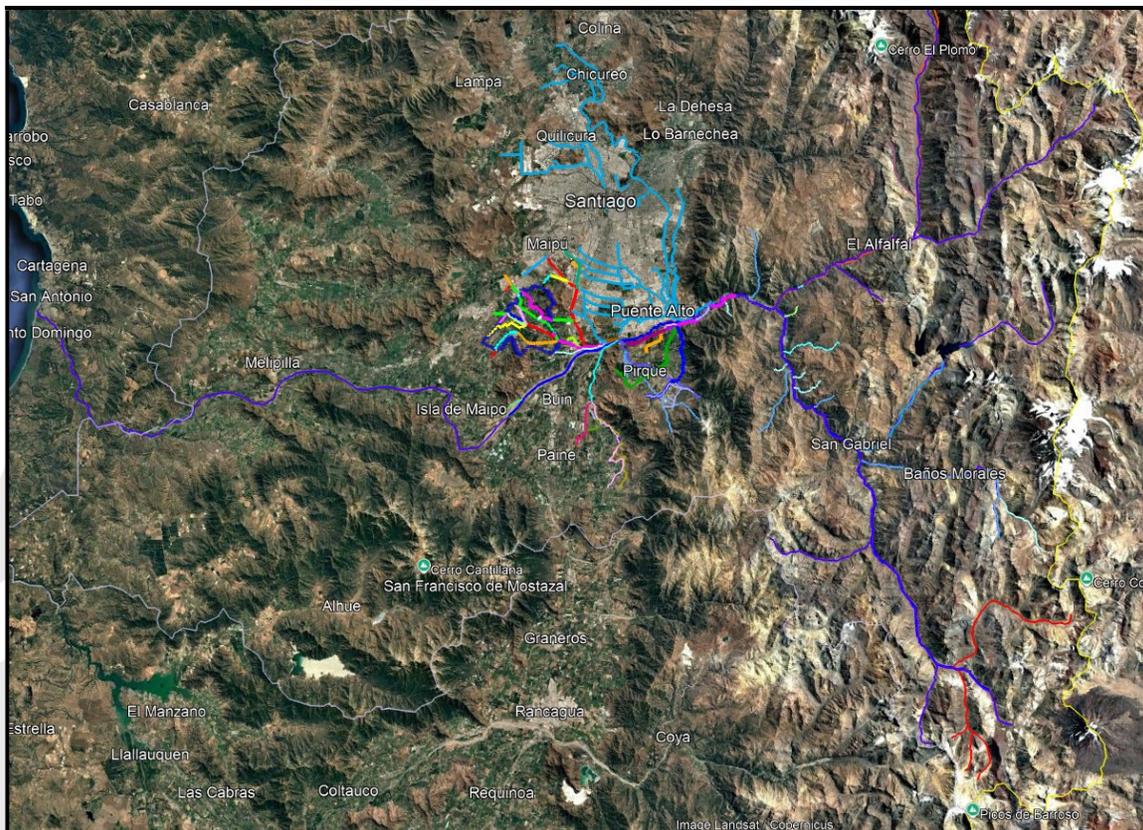


PRONÓSTICO ESCORRENTÍA DESHIELO RÍOS MAIPO Y YESO TEMPORADA 2025-2026

MODELO DE PRONÓSTICO Y RESULTADOS



Versión	Fecha	Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
-	-	-	-	-
2	Sep 2025	 José Manuel Córdova Ponce Gerente Técnico	 Ernesto Veres Jordá Juez de Río	 Ernesto Veres Jordá Juez de Río
1	Sep 2025	 José Manuel Córdova Ponce Gerente Técnico	 Ernesto Veres Jordá Juez de Río	 Ernesto Veres Jordá Juez de Río



TABLA DE CONTENIDO.

