



BOLETÍN HIDROLÓGICO MENSUAL

SE MANTIENEN ANOMALÍAS NEGATIVAS DE LLUVIA Y CAUDALES EN LA REGIÓN SUR DEL PAÍS.

Fecha de emisión: 08 de agosto de 2023

El Boletín Hidrológico de julio de 2023 presenta las condiciones de las variables hidrológicas (precipitación, escorrentía y caudales) en el territorio nacional. Asimismo, se presenta un pronóstico hidrológico en cuencas hidrográficas de nivel 2 para los próximos meses.

El Instituto Uruguayo de Meteorología (en adelante, INUMET) destaca en su [boletín climático del mes de julio 2023](#) que las precipitaciones más importantes se registraron en el noreste del país, en las subcuencas del Río Negro (hasta embalse Rincón del Bonete) y las que drenan hacia la Laguna Merín. Asimismo, las precipitaciones fueron por debajo de lo normal en el sur del territorio, incluyendo la cuenca del río Santa Lucía, los ríos que drenan hacia el río de la Plata y océano Atlántico. Esto afectó la escorrentía, ya que persisten las anomalías negativas en escorrentía en la mayoría de las cuencas hidrográficas de nivel 2, excepto en la zona este del país, donde se presentaron anomalías positivas en julio.

Para el mes de agosto persiste la alta probabilidad de mantener flujos bajos, principalmente en la cuenca del río Santa Lucía y las subcuencas que drenan hacia el Río de la Plata. Se espera que la tendencia cambie gradualmente, ya que es posible tener condiciones medias en octubre 2023. Sin embargo, se debe mantener actualizado y dar continuidad a la vigilancia hidrológica en los próximos meses.

¿Cómo estuvieron las precipitaciones en el mes de julio?

En la Figura 1 se presenta los eventos de precipitación diario en cuencas hidrográficas de nivel 2 desde el 1 de julio hasta el 31 de julio 2023. Se identifican los siguientes periodos de precipitación.

- Un **primer período** de precipitación **entre el 4 y 7 de julio** afectando:
 - subcuencas que drenan hacia el río Uruguay (código de cuencas 10 a 19) con acumulados que no superan los 50 mm de lluvia.
 - subcuencas que drenan hacia el Río de la Plata (código de cuencas 20 a 29) con acumulados que no superan los 40 mm
 - subcuencas que drenan hacia el océano Atlántico (código de cuencas 30 a 33) con acumulados que no superan los 35 mm
 - subcuencas que drenan hacia la Laguna Merín (código de cuencas 40 a 45) con acumulados que no superan los 65 mm
 - subcuencas que drenan hacia el Río Negro (código de cuencas 50 a 58) con acumulados que no superan los 65 mm
 - subcuencas del río Santa Lucía (código de cuencas 60 al 68) con acumulados que no superan los 43 mm
- Un **segundo período** de precipitación **entre el 11 y 13 de julio** afectando:
 - subcuencas que drenan hacia el río Uruguay (código de cuencas 10 a 19) con acumulados que no superan los 70 mm
 - subcuencas que drenan hacia el Río de la Plata (código de cuencas 20 a 29) con acumulados que no superan los 53 mm



- subcuencas que drenan hacia el océano Atlántico (código de cuencas 30 a 33) con acumulados que no superan los 33 mm
 - subcuencas que drenan hacia la Laguna Merín (código de cuencas 40 a 45) con acumulados que no superan los 52 mm
 - subcuencas que drenan hacia el Río Negro (código de cuencas 50 a 58) con acumulados que no superan los 51 mm
 - subcuencas del río Santa Lucía (código de cuencas 60 al 68) con acumulados que no superan los 41 mm
- Un **tercer período** de precipitación **entre el 24 y 25 de julio** afectando:
- subcuencas que drenan hacia el río Uruguay (código de cuencas 10 a 19) con acumulados que no superan los 42 mm
 - subcuencas que drenan hacia el Río de la Plata (código de cuencas 20 a 29) con acumulados que no superan los 10 mm
 - subcuencas que drenan hacia el océano Atlántico (código de cuencas 30 a 33) con acumulados que no superan los 26 mm
 - subcuencas que drenan hacia la Laguna Merín (código de cuencas 40 a 45) con acumulados que no superan los 95 mm
 - subcuencas que drenan hacia el Río Negro (código de cuencas 50 a 58) con acumulados que no superan los 70 mm
 - subcuencas del río Santa Lucía (código de cuencas 60 al 68) con acumulados que no superan los 22 mm

En la Figura 2 se observa el **mapa de distribución de lluvia estimada** en cuencas nivel 2 para **julio de 2023**. En la zona norte de la cuenca de la Laguna Merín, se registraron anomalías positivas o lluvias por encima del valor normal mensual (140 a 180 mm). En las subcuencas de la parte alta del Río Negro, los acumulados estuvieron con valores acumulados en el entorno de los 200 mm, mientras que en las subcuencas de la parte baja los acumulados fueron menores pero superiores a los 70 mm. En el resto de las regiones hidrográficas del país las precipitaciones estuvieron por debajo de lo normal, particularmente en la cuenca del río Santa Lucía y cuencas que drenan hacia el Río de la Plata, donde se registraron acumulados que no superan los 90 mm. Con respecto a la cuenca del río Santa Lucía se observa que los acumulados mensuales en las subcuencas Santa Lucía Grande, Santa Lucía Chico y San José fueron 76, 92 y 77 mm respectivamente, valores por debajo de lo que normalmente llueve en esta época del año (alrededor de 100 mm).



Lluvia registrada en Cuencas hidrográficas nivel 2

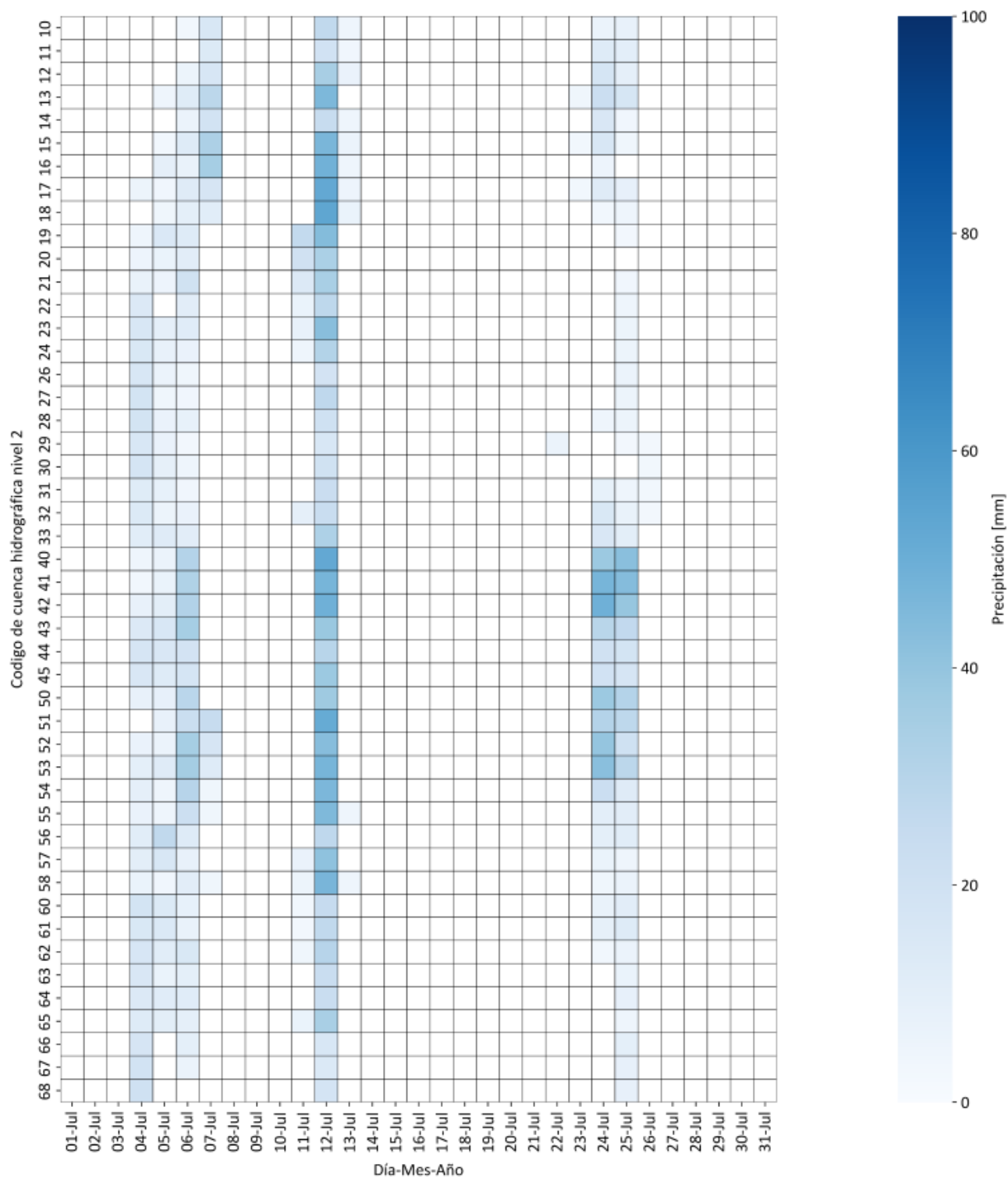


Figura 1. Estimación de lluvia diaria en cuencas hidrográficas nivel 2 para el periodo del 01 al 31 de julio 2023.

