



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



INFORME N°03- 2023/SENAMHI-DMA-DHI-DAM

INFORME TÉCNICO |

ANÁLISIS DE DÉFICIT DE LLUVIAS EN LA REGIÓN ANDINA PERIODO 2022-2023.

Actualizado a agosto 2023

Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica
Dirección de Hidrología
Dirección de Agrometeorología
Subdirección de Predicción Climática
Subdirección de Predicción Hidrológica
Subdirección de Predicción Agrometeorológica

Lima, 31 de agosto 2023.

INFORME TÉCNICO: ANÁLISIS DE DÉFICIT DE LLUVIAS EN LA REGIÓN ANDINA, PERIODO 2022-2023

(Actualizado al mes de agosto)

I. ANTECEDENTES

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-SENAMHI a través de su Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica, Dirección de Hidrología y Dirección de Agrometeorología, genera y provee información y conocimiento meteorológico, climático, hidrológico y agrometeorológico de manera confiable, oportuna y accesible en beneficio de la sociedad peruana.

El pasado 19 de julio, con OFICIO °000865-2023-INDECI/SEC GRAL, la Secretaría General del INDECI solicitó al SENAMHI un informe actualizado sobre escenario de peligro ante déficit hídrico. Ante dicho requerimiento se elaboró el Informe Técnico: Análisis de déficit de lluvias en la región andina 2022-2023 (julio 2023)¹.

En ese sentido, estando próxima la temporada de lluvias 2023/2024 y conforme a las competencias institucionales del SENAMHI en el marco del SINAGERD, se ha visto conveniente realizar una actualización del monitoreo climático, hidrológico y agrometeorológico con información disponible del mes de agosto e incluir las últimas actualizaciones de las perspectivas climáticas.

II. OBJETIVO

Analizar las deficiencias de lluvias en la región andina durante el periodo 2022-2023 desde la componente climática, hidrológica y agrometeorológica.

III. CICLO ESTACIONAL DE LLUVIAS EN LA REGIÓN ANDINA

En muchas áreas del país, la estacionalidad de las lluvias juega un papel fundamental en el patrón de precipitaciones. En la región andina, el inicio del periodo de lluvias suele darse en septiembre, caracterizado por lluvias esporádicas y de baja intensidad. A medida que nos acercamos al verano (enero - marzo), estas precipitaciones se vuelven más frecuentes e intensas, llegando a representar alrededor del 70% al 80% del total anual acumulado de lluvias. En contraste, durante los meses de estiaje (mayo - agosto), las lluvias son escasas o incluso prácticamente inexistentes.

¹ <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/informes-publicaciones/4465774-informe-tecnico-analisis-de-deficit-de-lluvias-en-la-region-andina-2022-2023-julio-2023>

Respecto a los acumulados anuales de lluvia para el periodo 1991-2020, se tiene valores de 870 mm/añal (sector oriental) a 1000 mm/año (sector occidental) en la sierra norte, de 480 mm/año (sector occidental) a 760 mm/año (sector oriental) en la sierra central y entre 290 mm/año (sector occidental) a 740 mm/año (sector oriental) en la sierra sur. Ver Figura N°01.

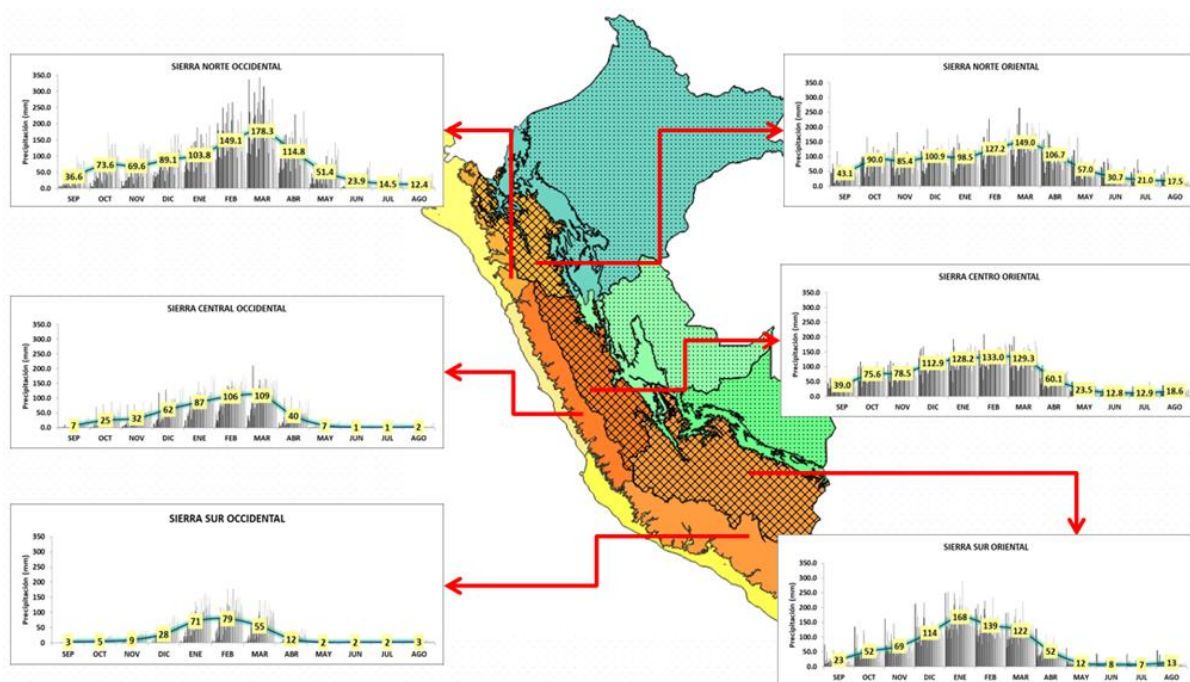


Figura N°01. Normales climáticas 1991-2020 de la región andina. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=normales-estaciones>

IV. ANÁLISIS CLIMÁTICO

4.1 Contexto climático actual y proyecciones El Niño

Los cambios de Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial central tienen influencia en el ciclo anual de las lluvias, principalmente en las regiones andina y amazónica entre los meses de primavera y verano (Lavado-Casimiro y Espinoza, 2014²; Lagos et al., 2008³); en tanto, los cambios de la TSM en el Pacífico oriental contribuyen a modular las lluvias principalmente en el flanco norte y centro occidental del país (Lagos et al., 2008).

En el Pacífico central, el último valor del índice ONI, del trimestre MJJ de 2023 alcanzó el valor de 0.8 °C⁴, en límite de la condición cálida; mostrando así una tendencia al calentamiento desde que La Niña finalizará en el verano

² Lavado-Casimiro y Espinoza (2014). Impacts of El Niño and La Niña in the precipitation over Perú (1965-2007): <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/97?show=full>

³ Lagos et al. (2008). El Niño – related precipitation variability in Perú: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/3306>

⁴ Oceanic Niño Index (ONI): https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

de 2023. Respecto al desarrollo de El Niño en esta área del Pacífico, la NOAA (Estados Unidos de Norteamérica)⁵ indica que existe más del 95 % de probabilidad de que este evento continúe entre diciembre de 2023 y febrero de 2024. De acuerdo a este último comunicado, la agencia americana indica que el sistema océano-atmósfera refleja la presencia de El Niño. No obstante, la última actualización de Bureau of Meteorology (Australia)⁶ señala que los indicadores oceánicos y atmosféricos indican que estos sistemas aún no se retroalimentan de forma consistente el uno al otro, como ocurre durante eventos El Niño.

Por su parte, las proyecciones del ENFEN en el Pacífico central indican que es más probable que el calentamiento anómalo continúe aumentando dentro de la condición moderada hasta enero de 2024; y que, para el siguiente verano, El Niño alcance una magnitud moderada (52%); la segunda probabilidad es de una magnitud débil (38 %)⁷.

El Niño costero 2023, que inició en el verano del presente año con una magnitud débil en el trimestre EFM, actualmente, y desde el trimestre anterior (MAM), presenta una magnitud fuerte. El último valor del Índice Costero El Niño (ICEN) del trimestre MJJ alcanzó el valor de 2.62 °C⁸. Asimismo, desde la primera semana de julio las anomalías positivas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), superan los 3 °C de anomalía, siendo las más altas alcanzadas desde que iniciara el evento⁹.

El último Comunicado Oficial del ENFEN mantiene el estado de alerta de El Niño costero ya que se espera, que en la región Niño 1+2 (que abarca la zona norte y centro del mar peruano), este evento continúe hasta el verano de 2024, considerando la alta probabilidad del desarrollo de El Niño en el Pacífico central. De hecho, se prevé que las condiciones cálidas fuertes se mantengan hasta noviembre, debido a la probable llegada de ondas Kelvin cálidas entre septiembre y octubre, para luego disminuir a condiciones cálidas moderadas hasta enero de 2024. Mientras que, para el verano de 2024, la magnitud más probable de El Niño costero estaría entre moderada (40 %) y débil (38 %).

⁵ NOAA-CPC El Niño outlook: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.shtml

⁶ Climate Driver Outlook: <http://www.bom.gov.au/climate/enso/#tabs=Overview>

⁷ Comunicado Oficial ENFEN N°12-2023: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02204SENA-167.pdf>

⁸ ICEN-IGP-Lista de Eventos El Niño/La Niña: http://met.igp.gob.pe/elnino/lista_eventos.html

⁹ Anomalías semanales de la TSM: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/wksst9120.for>

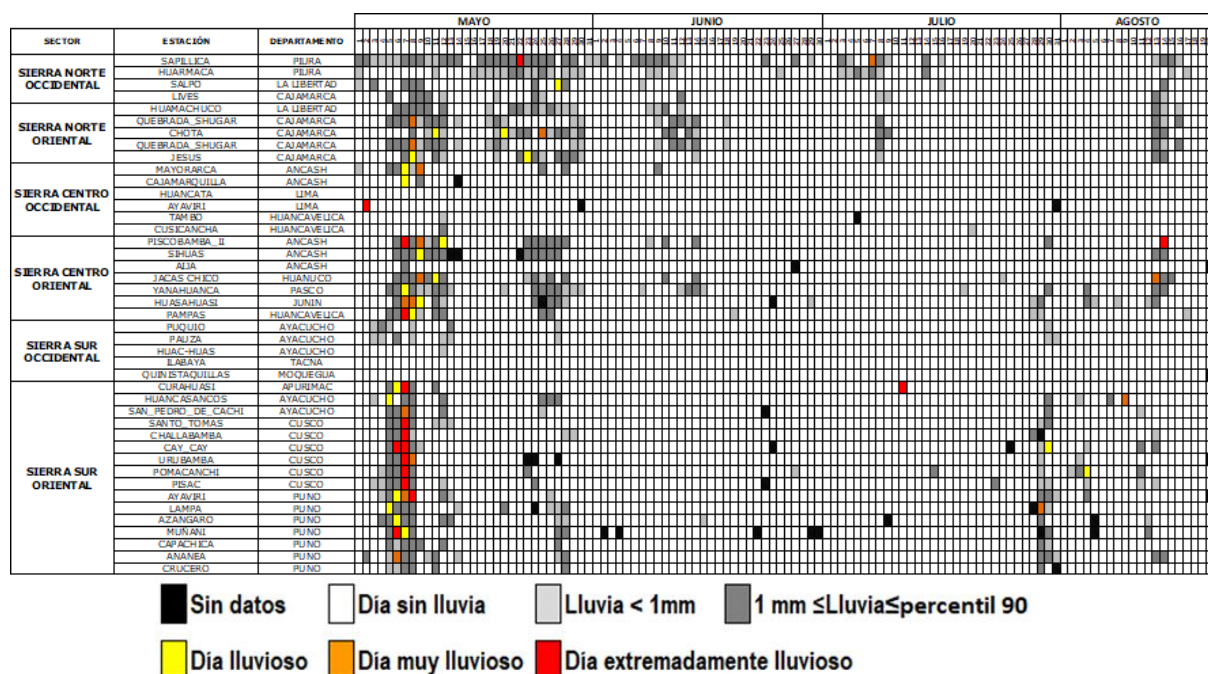
4.2 Comportamiento de llluvias 2022/2023

4.2.1 Frecuencia e intensidad de llluvias

Para caracterizar la frecuencia e intensidad de las llluvias a nivel diario, es necesario una reclasificación de los datos en función a los percentiles de precipitación (SENAMHI, 2014)¹² definiéndose así: **“lluvia mayor o igual a 1 mm y menor al percentil 90”**, **“día lluvioso”** (precipitación entre el percentil 90 y 95), **“día muy lluvioso”** (precipitación entre el percentil 95 y 99), y **“día extremadamente lluvioso”** (precipitación por encima 99).

Esta caracterización de intensidad y frecuencia de llluvias en la región Andina se observa en las Tablas N°01 y corresponde a los meses de mayo al 20 de agosto 2023. De acuerdo a ello, en mayo 2023 se tuvo algunos episodios importantes de precipitación, sobre todo en la sierra sur oriental, debido al paso de la DANA¹⁰ “David”; en los meses posteriores predominó la ausencia de precipitación en toda la región Andina, comportamiento típico de la temporada de estiaje.

Tabla N°01. Frecuencia e intensidad de llluvias entre septiembre de 2022 y 23 de julio de 2023. A) de septiembre a diciembre de 2022, b) de enero a abril de 2023 y c) de mayo a junio de 2023.



¹⁰ Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA): Sistema meteorológico de circulación ciclónica (en el sentido de las agujas del reloj) que es más frecuente en otoño e invierno. Se desarrolla en la tropósfera alta y media de los extratropicos y trópicos; ocasionalmente penetra a los niveles bajos de la tropósfera en una escala temporal de corto a mediano plazo.

NOTA: El análisis de frecuencia e intensidad de septiembre 2022 a abril de 2023 se encuentra en el documento **Informe Técnico: Análisis de déficit de lluvias en la región andina 2022-2023 (julio 2023)**.

link: <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/informes-publicaciones/4465774-informe-tecnico-analisis-de-deficit-de-lluvias-en-la-region-andina-2022-2023-julio-2023>

4.2.2 Acumulados de lluvia

La Figura N°02, muestra los acumulados diarios (línea roja) desde el 1 de setiembre 2022 al 20 de agosto de 2023 en las estaciones meteorológicas ubicadas en la sierra norte occidental (Sapillica y Salpo), sierra norte oriental (Granja Porcón y Huamachuco), sierra central occidental (Mayorarca y Huancata), sierra central oriental (Cerro de Pasco y Tarma), sierra sur occidental (Pauza y Quinistaquillas) y sierra sur oriental (Cay-Cay, Machu Picchu, Capachica y Progreso). Asimismo, la línea negra representa la Normal Climática 1991- 2020 y el área sombreada en color celeste representa la dispersión de máximos y mínimos de precipitación acumulada, considerando el periodo 1964 – 2021.

Las lluvias acumuladas entre setiembre 2022 al 20 de agosto de 2023, muestran que en promedio el flanco occidental de la sierra los acumulados de lluvias estuvieron por encima de su normal con anomalías porcentuales de 49% en la sierra norte occidental, 64% en la sierra central occidental y 23% en la sierra sur occidental, respectivamente; mientras que, en el flanco oriental se tuvieron deficiencias con anomalías de -19% en sierra norte oriental y -36% en la sierra sur oriental, mientras que en la sierra central oriental se tuvo 13% de anomalía.