INFORME

1. RESUMEN EJECUTIVO
2. INTRODUCCION
3. INFORMACION DISPONIBLE
 - 3.1. Área de interés
 - 3.2. Series de precipitaciones
 - 3.3. Precipitación sólida
 - 3.4. Previsiones climática globales
4. MODELO
 - 4.1. Data utilizada (series de tiempo)
 - 4.2. Calibración del modelo
 - 4.3. Ajuste del modelo hidrológico
5. RESULTADOS
 - 5.1. Volumen de escorrentía de deshielo
 - 5.2. Distribución mensual de la escorrentía: caudales medios mensuales
 - 5.3. Comparación con otros pronósticos disponibles

ANEXOS

1. DESCRIPCION DEL MODELO
 - 1.1. Metodología
 - 1.2. Parámetros y modelo matemático lineal
2. SERIES DE PRECIPITACIONES
 - 1.1 Lluvia en La Obra
 - 1.2 Lluvia en Quinta Normal
3. SERIES DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES
 - 3.1. Río Maipo en La Obra sin regulación (JVRM)
 - 3.2. Río Yeso
 - 3.3. Río Maipo en El Manzano
4. RELACIONES ENTRE ESCORRENTÍAS
 - 4.1. Río Maipo
 - 4.2. Río Yeso

INFORME

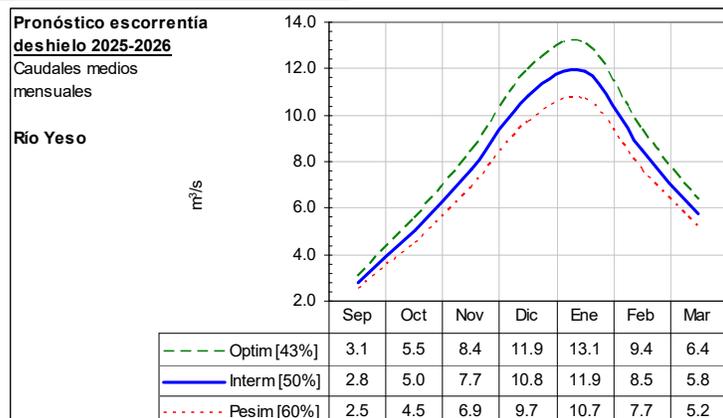
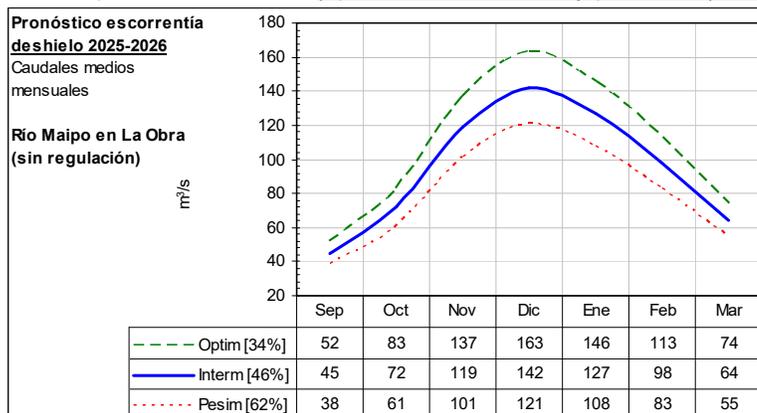


PRONOSTICO DE DESHIELO TEMPORADA 2025-2026 INFORME Y RESULTADOS

1. RESUMEN EJECUTIVO

Como es habitual para esta época del año, la Junta presenta su pronóstico de escorrentía de deshielo superficial para esta temporada 2025-2026.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de un modelo hidrológico de base matemática que relaciona la precipitación, con el volumen de escorrentía superficial para la temporada que va de septiembre a marzo. Para ello se consideró la lluvia del invierno de este año (hasta el mes de agosto) y también la influencia de la precipitación del año anterior, de modo de incorporar el efecto de regulación interanual de la cordillera de Los Andes. Los resultados obtenidos para los ríos Maipo y Yeso, para 3 escenarios (optimista, intermedio y pesimista), son:



2. INTRODUCCION

El presente informe da cuenta del procedimiento seguido para estimar los caudales de deshielo, a nivel de promedios mensuales, esperables en la temporada que va desde septiembre de 2025 a marzo de 2026, tanto para el río Maipo a la altura del sector de La Obra, como para el río Yeso como aporte al embalse del mismo nombre.

El volumen de escorrentía se obtuvo mediante el uso de modelos matemáticos, calibrados a partir de información disponible, consistente esencialmente en las precipitaciones registradas en La Obra. Junto con eso se tuvo en cuenta información histórica relativa a los volúmenes de escorrentía medios en cada temporada de deshielo y su distribución mensual, con lo que se obtiene un pronóstico en términos de caudales medios mensuales.