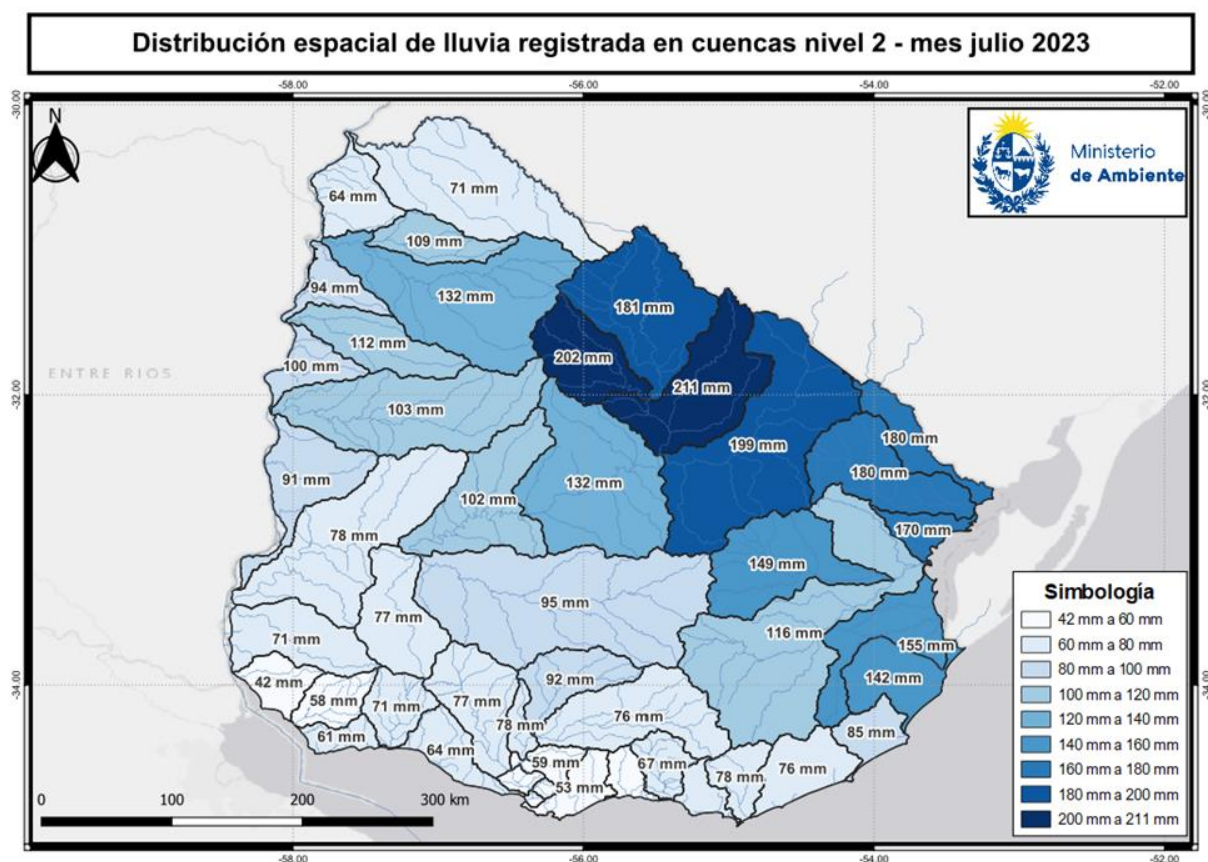


Figura 2. Mapa de lluvia registrada en cuenca nivel 2 de julio de 2023. Mapa elaborado con datos diarios de precipitación brindados por INUMET, INIA, UTE y CTM-Salto Grande.

¿Qué tan diferente de lo normal ha estado la escorrentía?

En la Figura 3 se presentan los porcentajes de anomalía del escurrimiento promedio de julio de 2023 para las cuencas hidrográficas de nivel 2. La anomalía se calcula como la diferencia entre el valor medio mensual de escorrentía simulado y el valor considerado como normal o de referencia para el periodo 1981-2010 para el mismo mes. Se puede observar que **persisten las anomalías negativas de escorrentía**, con mayor énfasis al sur del territorio en donde se encuentran el río Santa Lucía y otros ríos que drenan hacia el Río de la Plata y al océano Atlántico. Este comportamiento se observó en los eventos de precipitación de julio, donde los porcentajes de lluvia que generaron escorrentía fueron inferiores al 5% puesto que gran parte de la precipitación registrada ayudó a aumentar la humedad del suelo y los almacenamientos subterráneos de agua.

Por otro lado, en la parte alta del Río Negro y las subcuencas que drenan hacia la Laguna Merín, se pudo observar que registraron anomalías positivas de escorrentía, es decir, que la escorrentía promedio del mes de julio fue superior a su promedio mensual histórico (1981-2010).

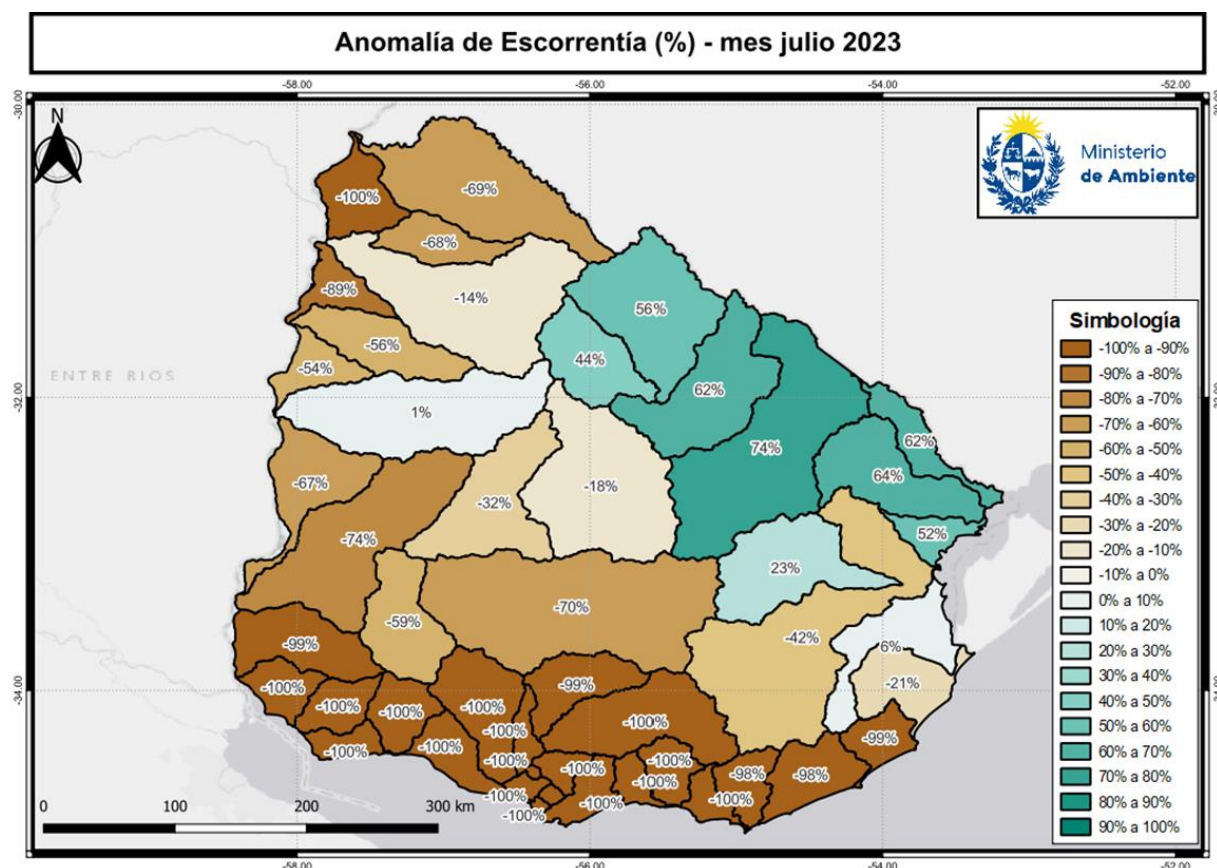


Figura 3. Porcentaje de anomalía en el escurrimiento en el mes de julio 2023 en cuencas hidrográficas nivel 2.

¿Cómo han estado los caudales?

Durante julio 2023 se registraron lluvias que generaron incrementos de nivel y caudales en los ríos entre el 4 de julio y el 4 de agosto. En la Figura 4 y Figura 5 se muestra la prolongación de las curvas teóricas de recesión de caudales (suponiendo ausencia de lluvias posteriores) hasta alcanzar los caudales registrados al inicio del período y sobre el eje derecho se gradúan los acumulados en volúmenes de escorrentía desde el inicio de cada evento.