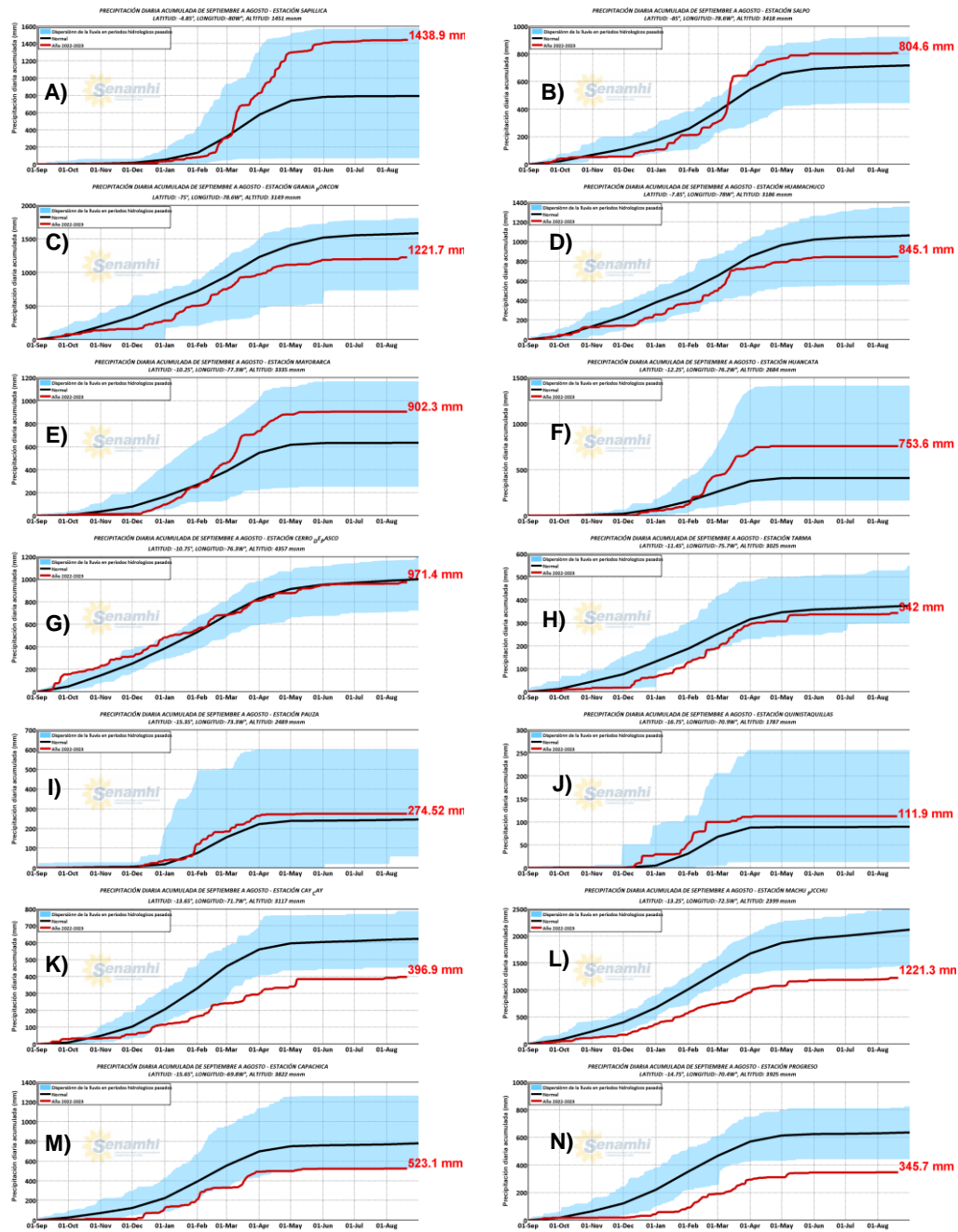


Figura N°02. Acumulados diarios de precipitación desde septiembre 2022 al 20 de agosto de 2023 de la región Andina. A) Sapillica, B) Salpo, C) Granja Porcón, D) Huamachuco, E) Mayorarca, F) Huancata, G) Cerro de Pasco, H) Tarma, I) Pauza, J) Quinistaquillas, K) Cay-Cay, L) Machu Picchu, M) Capachica y N) Progreso.

4.2.3 Anomalías de lluvia (%)

En julio y primeros 10 días de agosto, ha predominado las deficiencias de lluvias, comportamiento acorde al ciclo estacional, no obstante, en julio la costa norte, sierra norte y algunas estaciones de Puno registraron anomalías de 30% a 100%. En tanto, entre el 11 al 20 de agosto 2023 la sierra norte y sierra centro oriental presentaron

superávit con anomalías de hasta 800%, cabe señalar que las lluvias fueron puntuales entre 13 y 14 de agosto y no superaron los 20 mm/día; en contraste, en la sierra sur del país predominó un déficit de lluvias asociado a la estacionalidad (temporada de estiaje).

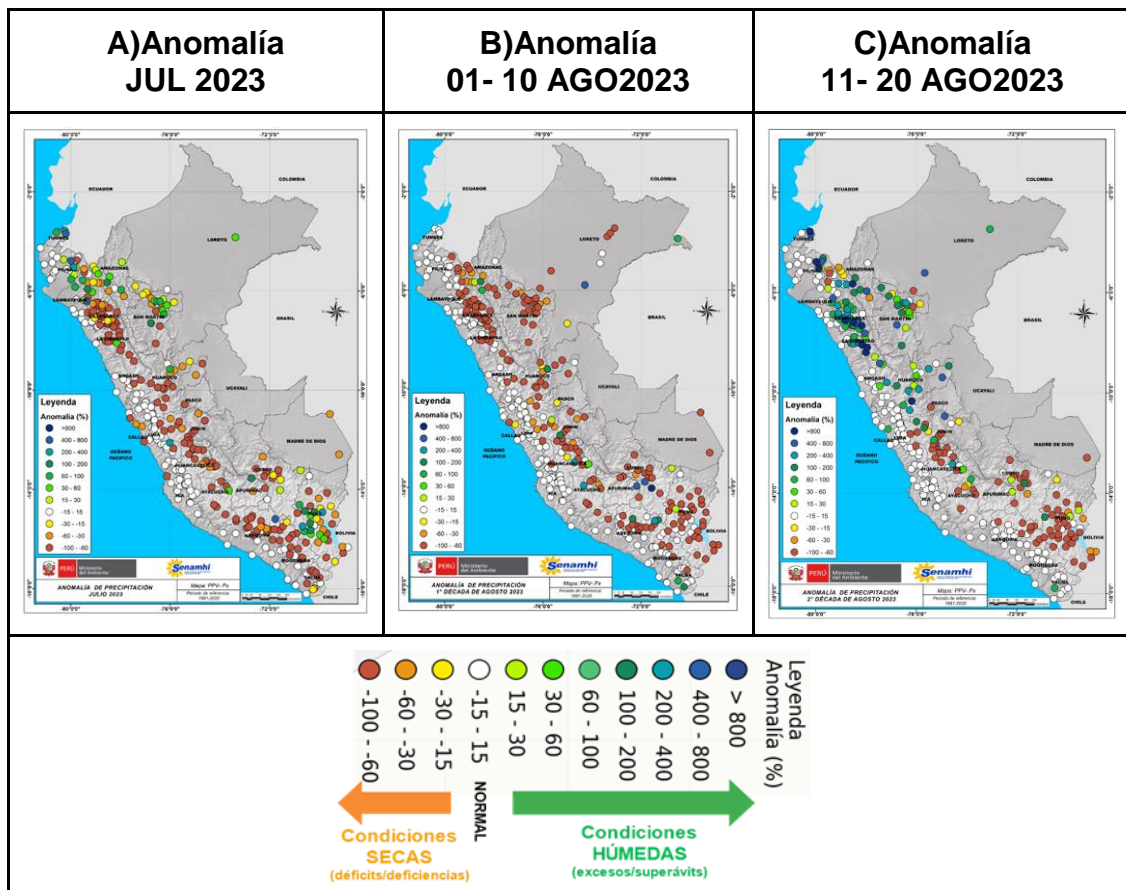


Figura N° 03. Anomalia porcentual de precipitación A) JULIO 2023, B) DEL 1 AL 10 DE AGOSTO 2023 Y C) DEL 11 AL 20 DE AGOSTO 2023

Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=condiciones-climaticas>

4.2.4 Índice de monitoreo de sequías meteorológicas SPI

En este ítem se empleará el índice de sequía SPI para identificar las sequías desde el punto de vista de deficiencias de lluvias (sequías meteorológicas¹¹). Este índice es uno de los principales productos de la vigilancia operacional del clima (OMM, 2017) que permite monitorear las lluvias en términos de superávits (excesos) o deficiencias conducentes a excesos hídricos o sequías, respectivamente. El sistema de clasificación de las intensidades de sequía meteorológica según este índice, se muestra en la Tabla N° 02. Cabe mencionar que los episodios de sequía tienen lugar siempre que el SPI sea continuamente negativo y alcance una intensidad de -1,0 o inferior, finalizando el episodio cuando el SPI alcance nuevamente valores positivos.

Tabla N°02. Categorías del índice de sequía SPI (McKee, 1993)

Categoría del índice de sequía SPI	Intensidad del índice de sequía SPI
Extremadamente Húmedo	$\geq +2$
Muy Húmedo	1.5 a 1.99
Moderadamente Húmedo	1.0 a 1.49
Normal	0 a +0.99
Normal	-0.99 a 0
Moderadamente Seco	-1.0 a -1.49
Severamente Seco	-1.5 a -1.99
Extremadamente Seco	≤ -2.0

Según el SPI 6 FEB-JUL 2023 (Figura N°04 A) en la sierra peruana prevalecieron condiciones normales; no obstante, en Cusco se alcanzaron condiciones moderadamente secas y en Puno prevalecieron ligeras deficiencias (dentro de la categoría normal $-1 < \text{SPI} < 1$). Por otro lado, a una escala temporal más amplia, el SPI 12 AGO-JUL 2022/2023 (Figura N°04 B) evidencia las deficiencias extremas en los departamentos de Cusco y Puno, producto de las sequías en la primavera 2022 y verano 2023.

¹¹ Sequía meteorológica: Período temporal de sequedad (ausencia de lluvias) expresado en términos de características atmosféricas, como una desviación de la precipitación respecto a sus valores normales. Todos los tipos de sequía se originan por una deficiencia de lluvias, aunque otros factores como vientos fuertes, altas temperaturas, baja humedad relativa y condiciones locales pueden exacerbar la severidad de la sequía (SENAMHI, 2021b). <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01405SENA-7.pdf>

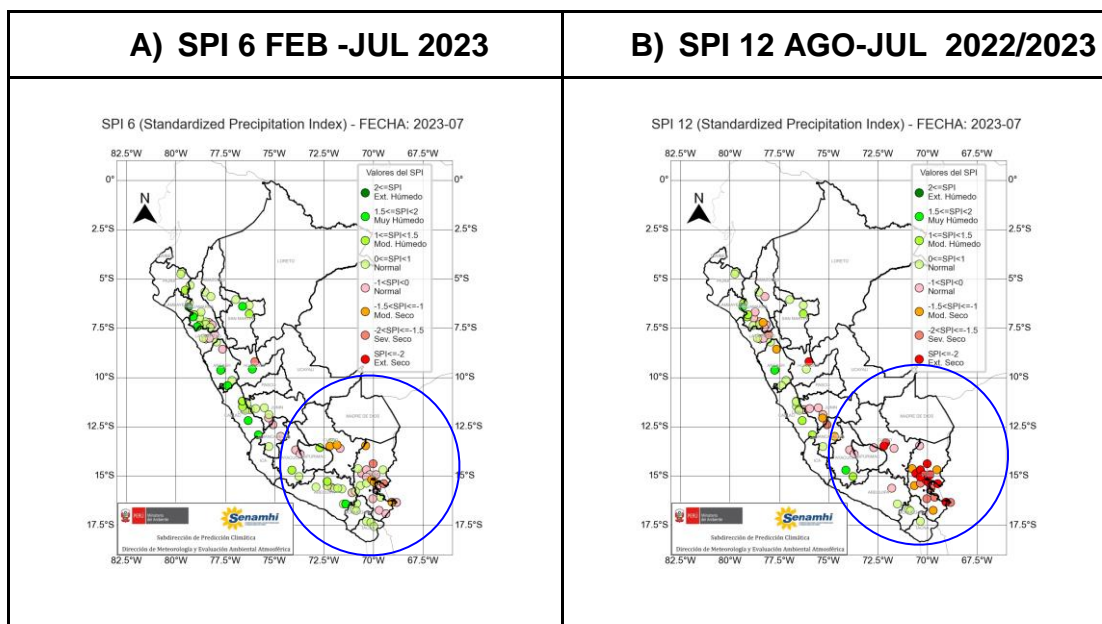


Figura N°04. A) SPI 6 FEB- JUL 2023 y B) SPI 12 AGO-JUL 2022/2023 estimado con datos de lluvia proveniente de las estaciones meteorológicas convencionales de la red del SENAMHI.

NOTA: Para estimar el índice de sequía SPI se han considerado las estaciones meteorológicas convencionales operativas de la red observacional del SENAMHI que cuenten con datos de lluvia extensos, continuos y homogéneos. De manera complementaria en el siguiente enlace se pone a disposición del público los mapas de SPI estimados con la fuente de datos PISCO (Peruvian interpolated data of Senamhi's Climatological and Hydrological Observations)¹²: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=sequias>

4.2.5 Índice de monitoreo de veranillos CDD (Consecutive Dry Days, por sus siglas en inglés)

Este índice permite contabilizar el máximo número de días secos consecutivos con precipitación menor a 1 mm, el mismo que ha sido establecido por el Grupo de Expertos en Detección de Cambio Climático e Índices (ETCCDI, por sus siglas en inglés). Este índice puede utilizarse para monitorear los veranillos¹³, los cuales al ser persistentes y estar asociados a patrones atmosféricos anómalos de escala regional podrían configurar una sequía.

¹² Datos grillados de lluvia disponibles para Perú desde 1981 hasta el presente, con una resolución espacial de 0.1°x0.1°. Consiste en la combinación de datos de lluvia provenientes de pluviómetros en superficie de la red de estaciones del SENAMHI y datos satelitales de lluvia, para lo cual utiliza métodos de interpolación geoestadística (Aybar et al., 2019).

¹³ Veranillo: Periodo seco de corta duración (mínimo 10 días o más) durante la temporada de lluvias, con lluvias diarias que no superan 1 mm (DMA-SENAMHI, 2021). <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01405SENA-7.pdf>

En la sierra peruana, el mes de julio climatológicamente forma parte de los meses de estiaje (escasas o nulas lluvias), por tanto, es de esperarse una alta frecuencia de días secos. Las Figuras N°05 A) y B) muestran un comparativo de los días secos consecutivos entre julio 2023 y su respectiva normal climática 1991-2020, evidenciando en la región andina un comportamiento dentro de lo normal.

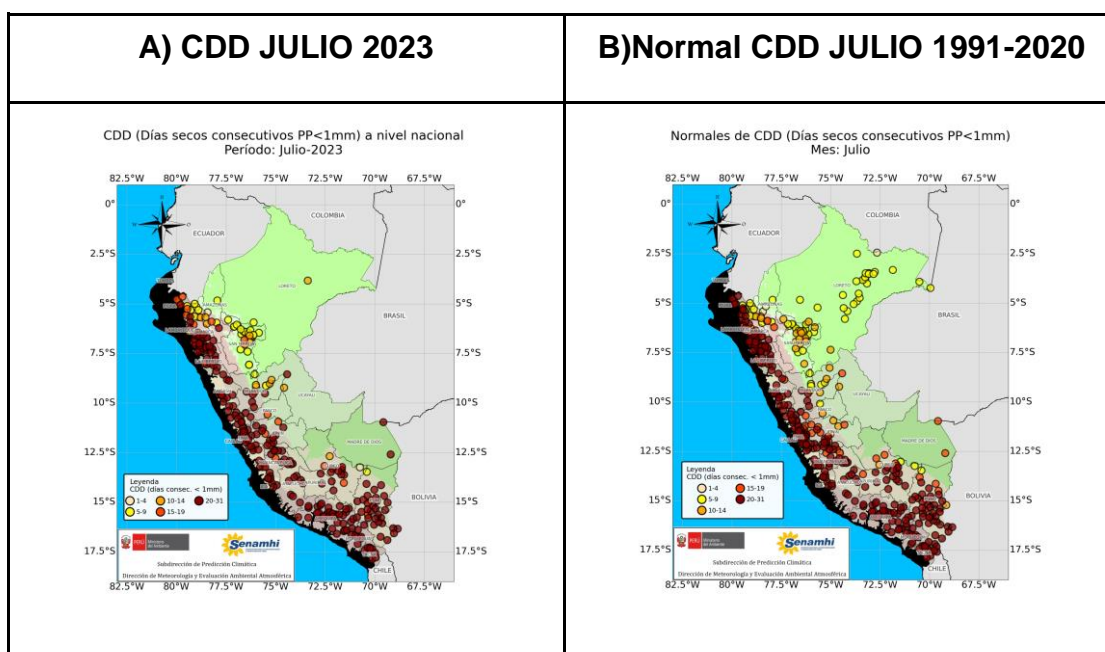


Figura N° 05. A) Días secos julio 2023 y B) Normal de días secos julio 1991-2020. La franja negra en los mapas corresponde a la zona costera desértica.

V. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

En esta sección, se describen las condiciones hidrológicas de los principales ríos del centro y sur de la zona andina del Perú, tomando como base las cuencas con control hidrométrico.

4.1 Caudales y nivel de agua

En la zona sur de la Región Hidrográfica del Pacífico - RHP (Arequipa, Moquegua, Tacna) como en la zona centro y sur de la Región Hidrográfica del Amazonas - RHA (Junín y Cusco) y la Región Hidrográfica del Titicaca – RHT (Puno) en general, se caracteriza por presentar en promedio un comportamiento estacional de caudales y niveles de agua, variables, con mayor frecuencia de condiciones entre estable a descendente. Las variaciones estacionales del régimen de descargas están en relación directa al comportamiento de las precipitaciones pluviales estacionales que ocurren en la estación húmeda.

La Tabla N° 04 presenta los caudales promedios mensuales durante septiembre 2022 a agosto 2023(21 de agosto), registrados en los ríos de la zona Sur de la RHP, la RHT y la zona central y sur de la Región Hidrográfica del Amazonas (RHA). En el análisis, se observa un comportamiento hidrológico “Muy por debajo de lo normal” en las cuencas del río Ramis y el lago Titicaca, evidenciado con anomalías de caudal de -69% y del nivel del lago de -0.97m, respectivamente. Por otro lado, en los ríos Camaná, Locumba, Coata, Vilcanota y Mantaro registraron caudales con una anomalía promedio de -28%, -44%, -48%, -28% y -38%, respectivamente, los cuales representan condiciones “debajo de lo normal”. Finalmente, en los ríos Ocoña, Tumilaca, Sama, Caplina y Mapacho registraron caudales con anomalías promedio de 3%, -20%, -8%, 13% y -23%, respectivamente, los cuales representan condiciones “normales” de acuerdo a la categorización del índice de anomalías de caudal.

La categorización del índice anomalía de caudal se presenta en la siguiente tabla, donde la condición “normal” está comprendido entre -25% y +25% (SENAMHI, 2021).

Tabla N° 03. Escala de clasificación de la anomalía de caudal

Categoría	AC (%)
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 su normal	50 < AC ≤ 100
Alto	AC > 100

Fuente: DHI-SENAMHI, 2020

Tabla N° 04. Caudales medio mensuales y nivel de agua de setiembre 2022 - agosto 2023

RIO	ESTACION	UNIDAD	CAUDAL (m3/s) - NIVEL (m)												ANOMALIA MENSUAL Set22- Ago23	TENDENCIA Set22- Ago23	UMBRAL ROJO (m3/s)-(m)
			sep-22	oct-22	nov-22	dic-22	ene-23	feb-23	mar-23	abr-23	may-23	jun-23	jul-23	ago-23			
Ocoña	Ocoña	m3/s	27.68	25.74	23.51	32.88	134.35	348.96	240.90	153.96	62.78	45.52	38.42	35.90	3%	→	580
Camana	Huatiapa	m3/s	21.93	20.48	18.06	27.10	41.42	169.11	126.15	81.42	48.33	37.49	32.45	27.10	-28%	→	400
Tumilaca	Tumilaca	m3/s	0.85	0.48	0.49	0.64	0.79	2.27	1.02	0.99	0.96	0.93	0.82	0.73	-20%	→	50
Locumba	Puente Viejo	m3/s	2.36	2.05	1.14	0.85	0.97	1.13	1.46	2.28	2.30	2.00	2.18	2.03	-44%	→	48
Sama	Coruca	m3/s	1.20	1.21	1.26	1.88	1.55	5.99	5.31	2.79	1.24	1.16	1.09	0.92	-8%	→	40
Caplina	Challata	m3/s	0.70	0.70	0.69	0.73	0.72	1.11	1.11	1.04	0.86	0.86	0.86	0.83	13%	→	30
Lago Titicaca	Muelle Enafer	m	8.98	8.85	8.71	8.60	8.55	8.62	8.64	8.70	8.63	8.50	8.39	8.29	-0.97	↓	10.25
Ramis	Pte. Carretera	m3/s	8.76	6.49	5.28	5.51	7.34	52.61	69.06	62.98	20.76	12.04	8.88	7.18	-69%	→	465
Coata	Pte. Coata - Unocolla	m3/s	7.70	7.11	6.59	8.41	11.77	43.82	80.77	33.28	5.97	4.27	3.35	2.94	-48%	→	400
Vilcanota	Pisac	m3/s	30.90	29.57	29.43	31.38	38.84	90.90	110.95	91.17	46.74	26.09	22.44	22.32	-28%	→	400
Mapacho	Paucartambo	m3/s	10.96	14.11	18.44	21.67	26.49	58.80	53.30	38.65	20.38	9.00	6.99	5.19	-23%	→	160
Mantaro	Pte. Breña	m3/s	53.53	53.85	52.02	44.75	49.99	s/d	115.22	103.18	59.06	49.22	57.30	68.71	-38%	→	650

* Datos al 21 agosto 2023

Las Figuras N° 06, N° 08 y N° 09 muestran los hidrogramas de caudales mensuales de los ríos de la RHP zona sur, del RHT y RHA zona centro y sur, respectivamente, y la Figura N° 07 ilustra la variación de los niveles del lago Titicaca, registrados en lo que va el presente año hidrológico 2022-2023 versus sus promedios históricos correspondientes, así como los años considerados severamente secos (1991-92, 1992-93, 2004-05, 2010-11, 2015-16 y 2016-17). Cabe mencionar que los ríos Ramis y Coata presentan registros históricos más extensos que ha permitido analizar todos los años secos citados.

En cuanto a los ríos de la RHP zona sur, el río Locumba presentaron los mayores déficits de caudales con categorías de AC “debajo de lo normal”, cabe indicar que en lo que va de este año hidrológico 2022-2023 registra caudales inclusive menores a los registrados en los años secos severos 2010-11, 2015-16, 2016-2017.

En ríos de la RHT en promedio, el río Ramis registró caudales “muy por debajo de lo normal” con valores menores a los registrados en los años secos severos 1991-92, 1992- 93, 2004-05, 2010-11 y 2015-16, al igual el lago Titicaca, como se muestra en el hidrograma de niveles.

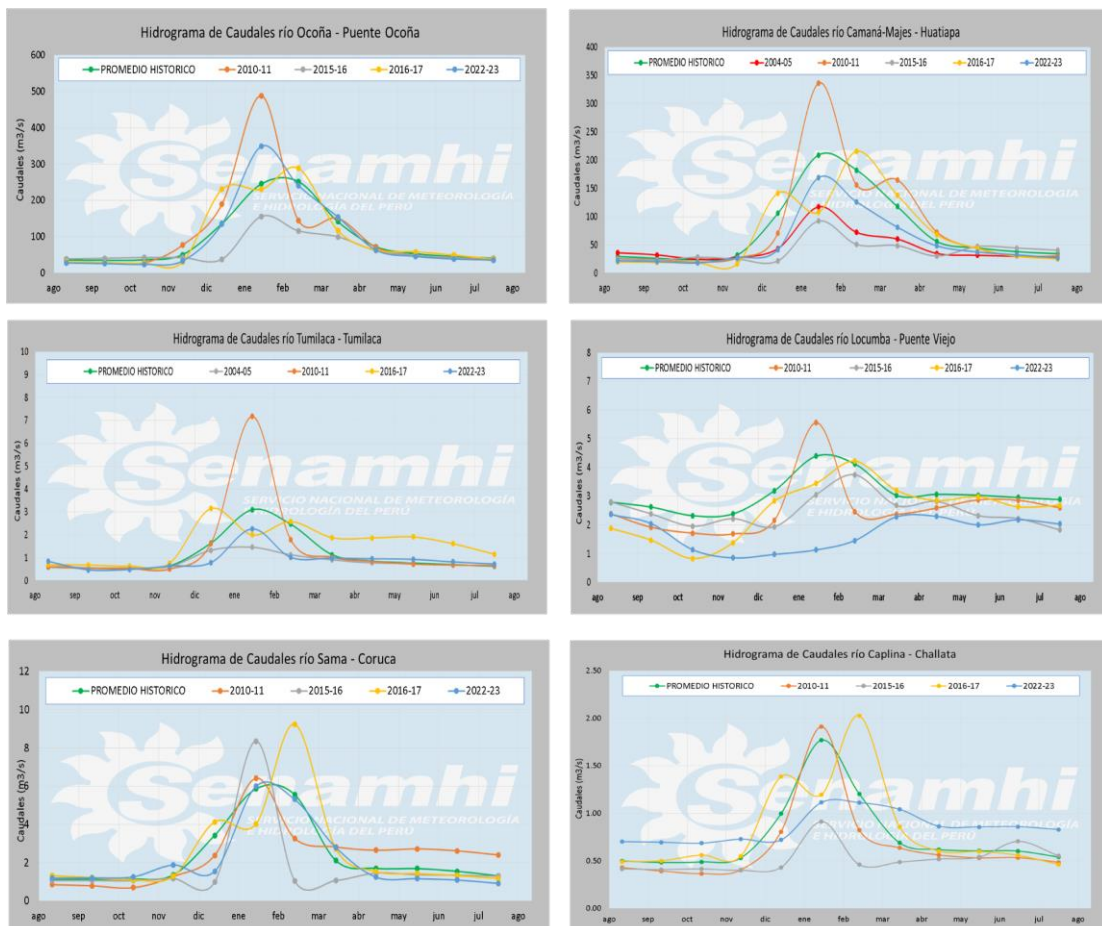


Figura N°06. Caudales de los ríos Región Hidrográfica del Pacífico - zona sur.

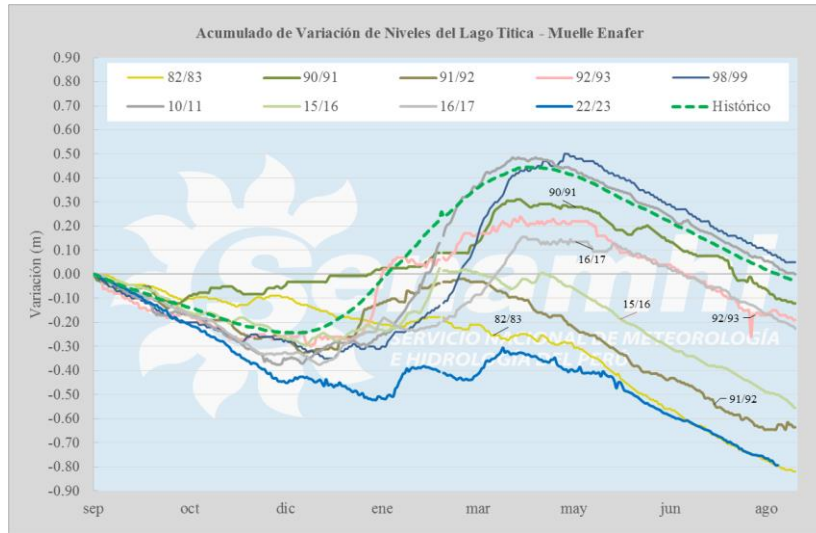


Figura N° 07. Variación de niveles del Lago Titicaca

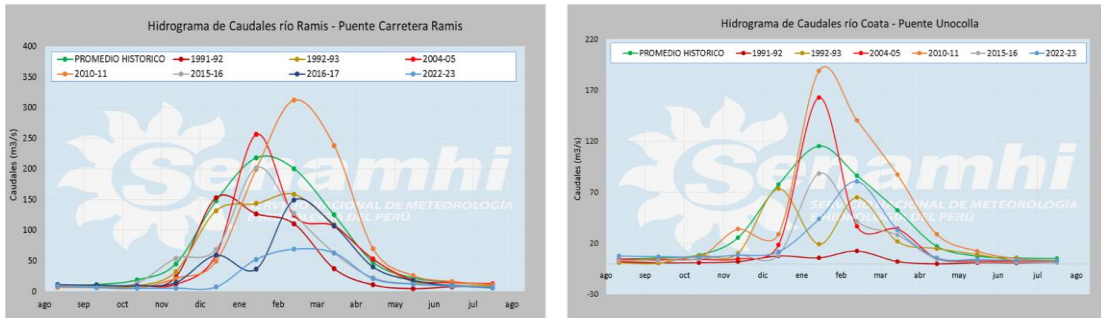


Figura N° 08. Caudales de los ríos Región Hidrográfica del Titicaca.

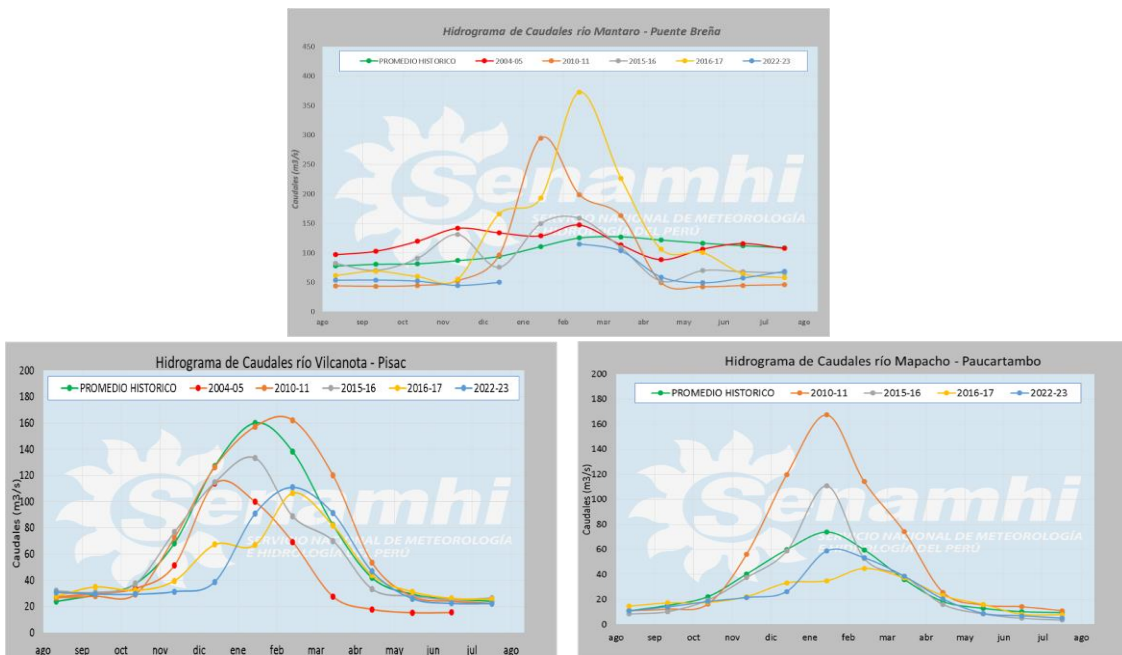


Figura N° 09. Caudales de los ríos Región Hidrográfica del Amazonas centro y sur

4.2 Volúmenes de agua

En relación a los reservorios ubicados en la región hidrográfica del Pacífico Zona sur como el Condoroma, Aguada Blanca, El Frayle, El Pañe y Pillones (Arequipa) presentan volúmenes de almacenamiento de 70%, 48%, 51%, 63% y 43% de su capacidad máxima útil. En cada caso, al 22 de agosto acumulan 181.55, 14.74, 65.48, 62.25 y 33.60 MMC respectivamente.

