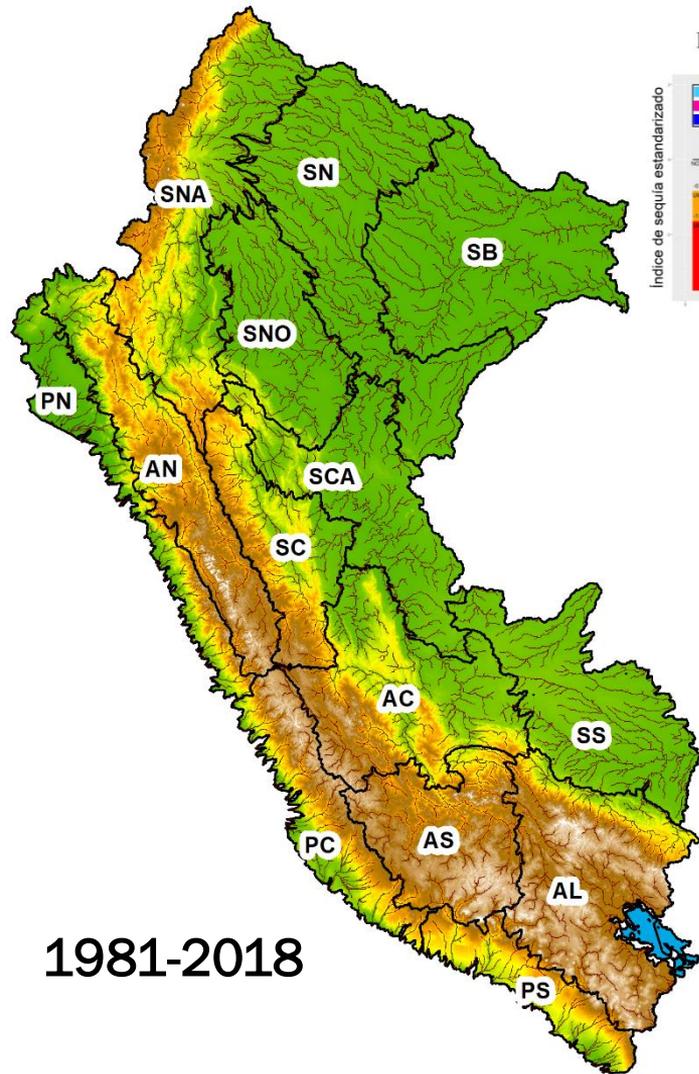


Acceso a la base de datos
PISCO_HyM_GR2M

[https://figshare.com/articles/datas
et/HyM_GR2M_v1_1/13237250/1](https://figshare.com/articles/datas_et/HyM_GR2M_v1_1/13237250/1)