En todos los casos registrados en este período, los ascensos provocados por cada evento de lluvia iniciaron antes de que terminara por completo el efecto del evento de lluvia anterior.

Las evaluaciones siguientes consideran los caudales totales circulantes por cada sección, sin distinguir los aportes directos por lluvias de los aportes de base.

Estación Paso Roldán – Río Santa Lucía

Se espera volver a los caudales de inicios de julio ($0,25 \text{ m}^3/\text{s}$) después del día 08 de agosto de no ocurrir nuevas lluvias (ver Figura 4).

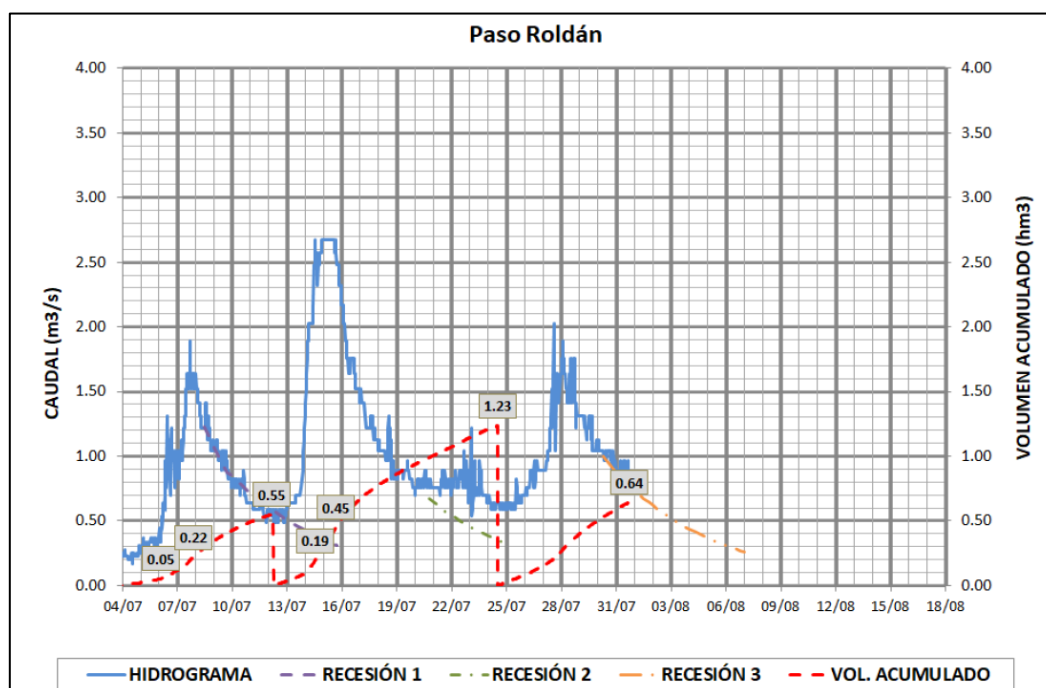


Figura 4. Hidrograma de crecida en la estación Paso Roldán, río Santa Lucia.

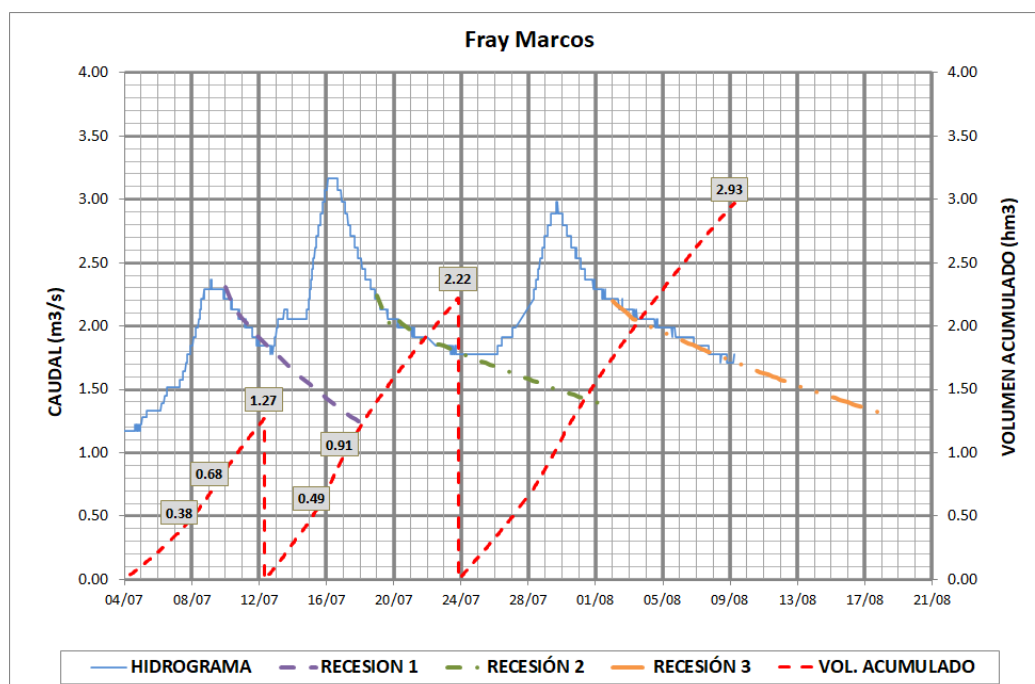


Figura 5. Hidrograma de crecida en la estación Fray Marcos, río Santa Lucia.

Estación Fray Marcos – Río Santa Lucía

Realizando similar análisis en la estación Fray Marcos en el río Santa Lucía se observa que el caudal que circula está descendiendo (al 8 de agosto 1,80 m³/s). Se espera volver a los caudales de inicio de mes de julio (1,20 m³/s) después del día 20 de agosto, de no ocurrir nuevas lluvias.

Para los próximos 10 días, por lo tanto, el caudal medio estaría cercano a 1,5 m³/s (aproximadamente 130.000 m³/día).

En términos de caudales, al día 9 de agosto el río Santa Lucía está en condiciones similares a la que presentaba los días 12 y 20 de julio, antes de cada una de las las lluvias registradas inmediatamente después de esas fechas.

Un aforo realizado el día 3 de agosto en Paso Pache midió un caudal de 3,4 m³/s. Este valor comparado con el caudal correspondiente en Fray Marcos sigue con bastante aproximación la relación entre las respectivas áreas de cuenca ($4.920 / 2.760 = 1,78$). Bajo este supuesto, el aporte medio del río Santa Lucía hasta Paso Pache para los próximos 10 días puede aproximarse a 2,7 m³/s. (aproximadamente 233.000 m³/día).

Tabla 1. Tabla resumen de caudales medios y duraciones en las estaciones de medición en la cuenca del río Santa Lucía para los eventos de lluvia registrado en el mes de julio 2023.

Periodo	Estación	Duración (días)	Caudal medio (m ³ /s)	Caudal específico (L/s-km ²)
4 - 12 julio	Po. Roldán	8	0,80	0,74
	Fray Marcos	8	1,80	0,65
13 - 23 julio	Po. Roldán	12	1,20	1,11
	Fray Marcos	12	2,10	0,76
24 - 31 julio	Po. Roldán	8	0,90	0,83
	Fray Marcos	8	2,20	0,80
4 - 8 agosto (estimación)	Po. Roldán	8	0,35	0,32
4 - 13 agosto (estimado)	Fray Marcos	15	1,60	0,58

Indicadores de caudales mensuales

Utilizando los datos de caudales mensuales de las estaciones de DINAGUA, se evaluó el efecto acumulativo de meses consecutivos de caudales muy por debajo de lo normal registrado en los últimos meses. Para lo anterior se utilizó el Índice Estandarizado de Caudales (SDI), que utiliza valores de caudales mensuales y los métodos de normalización para generar un índice que permita evaluar periodos secos y húmedos y la sequía. En la Figura 5 se observa el SDI para caudales mensuales acumulados por bloques móviles de 6 meses en puntos diferentes puntos de medición en el país. Se puede observar que, si bien se registró un aumento en los caudales promedio del mes de julio 2023, aún permanece por debajo de lo que normalmente se registra en esta época del año. En la cuenca de río Santa Lucía en el sitio de medición de Fray Marcos, persiste aún una sequía hidrológica severa debido a que en los últimos meses se ha registrado caudales muy por debajo

de lo normal. En la parte alta de la cuenca del Río Negro (subcuenas del río Tacuarembó y del arroyo Tres Cruces) se observa que las condiciones tienden a mantenerse en los rangos normales de la época.