3. INFORMACIÓN DISPONIBLE

Se contó con las siguientes series de tiempo, algunas de ellas de larga data:

- Lluvias mensuales en La Obra entre 1969 y 2025;
- Caudales medios mensuales en La Obra entre 1912 y 2025 (caudales sin regulación);
- Caudales medios mensuales en el río Yeso que acceden al embalse El Yeso, entre 1952 y 2025;
- Lluvias mensuales en Quinta Normal entre 1967 y 2025, obtenidas de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC);
- Caudales medios mensuales de la serie "Maipo en El Manzano", obtenidos de la Dirección General de Aguas;

Para efectos de la elaboración del pronóstico se trabajó con los datos de los últimos 30 años.



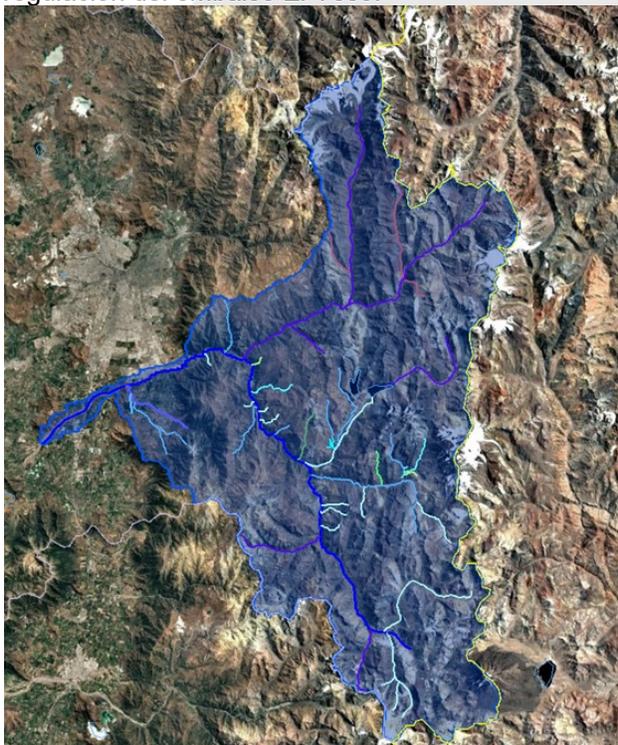
También se contó con valores de referencia de pronósticos elaborados por terceros, que resultan útiles para efectos de comparación, obtenidos de:

- Pronóstico obtenido en base al modelo TU;
- Pronóstico de caudales de deshielo entre los meses de octubre de 2025 y marzo de 2026, elaborado por encargo del Coordinador Eléctrico Nacional (CEN).¹

3.1. Área de interés.

La Junta de Vigilancia del río Maipo, Primera Sección, tiene bajo su jurisdicción la distribución de las aguas de este río entre el límite con Argentina, en la alta cordillera y el puente del ferrocarril “Paine-Talagante” que pasa sobre el cauce del río Maipo.

Los resultados que se presenta a continuación se refieren a la escorrentía que se prevé para el río Maipo a la altura del sector de La Obra y considerando la producción natural de la cuenca, es decir, sin la regulación del embalse El Yeso.



Área Primera Sección Río Maipo
5.524 k2



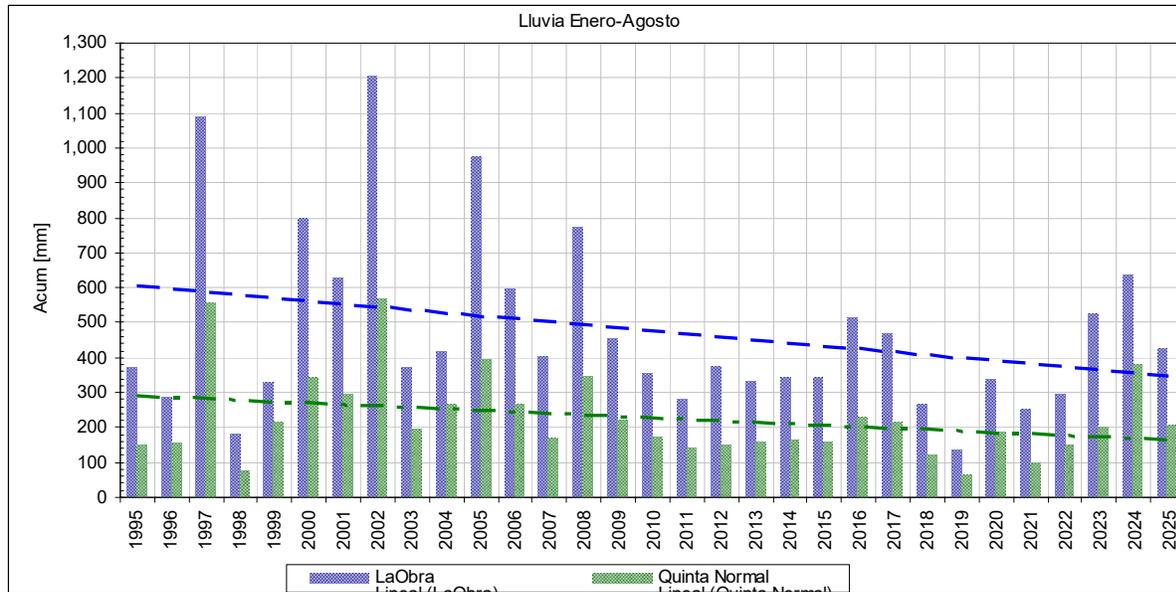
Área aportante al sector de La Obra
4.983 km2