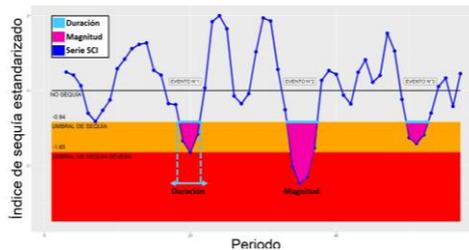
Variable

- Escorrentía
- Evap. real
- Precipitación

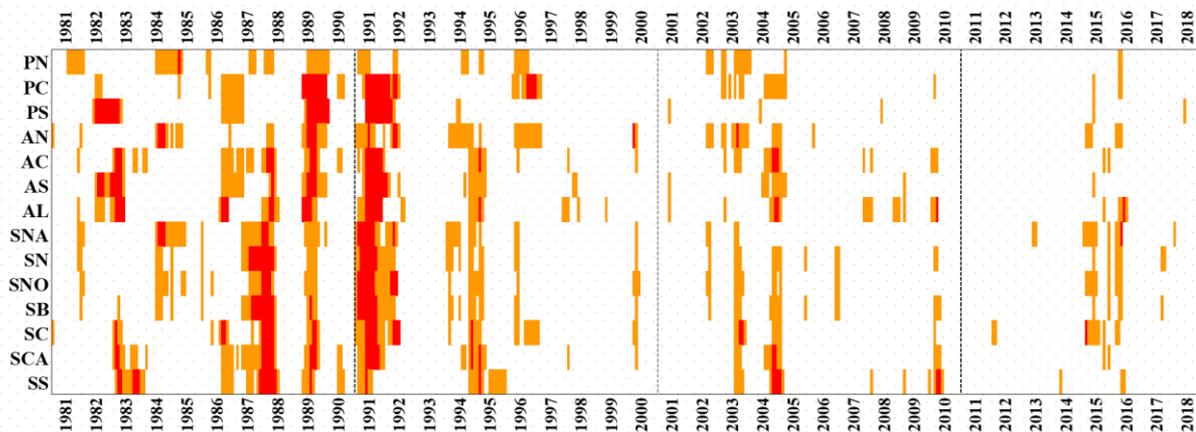


1981-2018

Definición esquemática de la sequía, Fig 2



Análisis espacio temporal de las sequías hidrológicas



Rojo: Sequías hidrológicas extremas

Naranja: Sequías hidrológicas moderadas

Quenta et al. (en preparación)

INDICE DE SEQUIA HIDROLOGICA

Estimado considerando el período 1981-2010 como climatología

RESUMEN DE PRECIPITACIONES (Octubre a Febrero 2021)

IPN DE 5 MESES

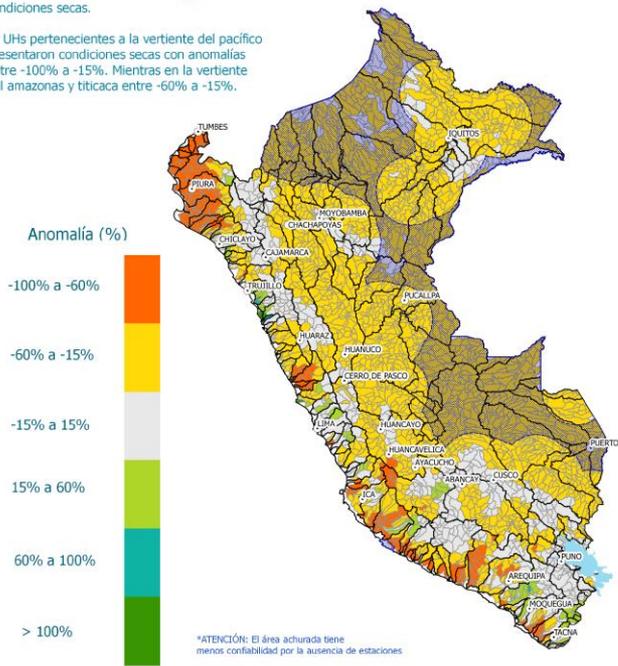
IPN: Índice de precipitación normal



Dirección de Hidrología

En general para las lluvias acumuladas de 5 meses a febrero 2021, a escala de unidades hidrográficas (UH) del Perú (cuencas ~ 300km²) presentaron condiciones secas.

La UHs pertenecientes a la vertiente del pacífico presentaron condiciones secas con anomalías entre -100% a -15%. Mientras en la vertiente del amazonas y tibatíca entre -60% a -15%.



*ATENCIÓN: El área achurada tiene menos confiabilidad por la ausencia de estaciones

RESUMEN DE CAUDALES (FEBRERO 2021)