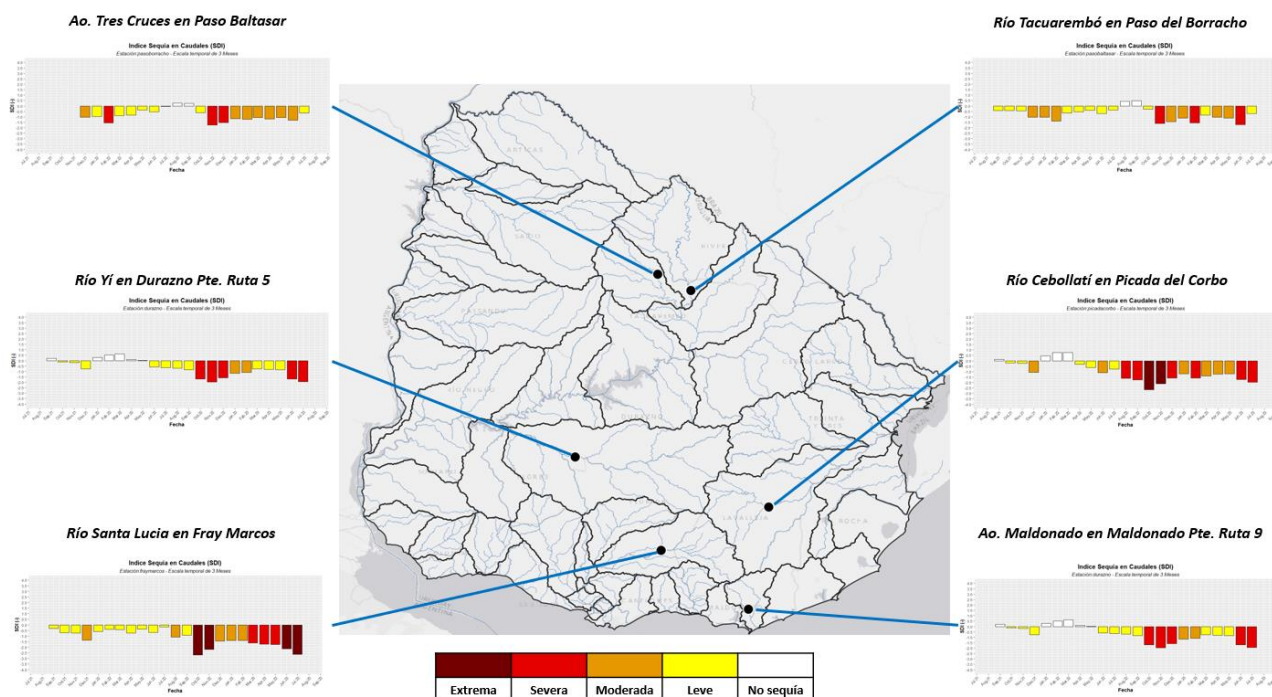


Figura 6. Índice Estandarizado de Caudales (SDI) mensuales en diferentes puntos de medición del país correspondiente al periodo julio 2021 hasta julio 2023.

¿Qué zonas se encuentran actualmente en sequía?

En la Figura 7 se muestran los valores interpolados del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) para 6 meses, que cuantifica el déficit de las precipitaciones acumuladas en dicho período. Es decir, compara la lluvia acumulada de los últimos 6 meses (01/02/2023 – 31/07/2023) con el periodo de referencia climatológico para el mismo intervalo temporal. Se observa que las **cuenas del río Santa Lucía y frente marítimo permanecen con una severidad de sequía extrema (color marrón)**. La **cuenca del río Uruguay**, muestra condiciones de sequía moderada a condiciones normales en su mayor área de aporte. El resto del territorio permanece aún con condiciones de severidad de sequía entre severa a moderada. La información derivada de un **SPI de 6 meses también podría reflejar caudales y niveles de almacenamiento anómalos**.

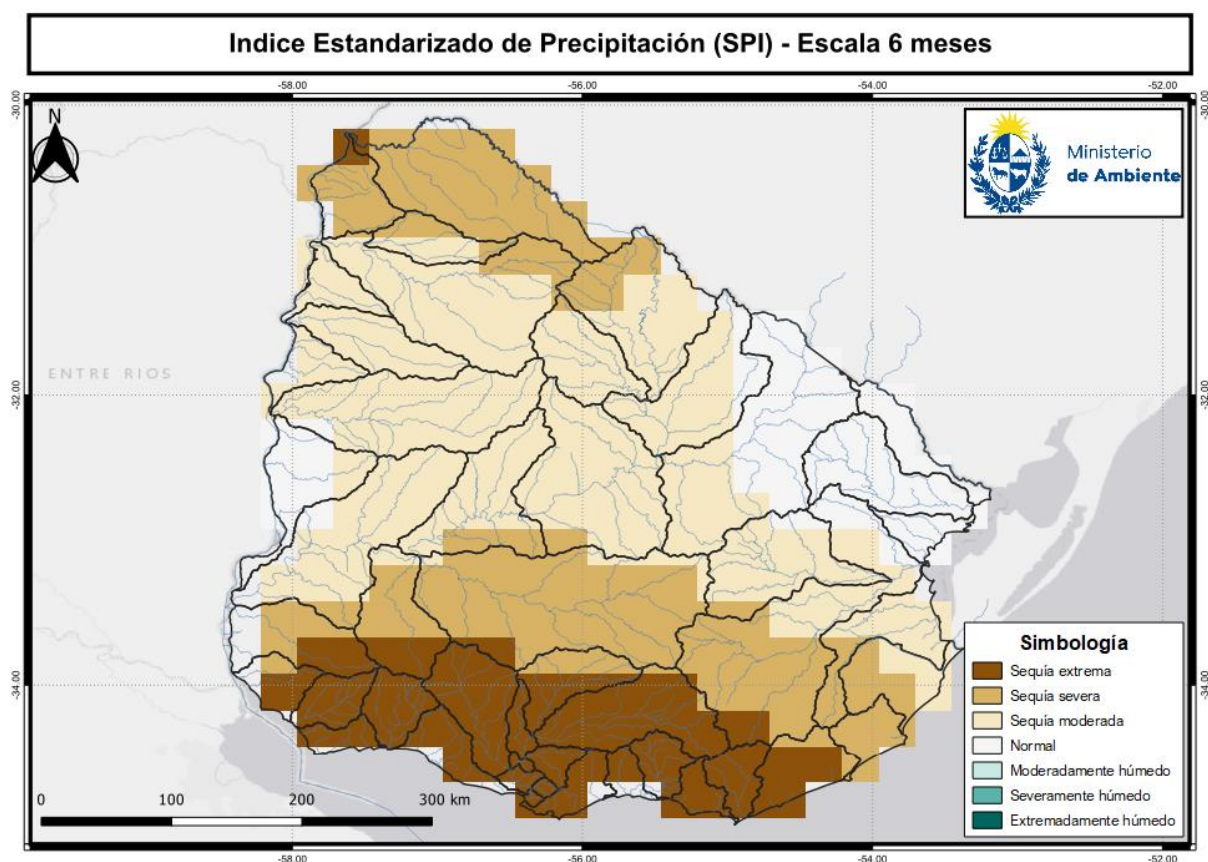


Figura 7. Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) para cuenca hidrográfica nivel 2 y escala temporal 6 meses, periodo de observación 01/02/2023 – 31/07/2023. Fuente: Sistema información Sequía para el Sur de Suramérica (SISSA).

En resumen, ¿cuál es el estado hidrológico actual?

El estado hidrológico se obtuvo de las variables de escorrentía y caudales simulados, que se categorizaron en 5 grupos basados en percentiles, siendo un rango normal los valores de escurrimiento y caudales dentro del percentil 28 y 72.

La Figura 8 muestra el estado hidrológico de julio de 2023 y se observa que la mayoría de las subcuencas hidrográficas que drenan hacia el río Uruguay presentan condiciones hidrológicas normales. La parte alta de la cuenca del Río Negro y los ríos que drenan hacia la Laguna Merín se estima que las condiciones hidrológicas fueron por encima de lo normal (entre el percentil 72 y 87). La condición de flujo por “debajo de lo normal” se mantiene en la región sur, específicamente en las cuencas del **río Santa Lucía** y las **subcuencas que drenan al frente marítimo** son aún las áreas más críticas del país, dado que aún persiste el **flujo bajo**. Estos estados hidrológicos se deben a que los acumulados de lluvia y los bajos valores de humedad en los suelos generaron bajos escorrentías.