¹ Para su planificación el CEN hace pronósticos de deshielo que actualiza de forma permanente, pero sólo para las bocatomas de las centrales hidroeléctricas de mayor tamaño. En el caso del Maipo, lo hace sólo para las centrales de AES Andes y Alto Maipo SpA, por lo que sus estimaciones se limitan a las bocatomas ubicadas en algunas subcuencas de los ríos Colorado, Yeso y Volcán.



3.2. Series de precipitaciones

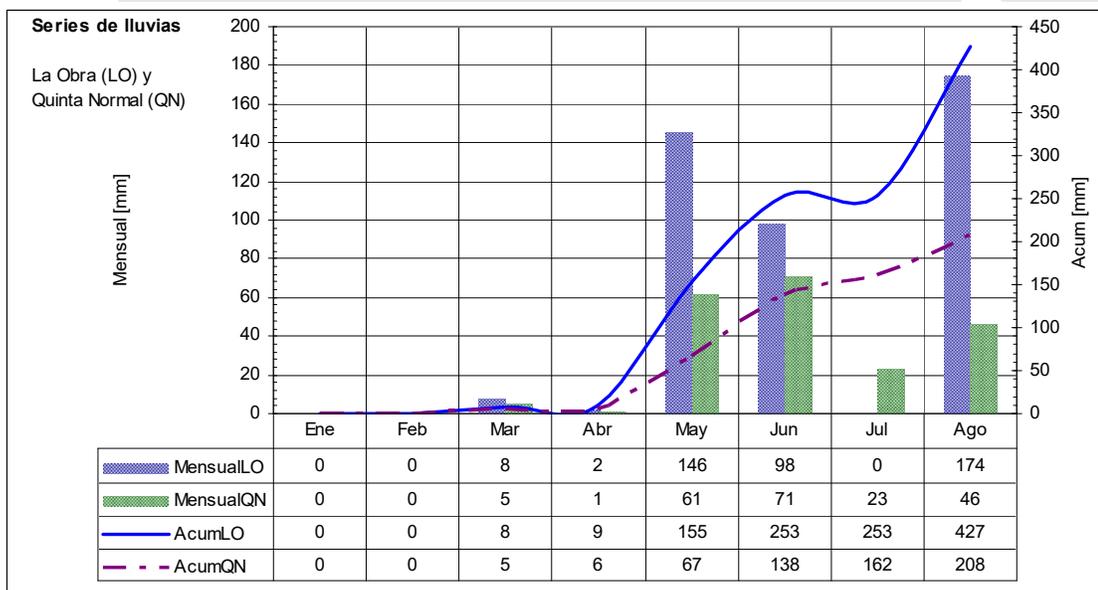
La lluvia anual en La Obra y en Quinta Normal, para los últimos 30 años, se muestra en el siguiente gráfico:



La lluvia acumulada a agosto, medidas tanto en La Obra como en Quinta Normal, se indica a continuación:

Estación	Fuente	Lluvia acum. enero-agosto ² [mm]	Prob _{exc} n=30 años [%]
La Obra	JVRM	427	41%
Quinta Normal	DGAC	208	43%

La Obra / Quinta Normal = 2,1



Donde:

MensualLQ [mm]: lluvia mensual registrada en La Obra.