Anomalia de caudal mensual

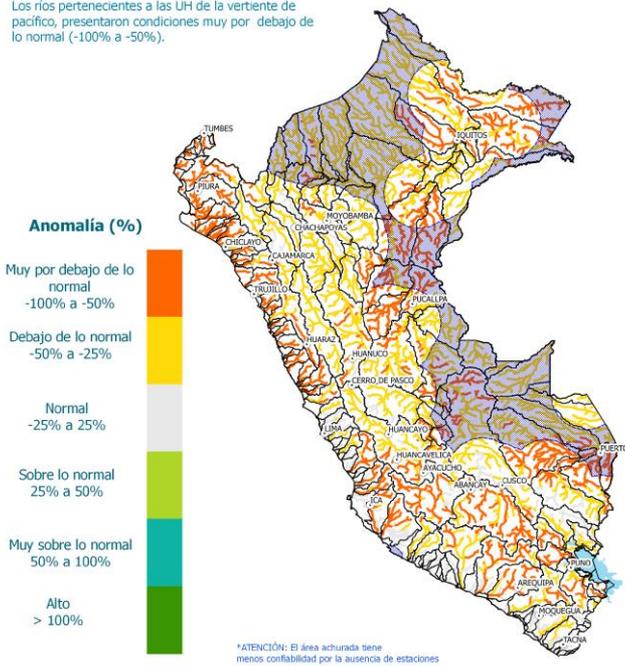
AC: Anomalia de Caudal



Dirección de Hidrología

Los caudales de febrero del 2021, a escala unidades hidrográficas (UH) del Perú, presentaron condiciones secas a normales.

Los ríos pertenecientes a las UH de la vertiente de pacífico, presentaron condiciones muy por debajo de lo normal (-100% a -50%).



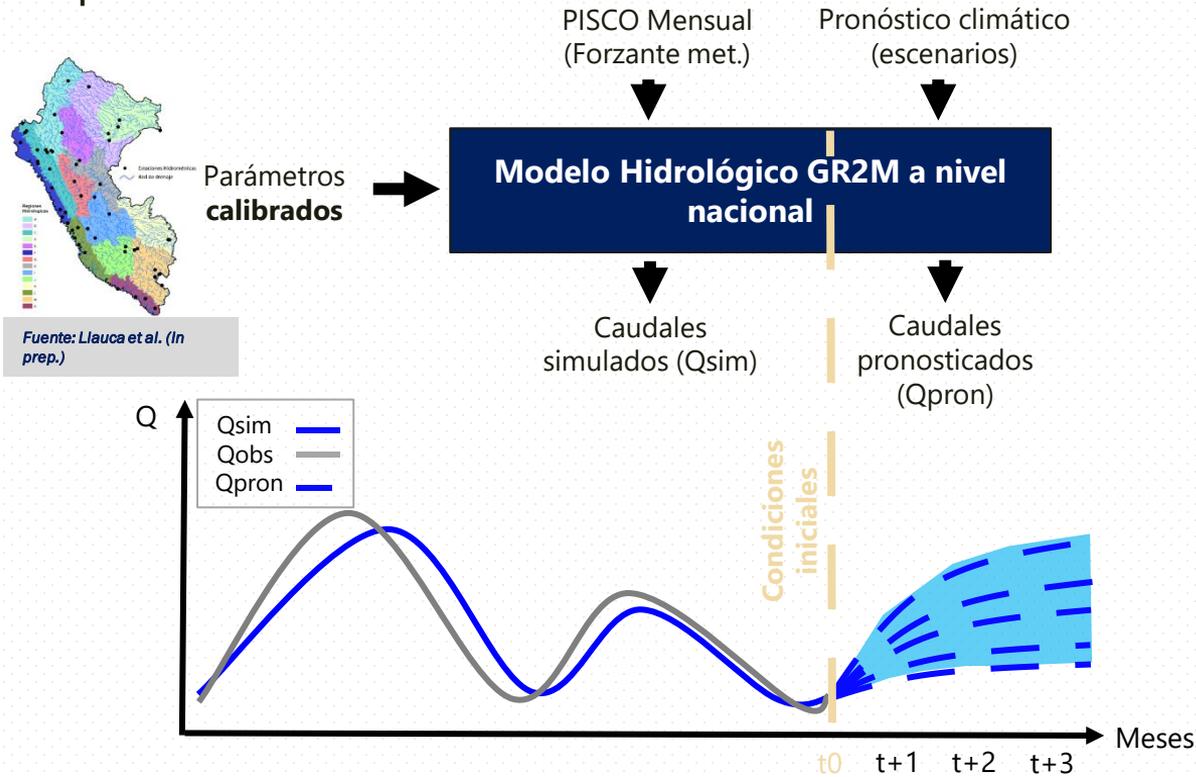
*ATENCIÓN: El área achurada tiene menos confiabilidad por la ausencia de estaciones