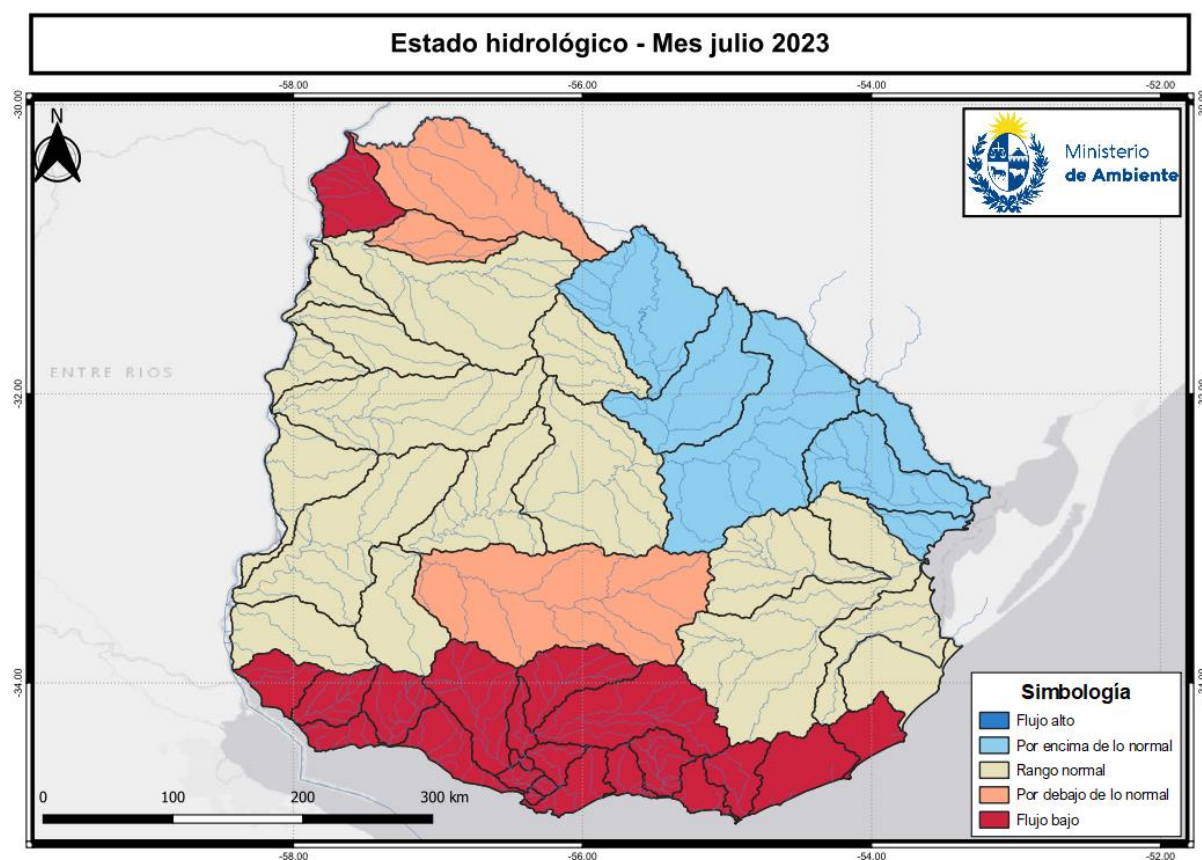


Figura 8. Categoría del estado hidrológico correspondiente al mes de julio de 2023 para cuencas hidrográficas nivel 2.

¿Cuáles son las previsiones hidrológicas?

Existen diversas metodologías para poder realizar un pronóstico hidrológico a largo plazo, una de ellas es la predicción por ensambles de caudales (ESP, por sus siglas en inglés) que permite generar diversos pronósticos hidrológicos usando datos históricos de años anteriores y simularlos al futuro, asumiendo que cada año pasado tiene una probabilidad igual de ocurrir. Utilizando el modelo de balance hídrico, los estados hidrológicos actuales y los datos de precipitación histórico se realizó un pronóstico a largo plazo en la cuenca del río Santa Lucía hasta Paso Pache (código de cuenca 60) y la cuenca del río San José (código de cuenca 65).

La Figura 9 y Tabla 2 presenta el pronóstico hidrológico basado en caudales simulado de clima histórico para los próximos meses en la **subcuenca del Santa Lucía hasta Paso Pache (código de cuenca 60)** en donde los resultados de pronóstico hidrológico se presentan en percentiles 10, 25, 50, 75 y 90. La Figura 10 presenta el porcentaje de miembros del pronóstico según las categorías de flujo bajo, normal y alto. A partir de estos resultados, se observa que la previsión para el mes de **agosto es que existe una alta probabilidad de mantenerse los flujos bajos** (Figura 10-a), **manteniéndose esta condición para los próximos 2 meses** (Figura 10-b). Para los **siguientes 3 meses** (octubre) las previsiones de mantenerse los flujos bajos y medios

tienen la misma probabilidad y alguna posibilidad de tener condiciones de flujos altos en la cuenca (Figura 9 y 10-c).

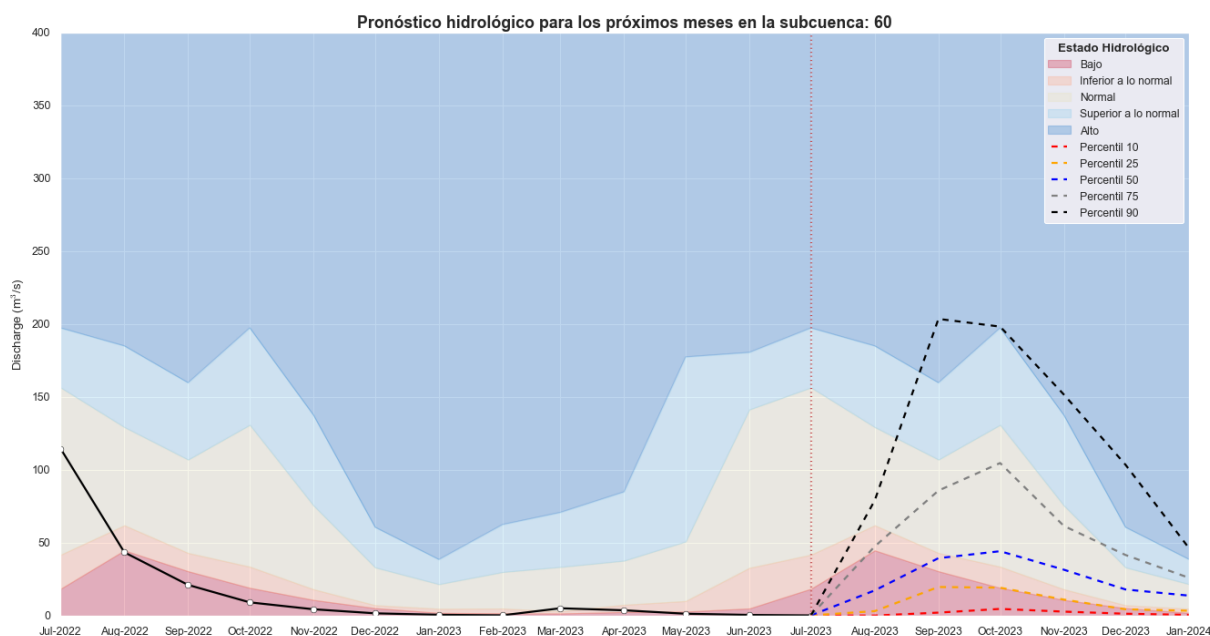


Figura 9. Pronóstico hidrológico para los próximos meses en la subcuenca río Santa Lucía hasta Paso Pache (código de cuenca 60).

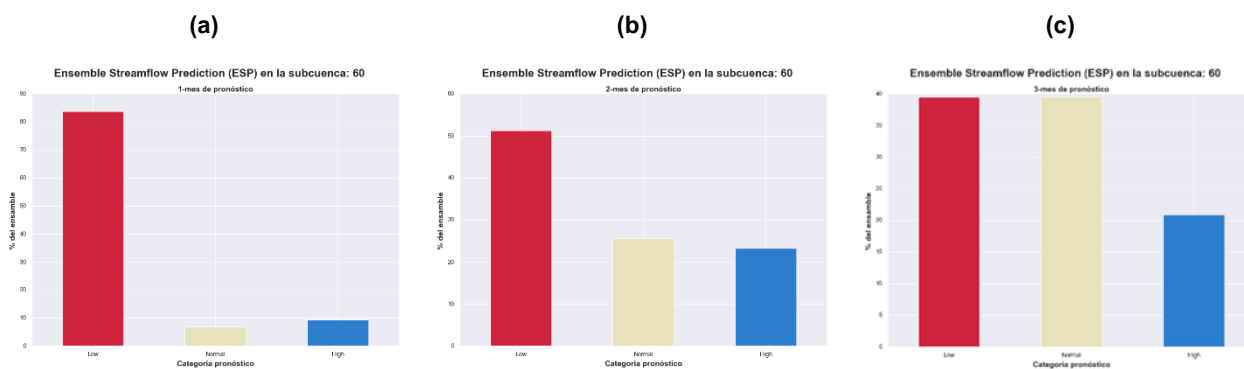


Figura 10. Pronóstico hidrológico de 1 mes (a) 2 meses (b) y 3 meses (c) en la subcuenca río Santa Lucía (código de cuencas 60).

Tabla 2. Pronóstico hidrológico para los próximos meses en la subcuenca río Santa Lucía hasta Paso Pache (código de cuencas 60).

Fecha	Caudales pronosticados (m³/s) y su respectivo percentil				
	10	25	50	75	90
Ago-2023	0,08	3,11	17,30	47,50	79,00
Set-2023	2,09	19,70	39,40	85,80	203,60
Oct-2023	4,62	19,20	44,20	104,70	198,30

La Figura 11 y Tabla 3 presenta el pronóstico hidrológico basado en caudales simulado de clima histórico en la **subcuenca del río San José (código de cuenca 65)** en donde los resultados de pronóstico hidrológico se presentan en percentiles 10, 25, 50, 75 y 90. La Figura 12 presenta el porcentaje de miembros del pronóstico según las categorías de flujo bajo, normal y alto. A partir de estos resultados, se observa que la previsión para el mes de **agosto** es **que existe una alta probabilidad de mantenerse los flujos bajos** (Figura 11 y 12-a), **manteniéndose esta condición para los próximos 2 meses** (Figura 11 y 12-b). Para los **siguientes 3 meses** (octubre) las previsiones de mantenerse los flujos bajos y medios tienen la misma probabilidad, pero existe alguna posibilidad de tener condiciones de flujos altos en la cuenca (Figura 11 y 12-c).