MensualQN [mm]: lluvia mensual registrada en Quinta Normal.

AcumLO [mm]: lluvia acumulada registrada en La Obra.

AcumQN[mm]: lluvia acumulada registrada en Quinta Normal.

² Lluvia acumulada a agosto.



3.3. Precipitación sólida (nieve).

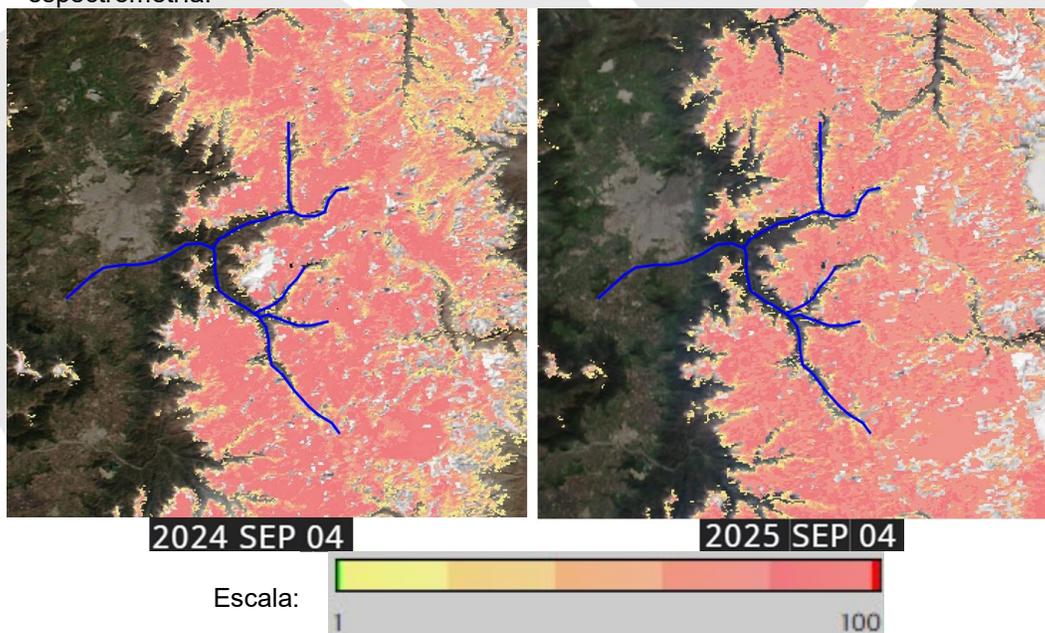
Se contó con información de precipitación sólida obtenida de equipos ubicados en cordillera (nivómetros), correspondientes a:

Estación nivométrica	Fuente	Código BNA	Subcuenca	Altitud msnm
Las Melosas Ruta de nieve FPP	DGA	05701010	Río Maipo Alto	3.320
Las Hualtatas	DGA	05701011	Río Maipo Alto	2.016
Volcán Maipo	JVRM	-	Río Maipo Alto	3.400

El siguiente cuadro resume el estado de la nieve al inicio del mes de septiembre:

Estación nivométrica	Al 01 Sep	Altura bruta cm	SWE mm	Densidad kg/m ³
Las Melosas Ruta de nieve FPP	2024	272	945	347
	2025	194	563	290
Las Hualtatas	2024	29	56	191
	2025	0	0	0
Volcán Maipo	2024	221	725	333
	2025	180	103	58

Las siguientes imágenes satelitales³ muestran comparativamente la cobertura nival en la cordillera de Los Andes frente al área de drenaje que aporta al río Maipo, todo ello para inicio del mes de septiembre de los años 2024 y 2025, respectivamente. Sobre las imágenes se superpone en colores, el Índice Diferencial Normalizado de Nieve⁴ (NDSI) obtenido por espectrometría:



³ Fuente: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

⁴ Corresponde a la variación espacial de la cobertura nival. Da un indicio del grado de cobertura, pero no del espesor, ni de la densidad del manto nival.



3.4. Previsiones climáticas globales

De acuerdo con información obtenida de la Dirección Meteorológica de Chile, para el trimestre septiembre-noviembre de 2025, para la zona central de Chile se espera que presente temperaturas extremas (mínimas y máximas) fuera de los rangos normales, es decir, mínimas más bajas y máximas más altas de lo normal.