Sistema de Monitoreo y pronóstico de sequías hidrológicas OASIS

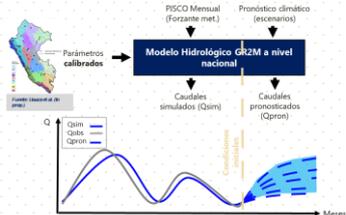
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=monitoreo-pronostico-sequias>

Pronóstico Hidrológico Mensual

Insumos para el pronóstico



Pronóstico de sequías hidrológicas



PRONÓSTICO DE SEQUIA HIDROLÓGICA (MARZO 2021)

Probabilidad de ocurrencia de déficit de caudales

"Debajo de lo normal" (menor de -25%)

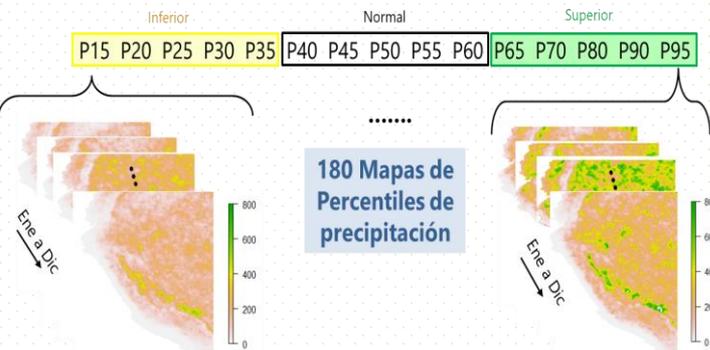
En general, los pronósticos de caudales mensuales para Marzo 2021, a escala unidades hidrográficas (UH) del Perú, presentaron probabilidades menores a 50%.

Sólo en algunas rios de UH del VP (zona norte) tienen una probabilidad mayor a 75% que se presenten condiciones "Debajo de lo normal".

Percentiles de precipitación mensual [Periodo 1981-2016]

PISCO Mensual ~ 10 Km

Peruvian Interpolated data of SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations



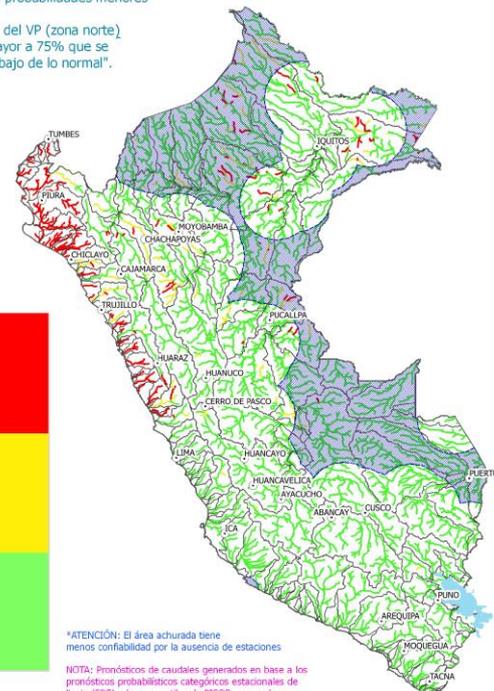
10 Mapas de precipitación

Probabilidad (%)

75% a 100%

50% a 75%

< 50%



*ATENCIÓN: El área achurada tiene menos confiabilidad por la ausencia de estaciones

NOTA: Pronósticos de caudales generados en base a los pronósticos probabilísticos categóricos estacionales de lluvia (SPC) y los percentiles de PISCO mensual.

Retos del monitoreo y entendimiento de las sequías hidrológicas

1. Ampliar nuestra comprensión de la SH (más estaciones hidrológicas, SM, mejorar el MH, impactos, etc.).
2. Mejorar la cuantificación de la SH (Índices de sequías).
3. Pasar a incluir los aspectos humanos en las SH (bottom-up).
4. Aplicación de la investigación sobre la SH en la gestión y la política del agua (Incluir la demanda).
5. Evaluar los impactos de la variabilidad y el cambio climático sobre las SH.



**ESCRIBIR, PUBLICAR Y
DIFUNDIR**



GRACIAS

wlavado@senamhi.gob.pe