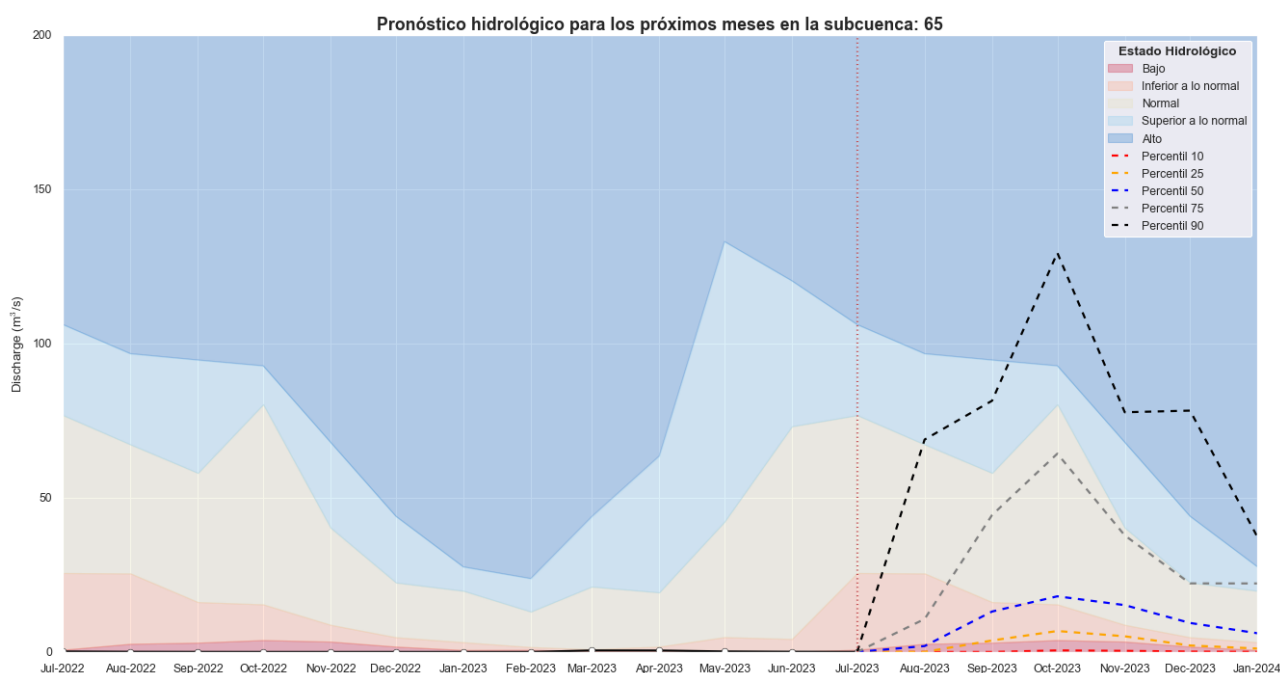


Figura 11. Pronóstico hidrológico para los próximos meses en la subcuenca río San José (código de cuencas 65).

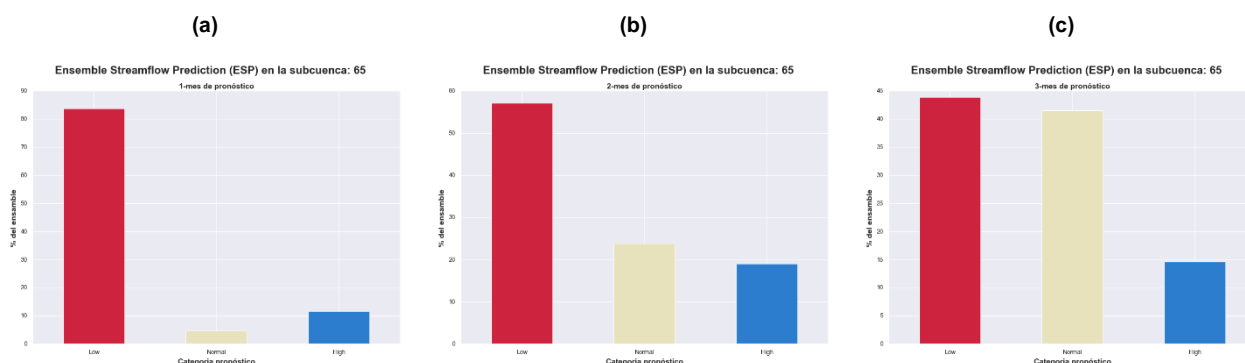


Figura 12. Pronóstico hidrológico de 1 mes (a) 2 meses (b) y 3 meses (c) en la subcuenca río San José (código de cuencas 65).

Tabla 3. Pronóstico hidrológico para los próximos meses en la subcuenca río San José (código de cuencas 65).

Fecha	Caudales pronosticados (m³/s) y su respectivo percentil				
	10	25	50	75	90
Ago-2023	0,01	0,03	1,92	10,69	68,86
Set-2023	0,01	3,74	13,12	44,40	81,44
Oct-2023	0,51	6,80	18,05	64,29	129,38

Todo lo anterior está sujeto a que en los próximos meses se tengan condiciones pluviométricas favorables, es decir, **que lluvia registrada esté dentro de los rangos normales de la época en los siguientes meses**; dado a que la condición hidrológica actual es bastante deficitaria y **se deben de volver a llenar los almacenamientos superficiales y subterráneos**.

Escenarios de precipitaciones años húmedos y secos

El [boletín de tendencia climáticas agosto – setiembre – octubre 2023](#) que elabora el INUMET detalla que la cuenca del río Santa Lucía se prevé una condición de climatología, es decir, igual probabilidad que el registro del trimestre se encuentre en tercil inferior, medio o superior. En este sentido se elaboró diferentes escenarios considerando años históricos secos, húmedos y asumiendo condiciones normales de precipitación

Para un escenario desfavorable en términos de lluvias por debajo de lo normal, se tomaron los valores de precipitación y evapotranspiración histórica (1980-2022) de los **5 años más secos** del periodo **agosto – enero**. Estos años secos analizados fueron: 1988, 1989, 2008, 2021 y 2022. De igual forma, se considera el análisis con los **5 años más húmedo**, los cuales estos fueron: 1986, 1993, 2003, 2012 y 2014.

Para la **cuenca del río Santa Lucía hasta Paso Pache (código 60)**, en la Figura 13 se observa que, para el escenario de los **5 años más secos** del registro, predominarían las condiciones entre los **rangos de flujo bajo y por debajo de lo normal**. En cambio, considerando los **5 años más húmedos** (ver la Figura 14), a partir del mes de setiembre predominarían las condiciones de **flujo normales y superior a lo normal**.



Para la **cuenca del río San José (código 65)**, en la Figura 15 se observa que, para el escenario de los **5 años más secos** del registro, predominarían las condiciones entre los **rangos de flujo bajo**. En cambio, considerando los **5 años más húmedos** (ver la Figura 16), a partir del mes de setiembre predominarían las condiciones de **flujo superior a lo normal y alto**.

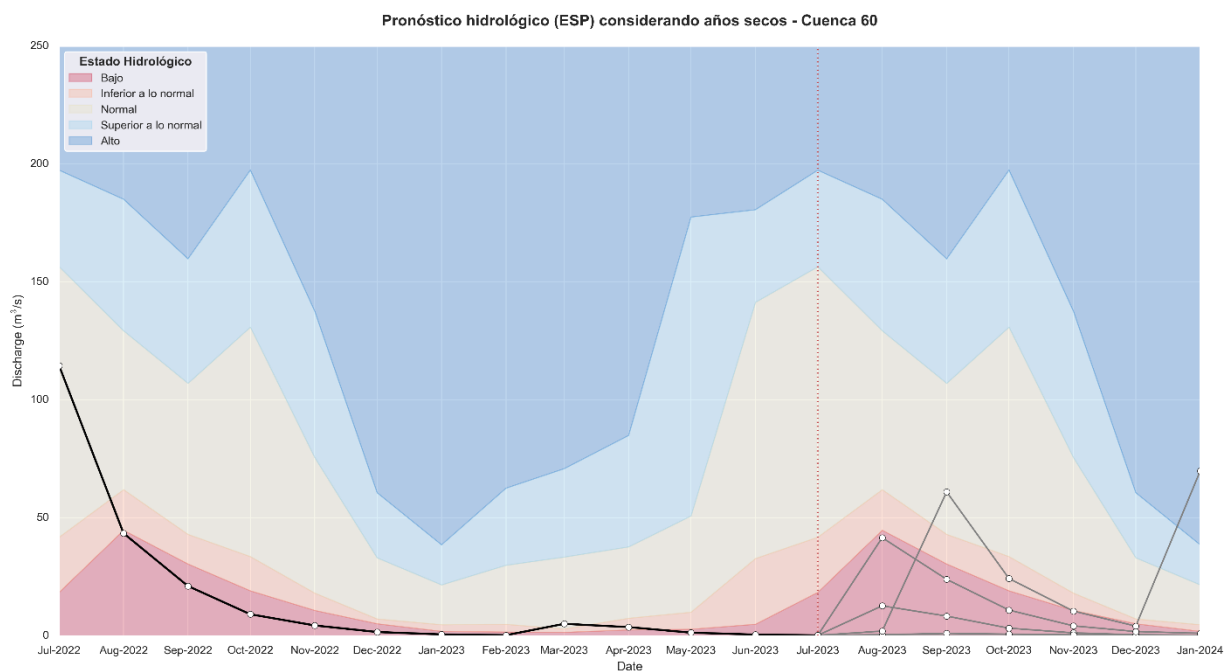


Figura 13. Pronóstico estacional en la subcuenca de río Santa Lucía hasta Paso Pache (código de cuencas 60) considerando los 5 años más secos del periodo histórico 1980-2022.