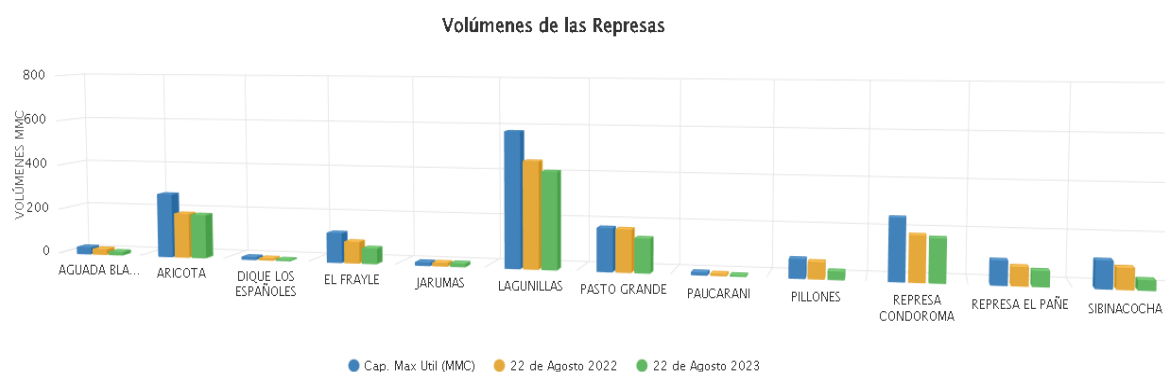


Figura N° 10. Volúmenes de agua en las represas de la zona sur de la región hidrográfica del Pacífico

Tabla N° 05. Comparativo del almacenamiento (MMC) de los reservorios de la zona sur para 22 de agosto del 2023 y un día similar del 2022

Reservorio	Cap. Max Util (MMC)	Almacenamiento 22 de Agosto 2022 (MMC)	Almacenamiento 22 de Agosto 2023 (MMC)	Capacidad de Almacenamiento (%)
Aguada Blanca	30.43	22.81	14.74	48
Aricota	280.00	194.64	191.33	68
Dique los españoles	9.09	6.87	3.26	36
El Frayle	127.24	90.21	65.48	51
Jarumas	13.50	12.60	12.96	96
Lagunillas	585.10	458.50	415.50	71
Pasto Grande	185.00	179.72	143.26	77
Paucarani	10.50	7.49	3.28	31
Pillones	78.50	69.54	33.60	43
Represa Condoroma	259.00	190.25	181.55	70
Represa El Pañe	99.60	75.13	62.25	63
Sibinacocha	110.00	85.91	39.79	36

Fuente: Proyecto Especial Majes Siguas - AUTODEMA, Empresa De Generación Eléctrica Machupicchu S.A., Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca -PEBLT, Proyecto Especial Regional Pasto Grande

4.3 Índice de anomalía de caudal mensual

Las anomalías de caudales (AC) se definen como la desviación de los valores de caudales con respecto a la normal o promedio de largo plazo, este índice permite identificar el déficit o exceso de caudal en un tramo de río.

La Figura 11, muestra la evolución temporal y espacial del índice de anomalía de caudal y anomalía de precipitación del año hidrológico (septiembre 2022 hasta agosto 2023). En general, en la región hidrográfica del Pacífico (RHP) Zona sur, el AC se caracterizó por condiciones “muy por debajo de lo normal” desde septiembre a diciembre 2022, condiciones “sobre lo normal” a partir de febrero a abril 2023 y condiciones “debajo de lo normal” de mayo a agosto 2023. A excepción de abril y mayo que en la parte altas de Arequipa presentaron condiciones “sobre lo normal” y “Alto”.

En la región hidrográfica del Titicaca (RHT) las deficiencias de caudales fueron persistentes predominando categorías de AC “muy por debajo de lo normal” desde septiembre a noviembre de 2022. Para los meses de diciembre 2022, enero hasta abril 2023 predominó la condición “normal” y “Debajo de los normal”. Cabe precisar que para mayo hasta agosto 2023 se observaron condiciones “Muy por debajo de lo normal”.

En la región hidrográfica del Amazonas (RHA) la AC se caracterizó en promedio por valores “debajo de normal” en todo el año hidrológico (septiembre 2022 hasta agosto 2023), a excepción de los meses de marzo, abril y mayo que predominaron las condiciones “normal” y “sobre lo normal” para la zona sur.

Asimismo, en el siguiente link del Sistema de Monitoreo y pronóstico de las sequías hidrológicas (OASIS), permite el seguimiento de las condiciones actuales de sequía hidrológica a escala mensual y su pronóstico con un horizonte de 5 meses para cada tramo de río a nivel nacional.

https://idesepe.senamhi.gob.pe/oasisweb/servicio/mapa_pronostico/399/

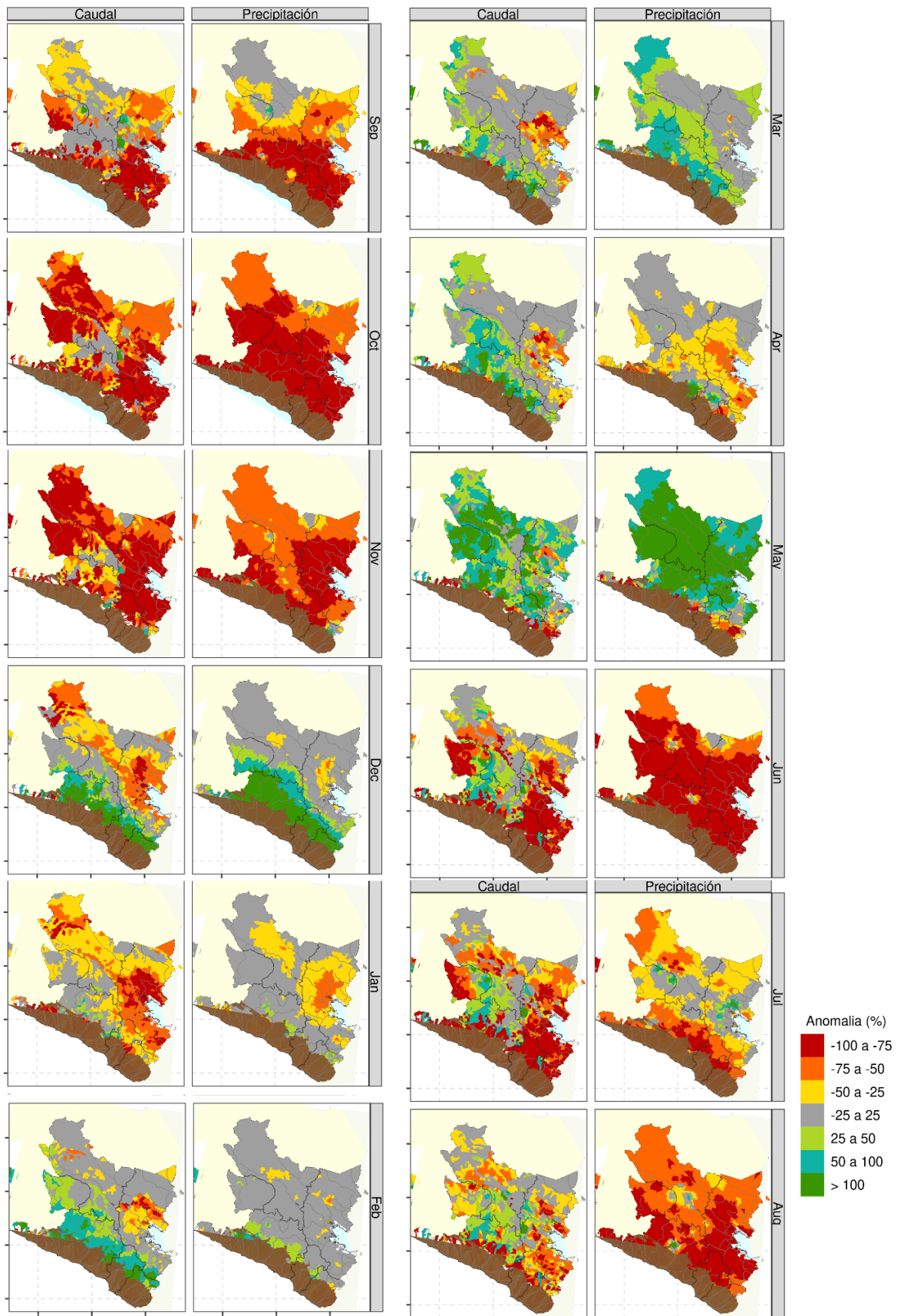


Figura N°11. Anomalías de caudal y anomalía de precipitación mensual SET 2022 a AGO 2023
 Fuente: PISCO OPERATIVO - SONICS *Donde: polígono en color marrón corresponde a zona árida

VI. ANÁLISIS AGROMETEOROLÓGICO

6.1. Características de la agricultura peruana.

La agricultura de la región andina, en su gran mayoría se desarrolla bajo seco, dependiendo exclusivamente del régimen pluviométrico (IV CENAGRO, 2012). Aunado a estas condiciones, el comportamiento de la temperatura del aire, propias de la región, determina la estacionalidad de las campañas agrícolas y limita su productividad, especialmente en las zonas de mayor altitud (≥ 3500 m s.n.m.).

En consecuencia, la ausencia de lluvias en la región andina limita en gran medida las actividades agrarias; asimismo, el Índice de Humedad (Ih) permite monitorear la disponibilidad hídrica para los cultivos.

6.2. Condiciones agrometeorológicas de la campaña 2023/2024

a. Sierra Norte:

Durante el inicio de la campaña agrícola 2023-2024 se observó que las precipitaciones fueron inferiores a lo registrado durante el inicio de la campaña agrícola 2022-2023. La Figura N° 12 presenta el índice de humedad (Ih) que relaciona la precipitación efectiva con la evapotranspiración potencial para la sierra norte, donde en agosto de 2023 se registró una categoría de Deficiencia Extrema a diferencia de agosto de 2022 donde se alcanzó una categoría de Deficiencia Ligera. Esta condición retrasó el inicio de las actividades agrícolas debido a que la falta de humedad en el suelo dificulta la preparación del terreno y la germinación y emergencia de las semillas.

SIERRA NORTE: Variación Decadal del Índice de la Humedad

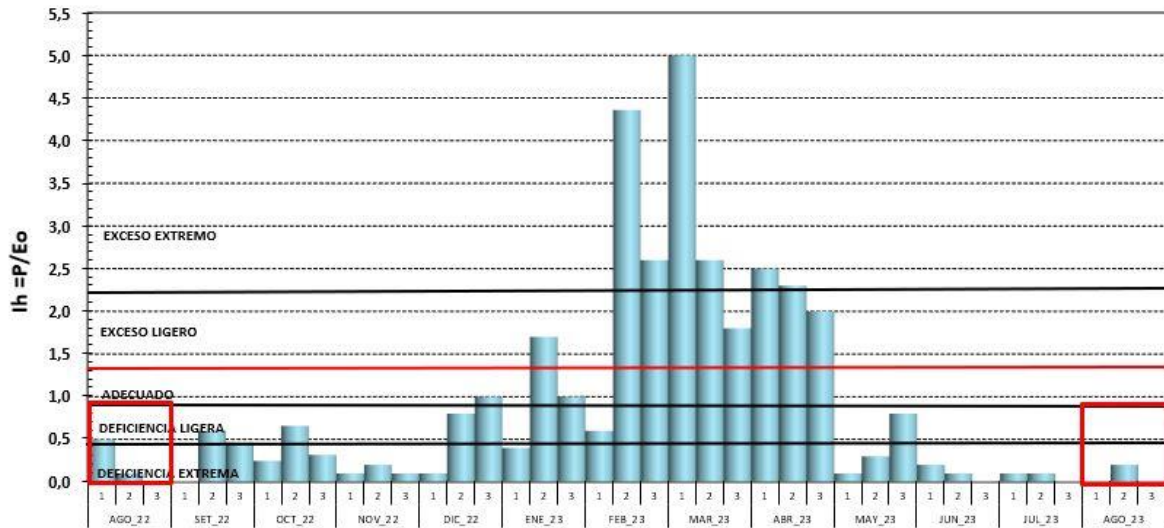


Figura N°12. Índice de Humedad (IH), variación decadiaria para la Sierra Norte

b. Sierra Central:

Las condiciones de deficiencia de humedad se observaron con mayor intensidad, especialmente durante el mes de agosto, donde los valores del Índice de Humedad (Ih) prevalecieron en su rango más bajo (deficiencia de humedad extrema, Figura N°13), siendo el ambiente adverso para sembrar, especialmente en los sistemas bajo seco.

Los reportes de emergencia del COEN – INDECI al mes de agosto de 2023, para el ámbito del departamento de Huancavelica, mostraron un total de 538,66 ha de campos agrícolas afectados y/o perdidos, debido al déficit hídrico; al mismo tiempo que, 1 652 cabezas de ganado fueron afectadas o perdidos durante el mismo periodo.

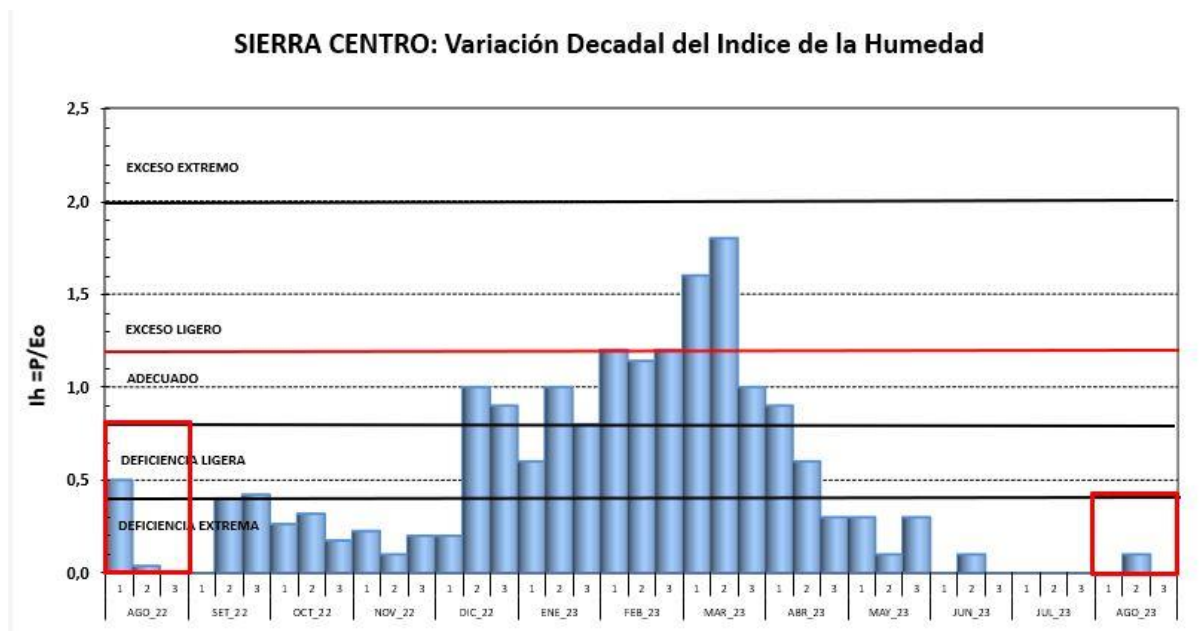


Figura N°13. Índice de Humedad (IH), variación decadiaria para la Sierra Centro

c. Sierra Sur oriental y occidental:

El índice de humedad en agosto de 2023 se mantuvo en la categoría Deficiencia Extrema similar a agosto de 2022. En cuanto al sector pecuario, se reportaron la muerte de crías de camélidos asociada a los descensos de temperatura y a la escasa disponibilidad de pastos (Figuras N°14 y 15).

De acuerdo al informe del COEN, el departamento de Ayacucho reportó un total de 21 951.32 ha afectadas y perdidas por el déficit hídrico entre el periodo agosto de 2022 - agosto de 2023; mientras que, en relación a las crías se reportaron un total de 290 512 cabezas de ganado perdidas o afectadas.