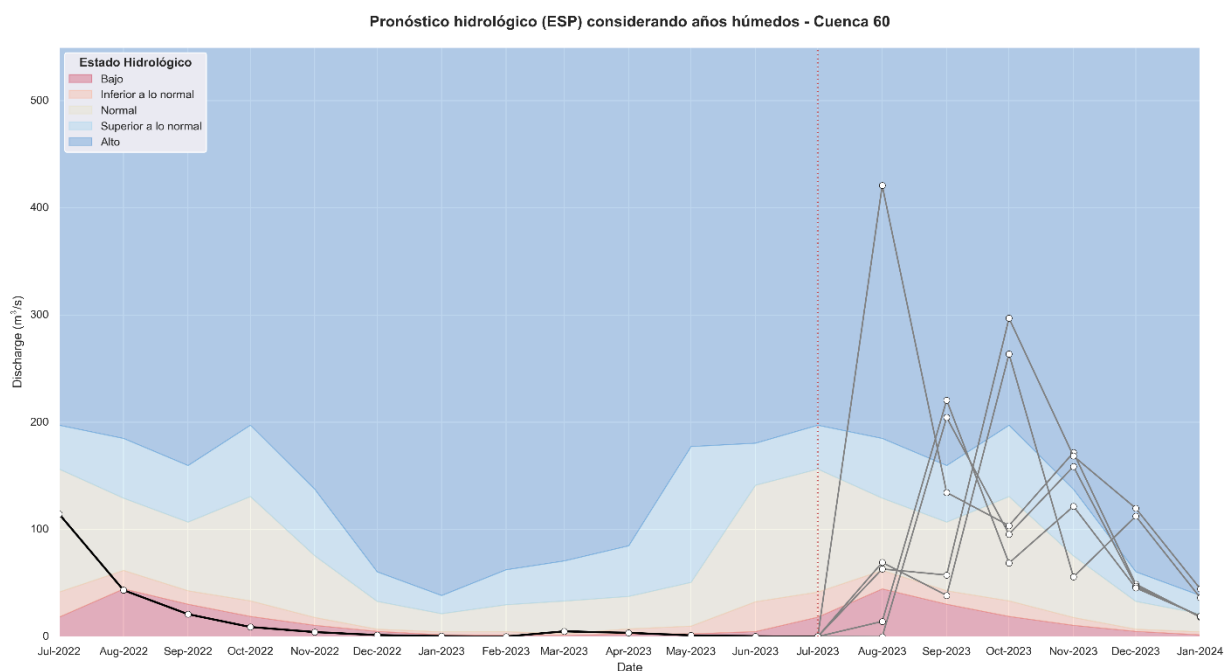


Figura 14. Pronóstico estacional en la subcuenca de río Santa Lucía hasta Paso Pache (código de cuencas 60) considerando los 5 años más húmedo del periodo histórico 1980-2022.

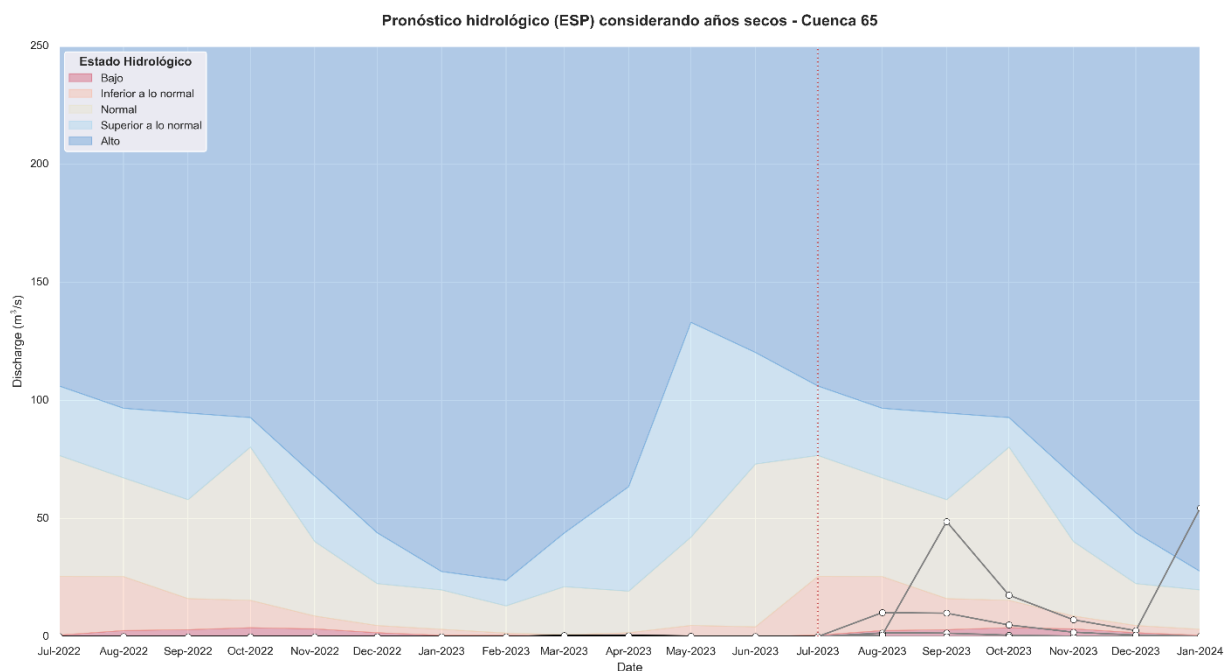


Figura 15. Pronóstico estacional en la subcuenca de río San José (código de cuencas 65) considerando los 5 años más secos del periodo histórico 1980-2022.

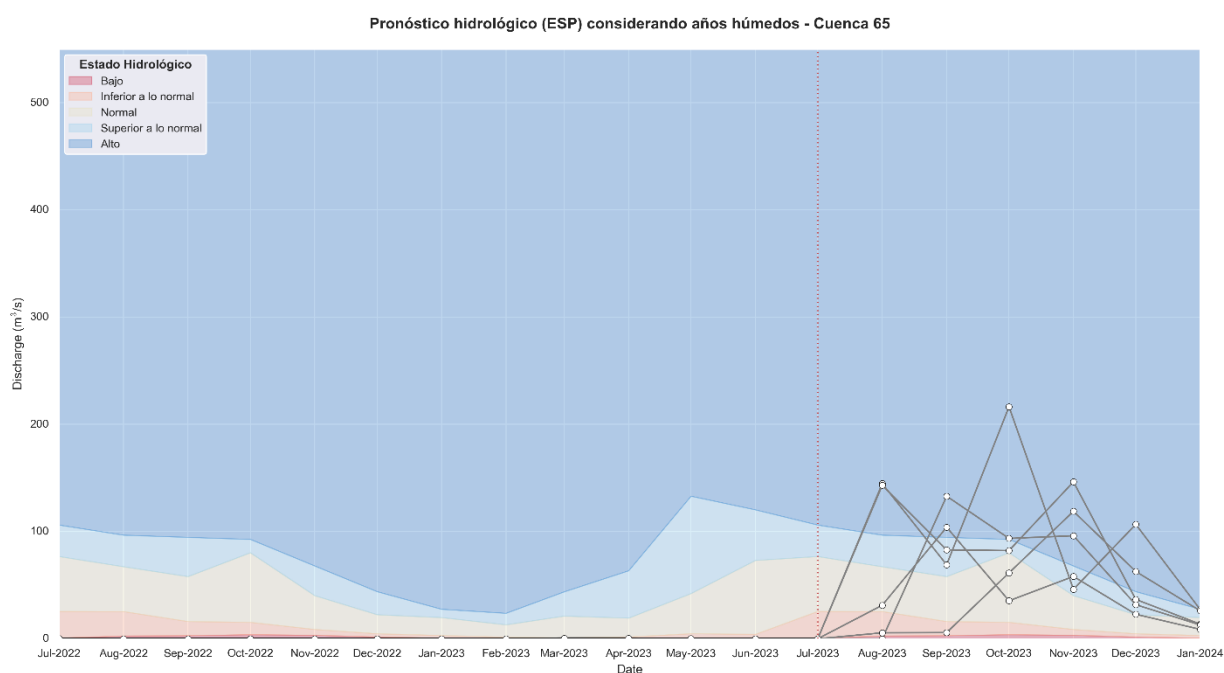


Figura 16. Pronóstico estacional en la subcuenca de río San José (código de cuencas 65) considerando los 5 años más húmedo del periodo histórico 1980-2022.