En Apurímac, los reportes del COEN – INDECI al mes de agosto del 2023, indican un total de 10 202.03 ha de cultivos afectados y/o pérdidas; de la misma manera se registró un total de 168 170 cabezas de ganado afectadas o pérdidas por déficit hídrico.

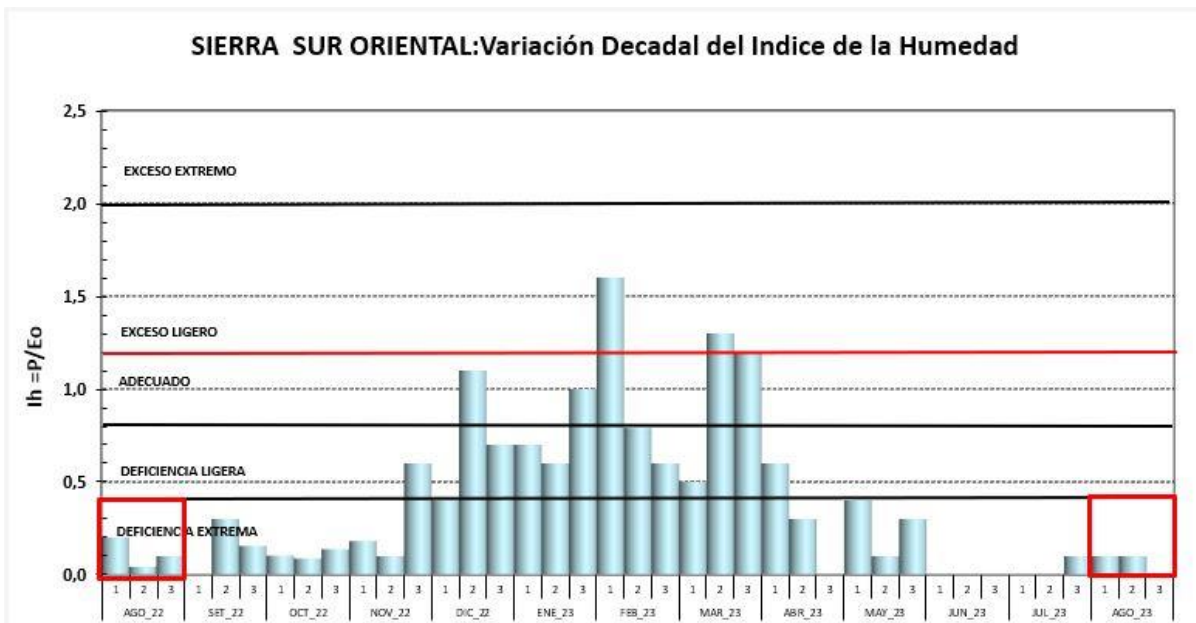


Figura N°14. Índice de Humedad (IH), variación decadiaria para la Sierra Sur Oriental.

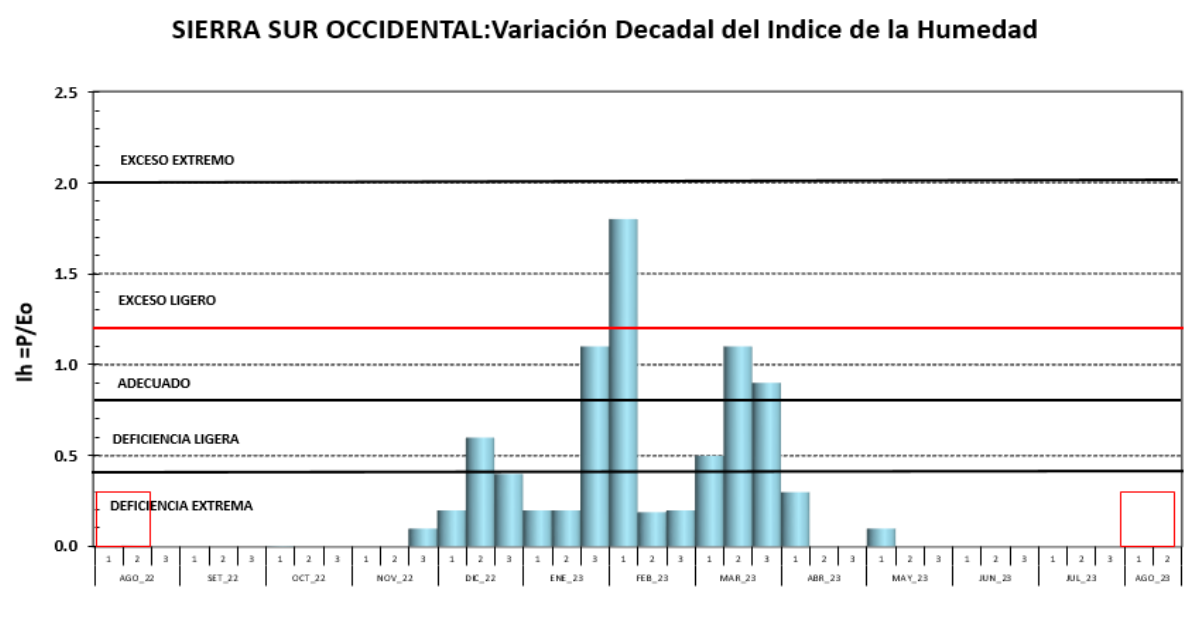


Figura N°15. Índice de Humedad (IH), variación decadiaria para la Sierra Sur Occidental.

Altiplano:

En agosto de 2023 el índice de humedad se mantuvo en la categoría de Deficiencia Extrema similar a agosto de 2022. Esta condición retrasó el inicio de campaña en el altiplano. En cuanto al sector pecuario, se reportaron decesos de crías de camélidos asociada a los descensos de temperatura y a la escasa disponibilidad de pastos (Figuras N°16).

Según el reporte del COEN - INDECI, hasta agosto de 2023 se registraron un total de 32 459 ha y 54 091 ha de cultivos perdidos y afectados respectivamente, debido a la ocurrencia de “déficit hídrico”.

En cuanto a la población pecuaria en Puno, durante el periodo agosto de 2022 a agosto de 2023, se tiene un total de 598 296 animales afectados y 69 466 perdidos (INDECI).

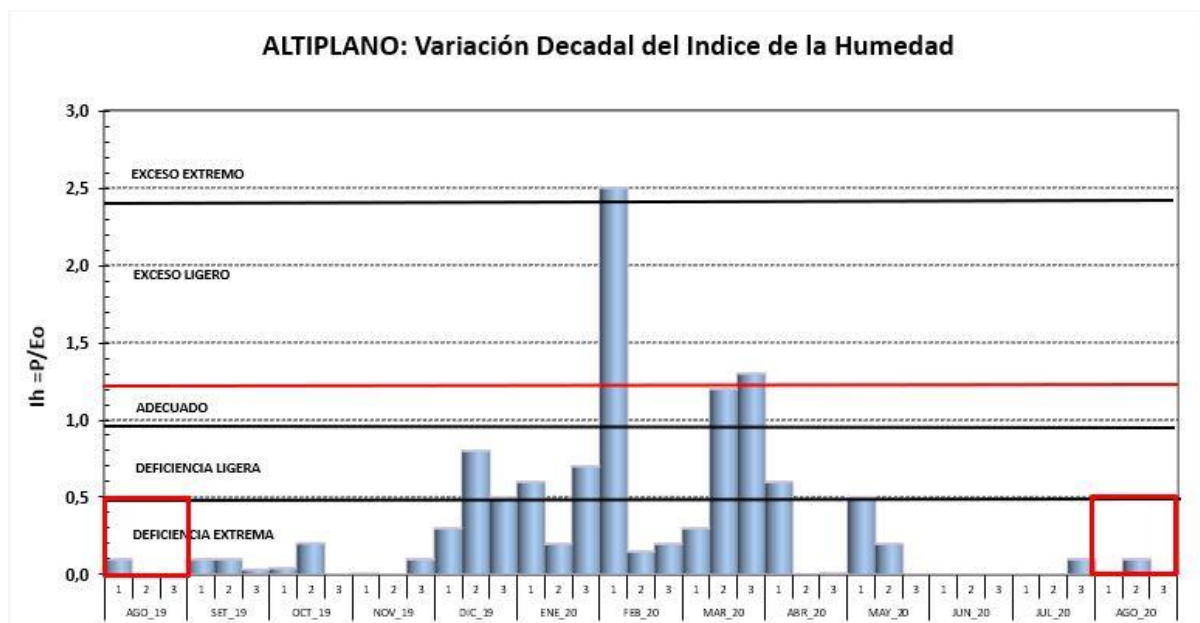


Figura N°16. Índice de Humedad (IH), variación decadiaria para el Altiplano.

6.3. Evolución de las sequías agrícolas a nivel nacional durante la campaña 2022-2023

a. Índice de satisfacción de los requerimientos hídricos (WRSI)

El WRSI, es un índice del desarrollo del cultivo basado en la disponibilidad de agua durante su periodo de crecimiento (FAO); el cual, considera la relación entre el abastecimiento (precipitación) y demanda de agua (evapotranspiración) que el cultivo experimenta durante su desarrollo hasta la cosecha mediante el uso de coeficientes de cultivo (Kc) y la capacidad de retención de agua por los suelos. Una de las características de este índice es que es acumulativo, es decir los resultados mostrados a fines de campaña muestran el resultado final de las condiciones hídricas generadas durante todo el desarrollo de crecimiento del cultivo, entendiéndose que las coloraciones de amarillo a rojo (mediocre, pobre y no disponible) están relacionados con una disminución en el rendimiento, de menor a mayor impacto, y coloraciones verdes (promedio, bueno y muy bueno) rendimientos finales dentro de lo normal a superiores.

Para la estimación del periodo de crecimiento del cultivo se utilizaron las fechas de siembra obtenidas de la base de datos de intenciones de siembra de MIDAGRI, a nivel distrital; del mismo modo, las delimitaciones de las áreas agrícolas.

Evaluación de la sequía agrícola en el cultivo de papa:

A continuación, se muestra el comportamiento temporal del WRSI para la campaña agrícola 2022-2023; donde se observa lo acontecido, respecto de las deficiencias hídricas en el cultivo durante el desarrollo del ciclo del cultivo de papa.

Desde un panorama general, los resultados del índice WRSI para finales del mes de octubre, muestran algunos valores de deficiencias hídricas, en diferentes regiones del país. Por lo que para el mes de diciembre, las salidas de WRSI, indican valores de déficit hídrico generalizado a nivel nacional, con mayor énfasis (clasificación severa y extrema) en la zona sierra sur del país, afectando los departamentos de Puno, Cusco, Arequipa, Apurímac y Ayacucho, afectando, inclusive a las regiones del centro y norte del país. Estas condiciones adversas reflejan pérdidas en los rendimientos finales del cultivo de papa, salvo en aquellas zonas donde se dispone de riego complementario.

Para el último decadiario del mes de febrero se puede observar una recuperación en las zonas centro y norte del país, no siendo así en la zona sur del país, las cuales mantuvieron valores de clasificación de WRSI de severa y extrema; reflejando la misma situación para el último decadiario del mes de marzo.

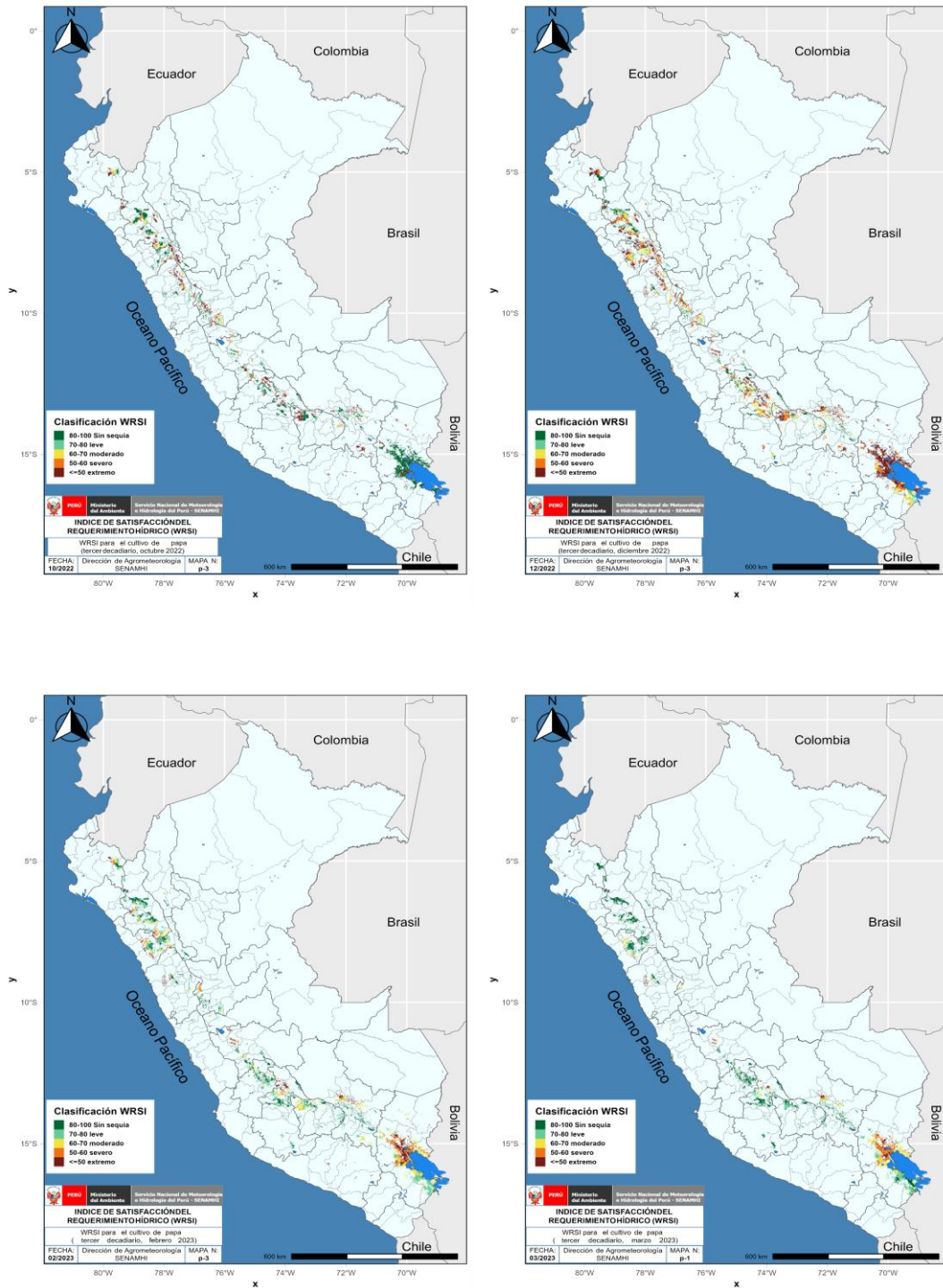


Figura N° 17. Mapas del índice de sequías agrícolas (WRSI) trimestrales. Septiembre - noviembre 2022, diciembre 2022 - febrero 2023, marzo - mayo 2023, junio - agosto 2023

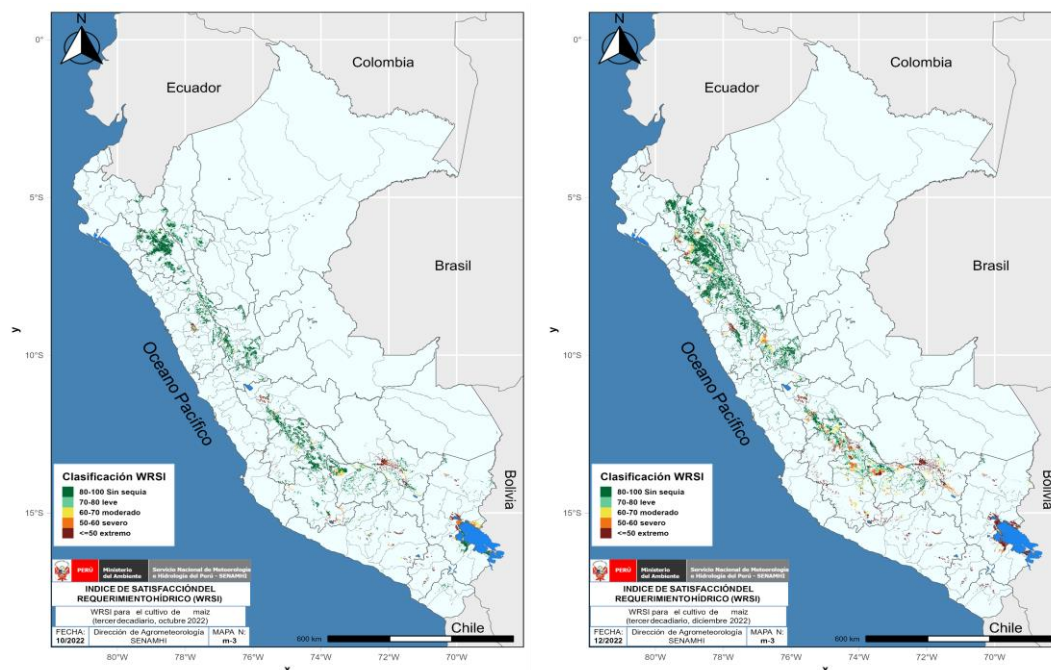
Evaluación de la sequía agrícola en el cultivo de maíz:

A continuación, se muestra el comportamiento temporal del WRSI para la campaña agrícola 2022-2023; donde se observa lo acontecido, respecto de las deficiencias hídricas en el cultivo durante el desarrollo del ciclo del cultivo de maíz.

Los resultados del índice a escala nacional, muestran mayores coberturas agrícolas con valores de deficiencias hídricas para el cultivo de maíz (clasificaciones severas y extrema) en la zona sierra sur, afectando los departamentos de Tacna, Moquegua, Arequipa, Puno, Cusco, Apurímac, Ayacucho y pequeñas zonas en Huancavelica. Es probable que estas condiciones hayan traído mermas en los rendimientos finales del cultivo de maíz, salvo en aquellas zonas donde disponen de riego complementario.

Entre las zonas donde el índice refleja suficiente cantidad hídrica para el cultivo de maíz, se ubican en la sierra central y norte del país, como Cajamarca, La Libertad, Amazonas, Huánuco, Pasco y Ancash.

Los departamentos como Junín y Huancavelica muestran una leve afectación por deficiencias hídricas en el cultivo de maíz, asimismo esta afectación aparece en pequeños porcentajes de la cobertura agrícola de estas regiones.



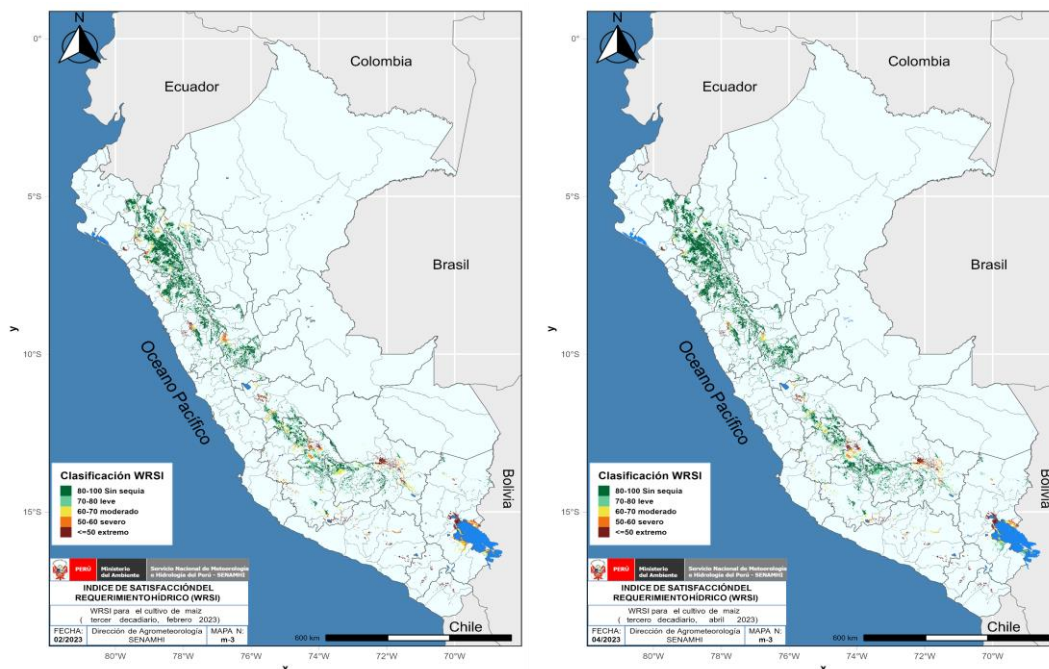


Figura N° 18. Mapas del índice de sequías agrícolas (WRSI) trimestrales. Septiembre - noviembre 2022, diciembre 2022 - febrero 2023, marzo - mayo 2023, junio - agosto 2023

b. Índice de Salud en la Vegetación (VHI, siglas en inglés)

El índice de salud de la vegetación (VHI, siglas en inglés) es un índice satelital diseñado para el seguimiento de sequías agrícolas a través de la estimación de la condición del cultivo. Este índice en su expresión matemática, resulta de una combinación aditiva ponderada de dos índices: El Índice de Condición de Vegetación (VCI, siglas en inglés) y el Índice de Condición Térmica (TCI, siglas en inglés). Valores por debajo de 40 indican niveles de estrés de la vegetación donde se pueden esperar pérdidas de producción de cultivos y pastos. Los valores del índice superiores a 40, indican vegetación saludable.

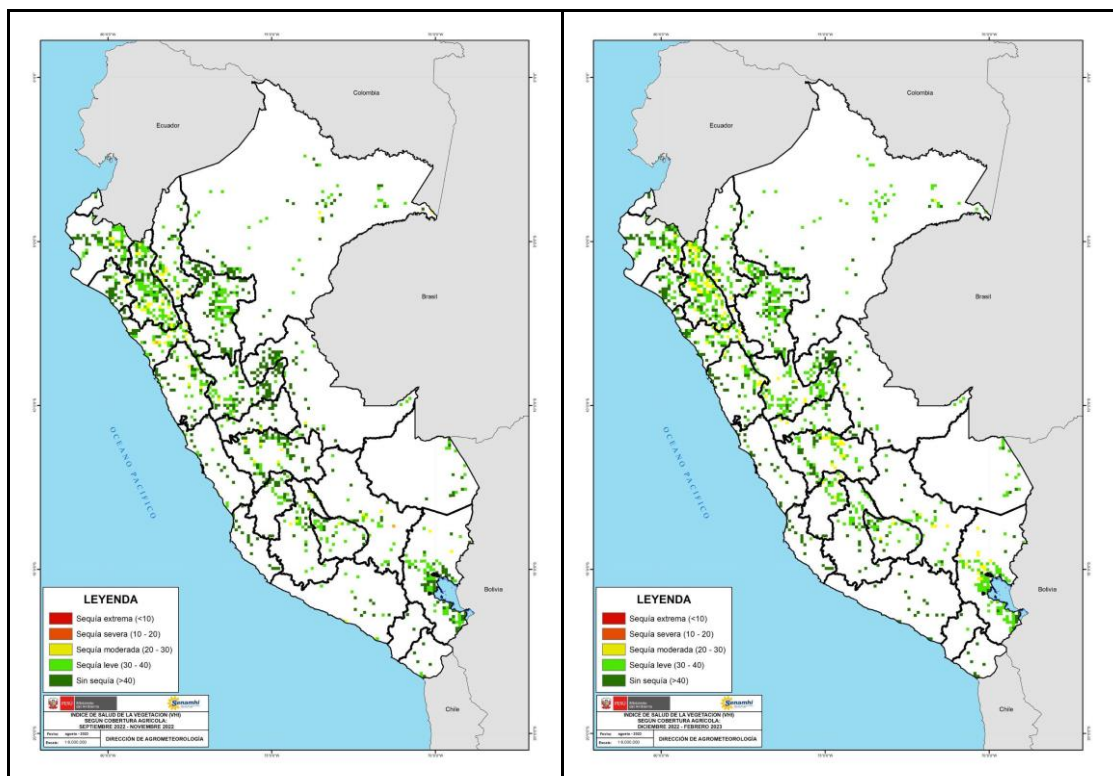
En la Figura 19 se ilustra el comportamiento espacial del VHI, determinado para las zonas agrícolas a nivel nacional. Los periodos evaluados comprenden intervalos de tres meses:

- Septiembre a noviembre de 2022.
- Diciembre de 2022 a febrero de 2023.
- Marzo a mayo de 2023.
- Junio a agosto de 2023.

Durante el primer período, se nota una predominancia de sequía leve, excepto en departamentos que experimentan sequías moderadas (Cusco, Puno, Huánuco, Junín y Cajamarca). Sin embargo, esta señal es bastante tenue. Al avanzar al segundo trimestre, las condiciones secas se intensifican

en los departamentos mencionados, extendiéndose también a Trujillo y Ancash. El aumento de áreas con sequía moderada es claramente apreciable en este período bajo análisis.

En el tercer período, se observa un incremento de los niveles de sequía moderada y severa en la parte noreste de Loreto, así como un aumento similar en el departamento de Cajamarca y en menor medida en la zona sur de la sierra del Perú. Finalmente, para el último trimestre del análisis, se evidencia un aumento de la sequía moderada y severa en la parte noroeste del Perú, afectando a los departamentos de Cajamarca, Piura y Lambayeque. En este período, destaca la ausencia de señales de sequía en la parte sur del Perú, lo que contrasta con otros índices satelitales.



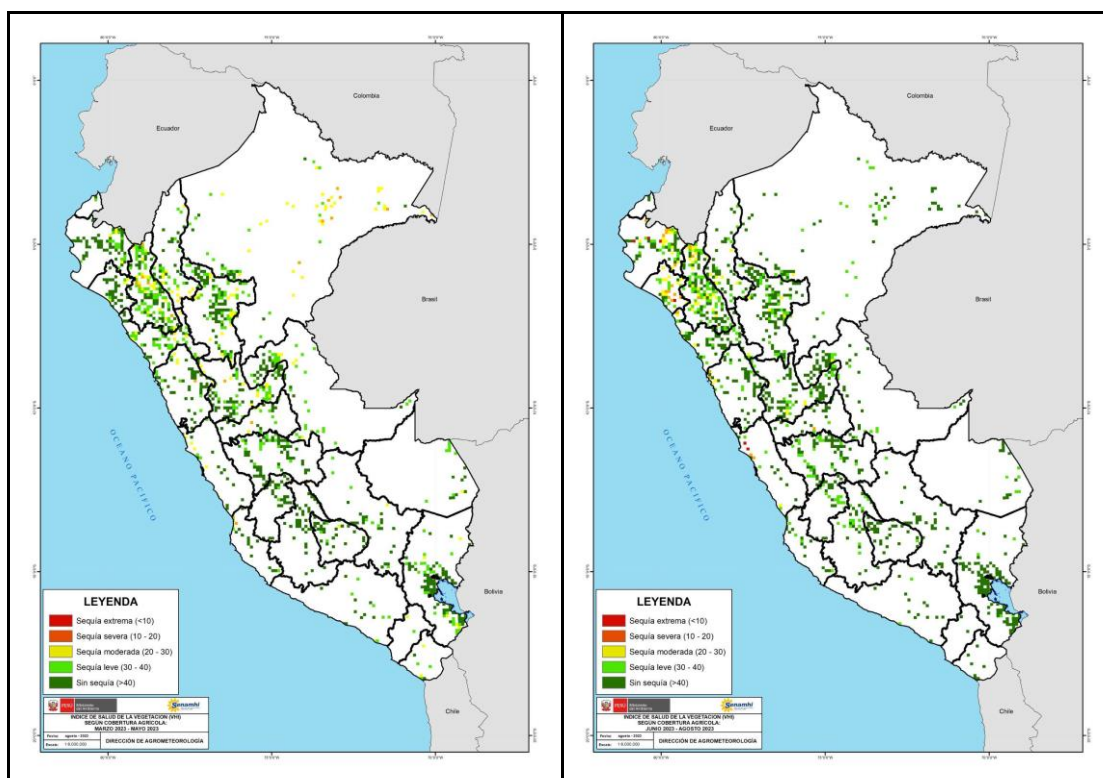


Figura N° 19. Mapas del índice de sequías agrícolas (VHI) trimestrales septiembre - noviembre 2022, diciembre 2022 - febrero 2023, marzo - mayo 2023, junio - agosto 2023

En la Tabla N° 06, se refleja la evolución del porcentaje de áreas agrícolas afectadas para cada nivel de sequía que maneja el índice VHI. Durante el primer trimestre bajo análisis, aproximadamente el 40% de las áreas agrícolas experimentaron una sequía leve, siendo esta categoría notable. Esta situación evolucionó en el segundo trimestre, con un aumento en la prevalencia de sequía leve, seguido de una disminución en los dos últimos trimestres. La categoría de sequía moderada alcanzó su punto máximo en el período de marzo a mayo, afectando cerca del 12% de las áreas agrícolas a nivel nacional.

Conforme avanzaron los últimos trimestres, los porcentajes de áreas agrícolas afectadas por sequía severa y moderada decrecieron, permitiendo que escenarios de sequía leve (40%) y ausencia de sequía o sin sequía (53%) predominaran a nivel nacional durante el último período analizado (junio-agosto). Esta recuperación en las condiciones de los cultivos se refleja en esta fase final del análisis.

Tabla N° 06 Porcentaje de superficie agrícola nacional por niveles de sequía agrícola (VHI).

VHI	Septiembre 2022 - Noviembre 2022	Diciembre 2022 - Febrero 2023	Marzo 2023 - Mayo 2023	Junio 2023 - Agosto 2023
Sequía extrema	0	0	0	0
Sequía severa	0.26	0	1.98	0.26
Sequía moderada	5.70	9.61	11.69	5.70
Sequía leve	40.22	54.25	31.04	40.22
Sin sequía	53.83	36.14	55.29	53.83

c. Índice de diferencia normalizada del agua (NDWI por sus siglas en inglés)

El índice de diferencia normalizada del agua (NDWI por sus siglas en inglés) es un índice espectral derivado de las imágenes de satélite que fue diseñado originalmente para identificar áreas de agua en la superficie terrestre (como cuerpos de agua o inundaciones) utilizando las bandas del verde y el infrarrojo cercano (NIR). Sin embargo la variante usando la bandas del infrarrojo cercano (NIR) y infrarrojo de onda corta (SWIR) se utiliza exclusivamente para monitorear el contenido de agua en la vegetación. Donde los valores positivos elevados indican un alto contenido de agua en la vegetación dado que estos valores sugieren que las plantas están bien hidratadas y saludables. Valores cercanos a cero representan áreas con contenido de agua moderado en la vegetación o zonas transitorias. Puede corresponder a vegetación en etapas de crecimiento donde el contenido de agua es equilibrado y finalmente valores negativos señalan bajo contenido de agua en la vegetación. Estos valores pueden indicar estrés hídrico, áreas de suelo desnudo o vegetación seca.