Escenarios de precipitaciones en porcentajes respecto al normal

Tomando los valores de precipitación histórica del periodo de referencia (1981-2010) se consideran 2 escenarios de precipitación para los próximos 6 meses (ver Tabla 4), en base a porcentajes respecto del promedio del acumulado mensual en cuencas hidrográficas. La evapotranspiración mensual se consideró en valores normales de acuerdo con el periodo de referencia.

Tabla 4. Escenarios supuestos de precipitación en porcentaje respecto al normal.

Escenarios	Escenarios supuestos de precipitación					
	Ago-2023	Set-2023	Oct-2023	Nov-2023	Dic-2023	Ene-2024
Escenario 1	-50% normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Escenario 2	-75% normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Según se muestra en la Figura 17, los resultados obtenidos indican que para la **cuenca del río Santa Lucía hasta Paso Pache (código 60)**, hasta el **mes de setiembre** se observa una condición de **flujo bajo o por debajo de lo normal en los dos** escenarios. A partir del **mes de octubre**, se observa una **recuperación de los caudales con una a una condición de flujo normal**.

Para la **cuenca del río San José (código 65)**, hasta el **mes de setiembre** se observa una condición de **flujo bajo** para los escenarios considerados, como se muestra en la Figura 18. En el **mes de octubre** se observa una condición de **flujo por debajo de lo normal**.

En ambas cuencas las condiciones de flujo podrían normalizarse en el trimestre octubre–noviembre–diciembre; sin embargo, existe incertidumbre asociada al pronóstico a tan largo plazo, y se debe continuar la vigilancia hidrológica en el próximo trimestre.

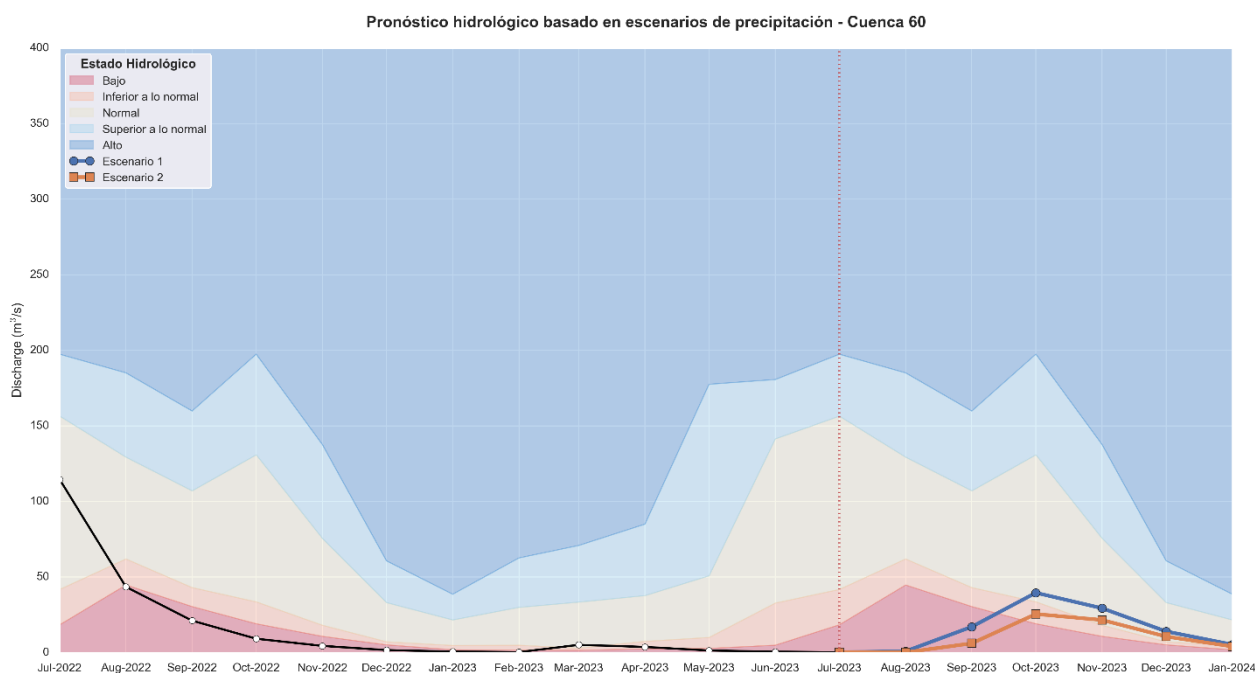


Figura 17. Pronóstico estacional agosto – enero en la subcuenca de río Santa Lucía hasta Paso Pache (código de cuencas 60) considerando escenarios de precipitación.

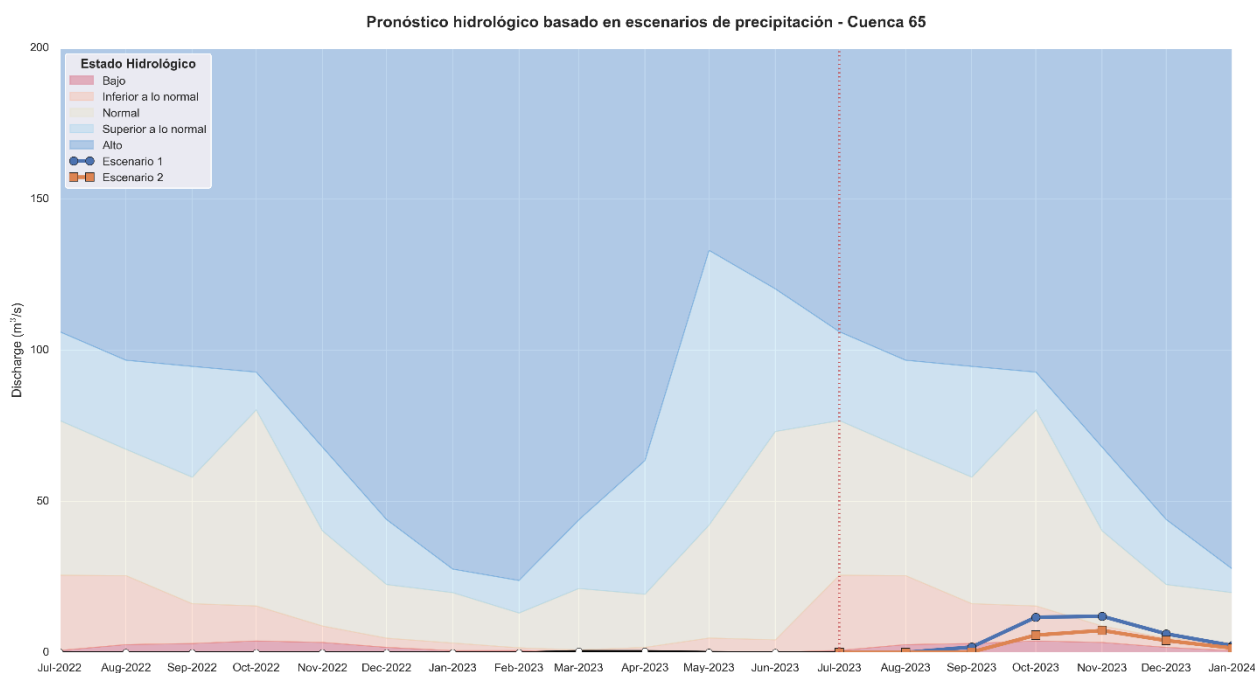


Figura 18. Pronóstico estacional agosto – enero en la subcuenca de río San José (código de cuencas 65) considerando escenarios de precipitación.

Glosario

Anomalía: diferencia entre el valor medio mensual de una variable hidrometeorológica y el valor considerado como normal o de referencia de la misma variable seleccionada.

Cuencas hidrográficas nivel 2: área o región geográfica cuyas aguas drenan a un mismo cuerpo de agua (ríos, arroyo, lago). En Uruguay se utiliza una codificación de las subcuencas hidrográficas en la que el nivel 2 representa una delimitación básica utilizada para la gestión y monitoreo de los recursos hídricos.

Escorrentía superficial: es la lámina de agua que escurre sobre la superficie y llega hasta la red de drenaje (ríos, arroyos).

Percentil: es un concepto estadístico que divide un conjunto de datos en 100 partes iguales, donde cada parte representa un porcentaje específico de los valores. Es útil para analizar la distribución de los datos y comprender qué porcentaje de los valores se encuentran por encima o por debajo de un determinado umbral.

Índice Estandarizado de Caudales (SDI): es una medida utilizada para evaluar y comparar el comportamiento de los caudales en relación con su promedio histórico. Se calcula dividiendo la diferencia entre el caudal observado y el promedio por la desviación estándar de los caudales. Este índice permite identificar eventos de caudales anómalos, ya sean extremadamente altos o bajos, y proporciona información sobre la variabilidad de los caudales en comparación con las condiciones normales.

Índice Estandarizado de Precipitación (SPI): es similar al SDI, pero para la variable precipitación. El SPI permite identificar eventos de precipitación anómalos, como las sequías.