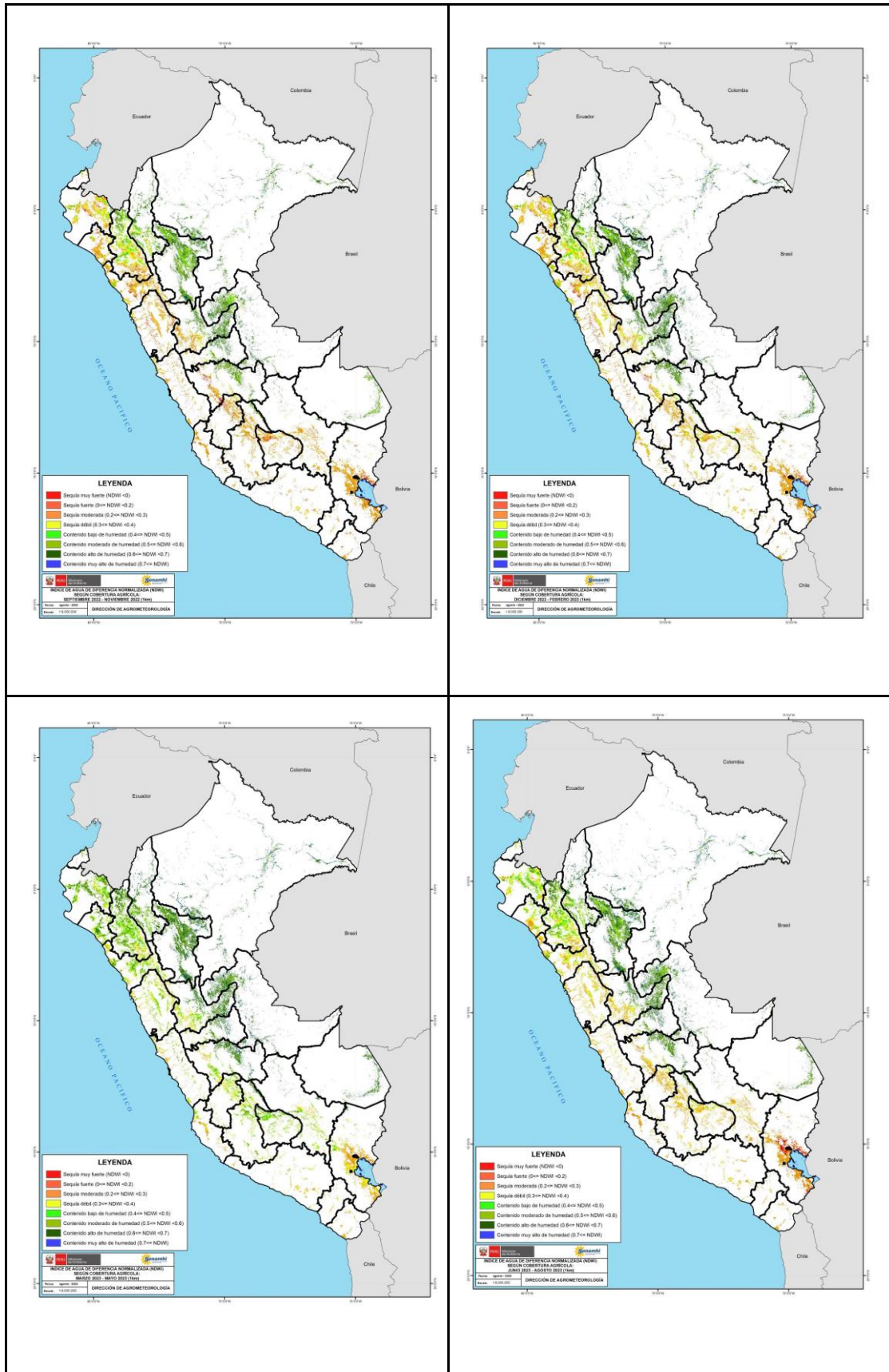


Figura N° 20. Mapas de sequías agrícolas (NDWI) en los meses de septiembre - noviembre 2022, diciembre 2022 - febrero 2023, marzo - mayo 2023, junio - agosto 2023

En la Figura 20 se ilustra el comportamiento espacial del NDWI, determinado para las zonas agrícolas a nivel nacional. Los periodos evaluados comprenden intervalos de tres meses:

- A. Septiembre a noviembre de 2022.
- B. Diciembre de 2022 a febrero de 2023.
- C. Marzo a mayo de 2023.
- D. Junio a agosto de 2023.

Durante el primer periodo, se destaca una predominancia de sequía moderada, con la notable excepción de las áreas agrícolas situadas en la selva peruana. Esta condición persiste en el segundo periodo, aunque se identifican regiones agrícolas, específicamente en los departamentos de Puno y Apurímac, que presentan sequías de intensidad fuerte y muy fuerte.

En el tercer trimestre, se nota una reducción en las zonas agrícolas afectadas por sequías moderadas y fuertes. En su lugar, prevalece una condición de bajo contenido de humedad, con algunas áreas, particularmente en el departamento de Puno, exhibiendo sequía débil.

Para el último periodo en estudio, se evidencia una predominancia de sequías fuertes y muy fuertes en diversas regiones del país. Es relevante destacar que el departamento de Puno manifiesta una sequía de magnitud muy fuerte.

Durante el primer trimestre analizado, una proporción significativa de áreas agrícolas (aproximadamente el 38%) experimentaron algún grado de sequía (desde muy fuerte hasta débil). Sin embargo, este porcentaje disminuye sustancialmente en los trimestres siguientes, especialmente en categorías de sequía más fuerte (Tabla N° 07).

A medida que avanza la campaña agrícola, las áreas con contenido de humedad (desde bajo hasta muy alto) tienden a aumentar, indicando una mejora general en las condiciones de humedad. Esta tendencia es más pronunciada hasta el trimestre de marzo - junio de 2023.

Sin embargo, en el último trimestre (junio - agosto 2023), aunque las áreas con alto contenido de humedad se mantienen relativamente estables hay un repunte en las áreas afectadas por sequía fuerte.

Tabla N° 07 Porcentaje de superficie agrícola nacional por niveles de sequía agrícola (NDWI).

NDWI	Septiembre 2022 - Noviembre 2022	Diciembre 2022 - Febrero 2023	Marzo 2023 - Mayo 2023	Junio 2023 - Agosto 2023
Sequía muy Fuerte	4.51	2.81	0.22	2.27
Sequía Fuerte	33.4	26.11	6.35	19.2
Sequía Moderada	9.46	13.49	7.75	13.74
Sequía Débil	6.84	9.99	13.23	11.78
Contenido bajo de humedad	7.01	6.82	17.06	10.11
Contenido moderado de humedad	14.83	11.3	19.07	13.2
Contenido alto de humedad	21.74	24.76	30.66	24.04
Contenido muy alto de humedad	2.22	4.71	5.66	5.65

VII. PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS, HIDROLÓGICAS Y AGROMETEOROLÓGICAS

7.1 Perspectivas climáticas

Pronóstico estacional de lluvias SET-OCT-NOV 2023

Durante el trimestre septiembre – noviembre, se inicia gradualmente el periodo lluvioso en la región andina de acuerdo a su estacionalidad; asimismo, en este periodo las precipitaciones representan aproximadamente el 20% del acumulado anual. El pronóstico estacional prevé para la región andina: excesos de lluvias en la sierra norte, lluvias dentro de lo normal en la sierra central y lluvias inferiores a lo normal en la sierra sur. Ver Figura N°21 y Tabla N°08.

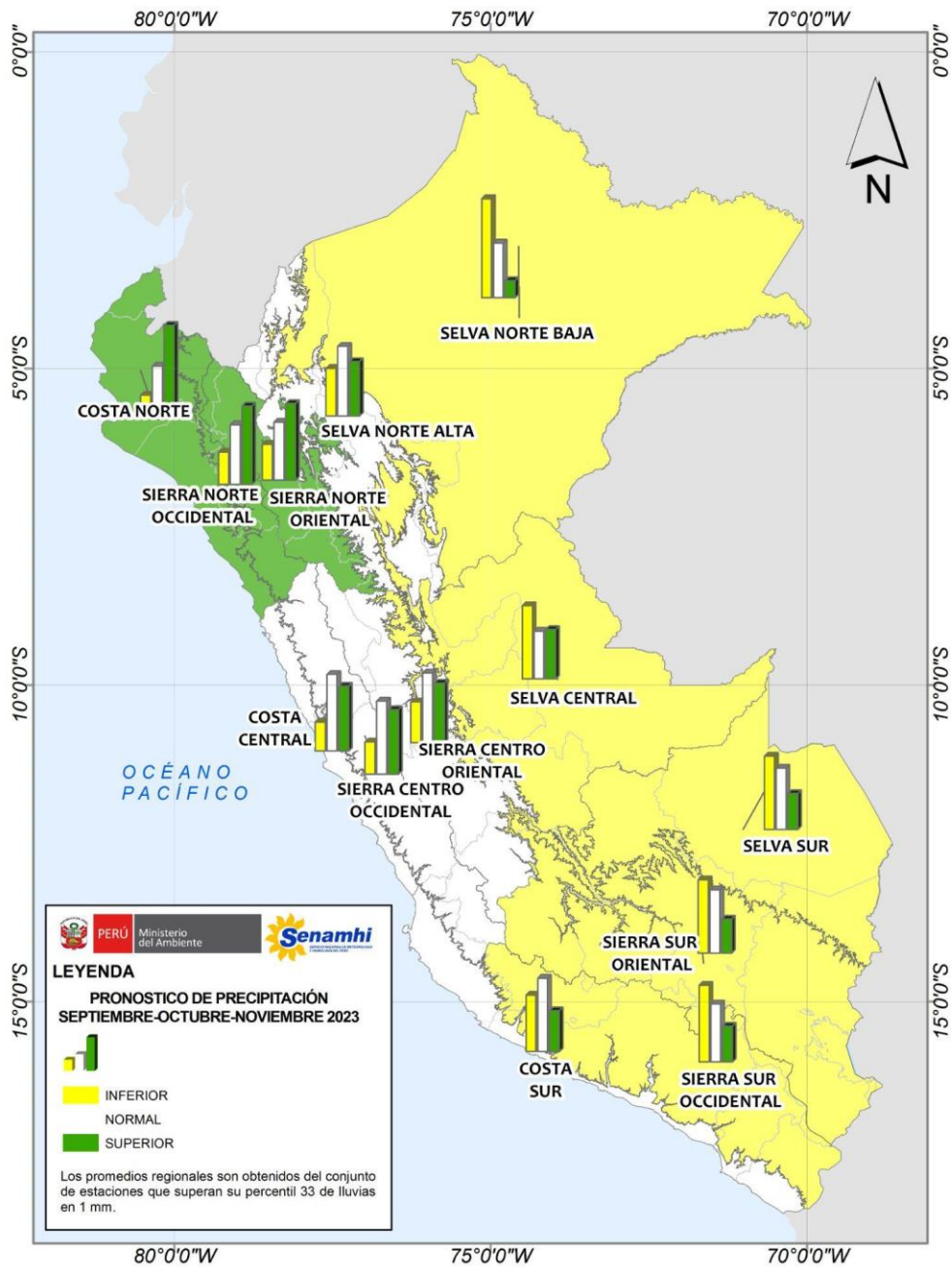


Figura N° 21. Pronóstico probabilístico de precipitaciones a nivel nacional para el trimestre septiembre – noviembre 2023. El color amarillo, indica un escenario de acumulados de lluvias inferiores a lo normal, el color verde sobre lo normal, y el blanco, señala un probable escenario de lluvias dentro de sus rangos normales.

Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=pronostico-climatico>

Tabla N°08. Valores de probabilidad por regiones según categorías (inferior, normal y superior) del pronóstico de lluvias para el trimestre septiembre – noviembre 2023.

REGIONES	PROBABILIDADES (%)			ESCENARIO	UMBRALES(milímetros)	
	INFERIOR	NORMAL	SUPERIOR		P33*(mm)	P66*(mm)
COSTA NORTE	14	31	55	SUPERIOR	3.1	7.0
COSTA CENTRO	17	45	38	NORMAL	6.6	10.9
COSTA SUR	33	43	24	NORMAL	0.6	2.4
SIERRA NORTE OCCIDENTAL	19	35	46	SUPERIOR	96.6	144.4
SIERRA NORTE ORIENTAL	21	34	45	SUPERIOR	167.0	231.0
SIERRA CENTRO OCCIDENTAL	19	43	38	NORMAL	44.9	73.0
SIERRA CENTRO ORIENTAL	24	41	35	NORMAL	151.1	194.8
SIERRA SUR OCCIDENTAL	45	34	21	INFERIOR	12.3	25.7
SIERRA SUR ORIENTAL	43	37	20	INFERIOR	116.2	155.8
SELVA NORTE ALTA	28	41	32	NORMAL	268.1	336.6
SELVA NORTE BAJA	58	32	10	INFERIOR	467.5	582.7
SELVA CENTRAL **	43	28	29	INFERIOR	437.8	496.6
SELVA SUR **	43	36	21	INFERIOR	442.5	513.4

*P33 umbral inferior definido estadísticamente con el percentil 33.

*P66 umbral superior definido estadísticamente con el percentil 66.

*El pronóstico de la selva centro y sur fueron estimados en base a la revisión de pronósticos (dinámicos) de fuentes externas y los umbrales fueron estimados en base a datos de lluvia estimada PISCO (Aybar et al. 2019 - DOI: 10.1080/02626667.2019.1649411). Tabla N°06.

Nota: Los PRONÓSTICOS TRIMESTRALES permiten conocer el grado de probabilidad de que las lluvias, temperaturas máximas o temperaturas mínimas del aire se encuentren sobre, debajo o dentro de sus valores normales¹⁴. En la escala de tres meses no se pronostican eventos extremos de corto plazo (lluvias intensas, granizadas, nevadas, heladas, olas de calor, entre otros), sino más bien las condiciones promedio del trimestre.

Escenario de lluvias VERANO 2024

El presente escenario de lluvias para el verano 2024 (promedio enero – marzo) sugiere para la región andina que es más probable que las lluvias oscilen entre condiciones sobre lo normal y normal en la sierra norte, entre inferior a lo normal y normal en la sierra central y sur. Ver Figura N°22 y Tabla N°09.

¹⁴ <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=normales-estaciones>

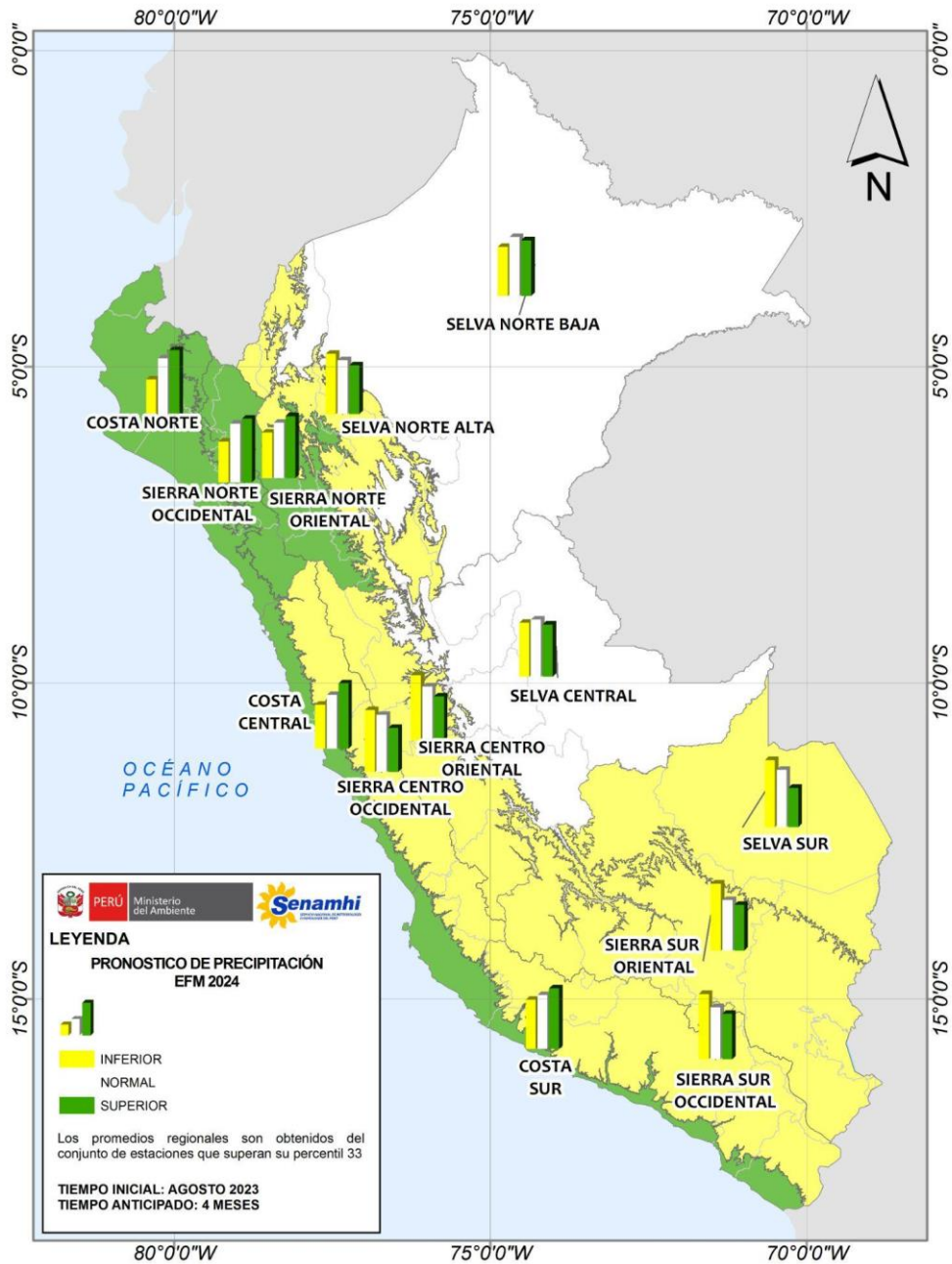


Figura Nº 22. Escenario probabilístico de lluvias a nivel nacional para el trimestre enero – marzo 2024. El color amarillo, indica un escenario de acumulados de lluvias inferiores a lo normal, el color verde sobre lo normal, y el blanco, señala un probable escenario de lluvias dentro de sus rangos normales.

Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=pronostico-climatico>

Tabla N°09. Valores de probabilidad por regiones según categorías (inferior, normal y superior) del pronóstico de lluvias para el trimestre EFM 2024.

REGIONES	PROBABILIDADES (%)			ESCENARIO	UMBRALES(mm)	
	INFERIOR	NORMAL	SUPERIOR		P33*	P66*
COSTA NORTE	23	36	41	SUPERIOR	98.1	255.5
COSTA CENTRO	27	33	40	SUPERIOR	4.3	8.8
COSTA SUR	30	33	37	SUPERIOR	2.2	6.5
SIERRA NORTE OCCIDENTAL	25	36	39	SUPERIOR	322.0	555.1
SIERRA NORTE ORIENTAL	28	34	38	SUPERIOR	259.4	391.0
SIERRA CENTRO OCCIDENTAL	38	35	27	INFERIOR	216.9	341.1
SIERRA CENTRO ORIENTAL	40	33	27	INFERIOR	303.4	402.6
SIERRA SUR OCCIDENTAL	40	32	28	INFERIOR	176.3	267.3
SIERRA SUR ORIENTAL	41	31	28	INFERIOR	362.7	455.3
SELVA NORTE ALTA	37	33	30	INFERIOR	249.5	383.7
SELVA NORTE BAJA	30	36	34	NORMAL	548.8	679.3
SELVA CENTRAL **	33	35	32	NORMAL	793.0	931.0
SELVA SUR **	41	35	24	INFERIOR	838.0	967.0

*P33 umbral inferior definido estadísticamente con el percentil 33.

*P66 umbral superior definido estadísticamente con el percentil 66.

*El pronóstico de la selva centro y sur fueron estimados en base a la revisión de pronósticos (dinámicos) de fuentes externas y los umbrales fueron estimados en base a datos de lluvia estimada PISCO (Aybar et al. 2019 - DOI: 10.1080/02626667.2019.1649411). Tabla N°07.

Notas:

- Estos escenarios se basan en el pronóstico extendido de la temperatura superficial del mar (TSM) proveniente de los modelos climáticos globales correspondiente a los Multi-ensablados¹⁵ norteamericanos.
- Este escenario de lluvias es consistente con la actual presencia del Fenómeno El Niño en el Pacífico ecuatorial, el cual se extendería hasta el verano 2024 (Comunicado Oficial ENFEN N°12-2023).
- Estos escenarios serán **actualizados cada mes hasta noviembre del presente año.**

7.2 Perspectivas hidrológicas

Según la reciente actualización de los escenarios de lluvias y del pronóstico hidrológico estacional en cuencas representativas con control hidrométrico, se concluye que para el periodo septiembre - diciembre 2023 en la zona norte de la región hidrográfica del Pacífico, se presentaría principalmente un comportamiento de los caudales “normal”, pudiendo alcanzar valores de hasta “sobre lo normal” hacia el mes de diciembre. Mientras que en la zona central y sur, de la región del Pacífico, se esperaría un comportamiento hidrológico mixto predominantemente “debajo de lo normal” a “normal”.

Por otro lado, en la región hidrográfica del Titicaca, aún se presentaría un comportamiento de los caudales entre “muy debajo de lo normal” a “debajo de lo normal”, predominando las condiciones deficitarias en la región.

¹⁵ North American Multi-Model Ensemble (NMME, por sus siglas en inglés). Link: <https://iridl.ideo.columbia.edu/SOURCES/.Models/.NMME/>

En la región hidrográfica del Amazonas, se prevé que predominarán condiciones hidrológicas “debajo de lo normal”, pero esta situación podría revertirse a condiciones hidrológicas del rango “normal”, principalmente en las zonas norte y centro, hacia el mes de diciembre.

Se debe tener en cuenta que cuanto mayor es el horizonte de previsión, la incertidumbre también es mayor. Por ello, el pronóstico estacional de caudales es continuamente actualizado y las condiciones proyectadas podrían variar en los próximos meses.

Tabla N°10. Perspectivas de las condiciones hidrológicas para el periodo agosto 2023 – diciembre 2023

Región	Estación	Río	Rango pronosticado durante el periodo
Pacífico	El Tigre	Tumbes	normal a sobre lo normal
	El Ciruelo	Chira	muy debajo de lo normal a normal
	Yonán	Jequetepeque	alto a sobre lo normal
	Condorcerro	Santa	normal
	Santo Domingo	Chancay-Huaral	normal a sobre lo normal
	Chosica	Rímac	debajo de lo normal a normal
	La Capilla	Mala	normal
	Letrayoc	Pisco	muy debajo de lo normal a normal
Titicaca	Pte. Huancané	Huancané	muy debajo de lo normal a debajo de lo normal
	Pte. Ramis	Ramis	muy debajo de lo normal a debajo de lo normal
Amazonas	Pte. Cunyac	Apurímac	debajo de lo normal a normal
	Tamshiyacu	Amazonas	normal
	Tocache	Huallaga	normal

Nota: Anomalías de caudal simuladas entre -100% a -50 % corresponden a “muy debajo de lo normal”, entre -50% a 25% como “debajo de lo normal”, entre -25% a 25% como “normal”, entre 25% a 50% como “sobre lo normal”, entre 50% a 100% como “muy sobre lo normal” y mayor a 100% como “alto”

7.3 Perspectivas agrometeorológicas

Para el periodo septiembre-octubre-noviembre del 2023, en la sierra norte y central, se esperaría que las labores de labranza y siembra bajo secano de la campaña 2023/2024 se inicien acorde a su estación, ya que se prevén lluvias superiores a lo normal y dentro de lo normal, respectivamente. Sin embargo, no se descarta un incremento de la demanda hídrica y falta de humedad en el suelo para el inicio de la campaña agrícola, especialmente en las parcelas manejadas en secano, debido a la persistencia de días cálidos.

En la sierra sur, persistirán las condiciones poco favorables para las actividades de labranza y siembra, ya que se prevén lluvias por debajo de su normal y la presencia de días cálidos, lo que podría repercutir en el inicio de la campaña 2023/2024, situación que podría prolongarse hasta marzo del 2024.

Para el sector agropecuario de las zonas altoandinas de la sierra sur (>3500 m s. n. m.), es probable que la generación de nuevos brotes de los pastizales se retrase; al mismo tiempo que, las fuentes de agua (puquiales y ríos) disminuyan su volumen, debido a la escasez de lluvias previstas, incrementando la vulnerabilidad de la población pecuaria de la zona.

VIII. CONCLUSIONES

Del análisis climático, hidrológico y agrometeorológico:

8.1 Durante el periodo de septiembre 2022 al 20 de agosto de 2023, las lluvias en el flanco occidental de la sierra estuvieron por encima de lo normal: +49% en el norte, +64% en el centro y +23% en el sur. En contraste, en el flanco oriental hubo deficiencias de lluvia, con -19% y -36% en la zona norte y sur, respectivamente, y condiciones dentro de lo normal (13%) en el centro. Así mismo, la actualización del índice de sequía SPI 12 AGO-JUL 2022/2023, evidenció deficiencias moderadas a extremas en Cusco y Puno, asociado a las sequías de la primavera 2022 y verano 2023. Por otro lado, en los meses de julio y en lo que va de agosto la región Andina no ha presentado episodios importantes de precipitación, comportamiento acorde a periodo de estiaje.

8.2 En relación a las condiciones hidrológicas de setiembre 2022 a agosto 2023 los ríos de la Región Hidrográfica del Pacífico zona sur a nivel anual, presentaron en promedio anomalías de caudal entre “normal” y “debajo de lo normal”, teniendo en cuenta que a nivel estacional presentaron escenarios de muy debajo de lo normal y sobre lo normal. Los ríos afluentes del lago Titicaca, presentaron aún anomalías de caudal deficitarias con categoría “muy por debajo de lo normal”, siendo el río Ramis el que presentó la mayor anomalía con valores inferiores a lo registrado en años severamente secos; en consecuencia, el nivel del Lago Titicaca presenta una tendencia descendente con una variación de niveles similar a 1982-83. Para la Región Hidrográfica del Atlántico la anomalía de caudal se caracterizó por categorías “debajo de lo normal” y “normal”. Las reservas de agua en la región hidrográfica del Pacífico Zona sur como el Condoroma, Aguada Blanca, El Frayle, El Pañe y Pillones (Arequipa) presentan volúmenes de almacenamiento de 70%, 48%, 51%, 63% y 43% de su capacidad máxima útil.

8.3 El análisis de varios índices como WRSI, VHI y NDWI brinda una visión de las condiciones agrícolas en Perú durante la campaña 2022-2023. El WRSI destaca deficiencias hídricas que han impactado la producción de papa y maíz en regiones de la sierra sur, causando reducciones en los rendimientos. El VHI respalda esto, mostrando sequías moderadas y severas en zonas agrícolas, con una recuperación en el último trimestre. El NDWI confirma sequías en diferentes periodos y regiones, con variaciones en la

intensidad a lo largo del tiempo. Los índices observaron sequías que afectan la producción de papa y maíz, con señales de mejora al final de la campaña.

8.4 En el inicio de la campaña agrícola 2023/2024, se habrían retrasado las actividades de siembra especialmente en parcelas bajo secano debido a la deficiencia de lluvias, el Índice de humedad (Ih) para la región andina se mantuvo en la categoría de Deficiencia Extrema. En la sierra central y sur hubo pérdida y afectación de cultivos y crianzas; mientras que, en la sierra norte principalmente las parcelas manejadas bajo riego, iniciaron la campaña agrícola acorde a su temporada.

De las perspectivas climáticas, hidrológicas y agrometeorológicas:

8.4 El **pronóstico climático** prevé para el trimestre **septiembre-noviembre 2023** lluvias superiores a lo normal en la sierra norte, dentro de lo normal en la sierra central e inferiores a lo normal en la sierra sur. Por otro lado, el **escenario de lluvias para el verano 2024 (enero – marzo)** indica que es más probable la ocurrencia de lluvias entre superiores a lo normal y condiciones normales en la sierra norte, y entre inferiores a lo normal y condiciones normales en la sierra central y sur.

8.5 El **pronóstico hidrológico** septiembre - diciembre 2023, prevé condiciones hidrológicas que van del rango “normal” en la región del Pacífico norte, pudiendo alcanzar valores de “sobre lo normal” hacia el mes de diciembre; mientras que, en la región hidrográfica Pacífico central y sur, se prevé predominantemente un comportamiento hidrológico mixto entre “debajo de lo normal” a “normal”. En la región del Amazonas, predominarán condiciones “debajo de lo normal”, pero estas condiciones podrían variar al rango “normal”, principalmente en las zonas norte y centro. Finalmente, los caudales de los principales ríos afluentes del lago Titicaca, continuarán presentando un comportamiento “muy debajo de lo normal” a “debajo de lo normal” lo cual mantendría condiciones deficitarias en la región y la tendencia descendente en el nivel de agua del lago.

8.6 Desde el **punto de vista agrometeorológico**, en la sierra norte y central, se esperaría que las labores labranza y siembra bajo secano de la campaña 2023/2024 tenga lugar acorde a su estacionalidad; mientras que, en la sierra sur, las actividades de labranza y siembra podrían retrasarse, ya que se prevén lluvias por debajo de su normal, situación que se prolongaría hasta marzo del 2024. Para la población de las zonas altoandinas de la sierra sur (>3500 m s. n. m.), el inicio de nuevos brotes de los pastizales se retrasarían, incrementando la vulnerabilidad de la población pecuaria de la zona.

IX. RECOMENDACIONES

El SENAMHI recomienda a las entidades competentes al Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres evaluar y prevenir los riesgos asociados a situaciones de déficit hídrico durante el periodo setiembre-octubre-noviembre 2023 y enero- febrero-marzo 2024, para los fines de una adecuada y oportuna toma de decisiones en salvaguarda de la población y sus medios de vida.

Sin perjuicio a las recomendaciones que brindan los sectores correspondientes con respecto a las condiciones de déficit hídrico, el SENAMHI brinda las siguientes sugerencias técnicas para el manejo de cultivos y crianzas:

Para la zona costera, realizar el mantenimiento y limpieza de drenes y cauces ante probables desbordes e inundaciones.

Realizar las labores de poda sanitaria, aplicación de fertilizantes y/o abonos foliares y el reemplazo de plantas en mal estado fitosanitario en las plantaciones de frutales.

Para la sierra central y sur, realizar el mantenimiento y limpieza de canales y bocatomas, para mejorar el uso eficiente del recurso para el inicio de la campaña 2023/2024, ante una disminución del volumen de agua en las fuentes (puquiales y ríos) y por el incremento de la demanda hídrica de los cultivos en curso.

Optar por cultivos y variedades precoces y tolerantes al déficit hídrico ante un probable retraso en el inicio de la temporada de lluvias, especialmente en la sierra central y sur.

Para la población pecuaria de las zonas altoandinas, proveer alimentos y pacas de heno, suplementos vitamínicos y medicamentos para protegerlos de las bajas temperaturas y la escasez de pastizales.

Elaborado por:

K. Correa¹, A.Castro¹, T.Ita¹, P. Porras¹, Y. Escajadillo¹, J. Chiong¹, M.Casaverde², S. Endara⁴, C.Quevedo³, G. Canchari³, M.García³, C. Enciso⁵

- (1) Subdirección de Predicción Climática
- (2) Subdirección de Predicción Hidrológica
- (3) Subdirección de Predicción Agrometeorológica
- (4) Subdirección de Estudios e Investigaciones Hidrológicas
- (5) Subdirección de Estudios e Investigaciones Agrometeorológicas

Kris Correa Marrou
**Especialista en Predicción y Aplicaciones
Climáticas**

Grinia Avalos Roldán
**Subdirectora de Predicción Climática
SENAMHI-Perú**

Karen Leon Altuna
**Subdirectora de Predicción Hidrológica
SENAMHI-Perú**

Carmen Reyes Bravo
**Subdirector de Predicción Agrometeorológica
SENAMHI-Perú**

© 2023 SENAMHI-PERÚ Jr. Cahuide 758 Jesús María – Lima; Teléfono: 6-141414
clima@senamhi.gob.pe , pronosticador@senamhi.gob.pe | www.senamhi.gob.pe
Pronóstico del Tiempo: 51 1 - 6141407 anexo 447 Predicción Climática: 51 1 - 6141414
Anexo 475 Lima – Perú