En cuanto al fenómeno climático Niño-Niña, el NOAA estima que la temperatura superficial del océano Pacífico en la Zona 3-4 se ubicará en el mes de septiembre cerca de 0,3 °C por debajo de su promedio histórico, lo que tiene como consecuencia que sus modelos predictivos asignen una mayor probabilidad a la ocurrencia de una situación “Neutra-Niña” para el trimestre SON y lo mismo para los meses posteriores.

4. MODELO

La herramienta utilizada en esta evaluación corresponde a un matemático-estadístico lineal no distribuido, construido a partir de correlaciones (regresiones lineales) entre variables hidrológicas.

El modelo relaciona la escorrentía de deshielo con un parámetro que se representa la lluvia en La Obra, tanto para el invierno del año en curso, como para la lluvia del año anterior, todo ello a partir de la siguiente expresión:

$$Pr = P_i^{EneAgo} + K \cdot P_{i-1}^{Anual}$$

Donde:

Pr [mm]: parámetro

P_i^{EneAgo} [mm]: lluvia entre enero y agosto del año en curso

K: coeficiente de regresión lineal

P_{i-1}^{EneAgo} [mm]: lluvia anual del año anterior

El primer ajuste consiste en maximizar la correlación entre la serie formada por los valores del parámetro “Pr”, con los volúmenes de escorrentía de cada año, variando para ello el valor del coeficiente “K”, que es el que indica el grado de incidencia de la regulación interanual de la cuenca.

En los puntos siguientes se mencionan las series de tiempo utilizadas, así como el grado de ajuste del modelo derivado de su calibración.

4.1. Data utilizada (series de tiempo)

Los datos ingresados al modelo provienen de registros de precipitaciones y de escorrentía, ambos medidos en La Obra. También, para efectos comparativos y para proyecciones de escorrentía en el río Yeso, se tuvieron en cuenta las lluvias en la estación meteorológica de Quinta normal y la escorrentía que accedió al embalse El Yeso. A continuación se menciona cada una de estas series, indicando la fuente de obtención de datos y su extensión. Cabe hacer presente, eso sí, que el pronóstico utilizó únicamente los datos de los últimos 30 años.

· Precipitación:

Serie	n_{total} [años]	Fuente
La Obra	57	JVRM
Quinta Normal	57	DMC

· Caudales medios mensuales:

Serie	n_{total} [años]	Fuente
Río Maipo en La Obra	113	JVRM
Río Yeso	73	JVRM

En anexos se acompaña los valores mensuales de cada una de las series mencionadas.



4.2. Calibración del modelo

La calibración del coeficiente “K” se logra mediante iteraciones que maximicen valor del estadígrafo R^2 (coeficiente de determinación⁵) de la regresión lineal entre el parámetro “Pr” y el volumen de escorrentía de deshielo. En este caso los valores obtenidos fueron:

Serie fluviométrica	P_i mm	P_{i-1} mm	K	Pr	R^2
Río Maipo en La Obra	427	672	0,136	518	0,85

Los valores de los coeficientes “m” e “ y_0 ” permiten obtener el pronóstico de escorrentía, a partir del valor del parámetro “Pr”, según la siguiente expresión:

$$V_{\text{Sep-Mar}} = m \cdot Pr + y_0$$

Donde:

$V_{\text{Sep-Mar}}$ [hm^3]: lluvia entre enero y agosto del año en curso

m: pendiente de la recta de regresión

Pr [mm]: parámetro

y_0 : ordenada al origen de la recta de regresión

4.3. Ajuste del modelo hidrológico

Para evaluar la calidad del ajuste del modelo se calcularon los siguientes estadígrafos:

- R^2 : coeficiente de determinación
- NSE: índice Nash-Sutcliffe Efficiency⁶
- NRMSE: error cuadrático medio normalizado⁷

Para cada uno de estos índices se consideraron las siguientes escalas de ajuste:

Ajuste	R^2	NSE	NRMSE
MB: muy bueno	$0,75 < R^2 \leq 1,0$	$0,75 < NSE \leq 1,0$	$0,0 \leq NRMSE \leq 0,5$
B: bueno	$0,5 < R^2 \leq 0,75$	$0,65 < NSE \leq 0,75$	$0,5 < NRMSE \leq 0,6$
S: satisfactorio	-	$0,5 < NSE \leq 0,65$	$0,6 < NRMSE \leq 0,7$
D: deficiente	$R^2 \leq 0,5$	$NSE \leq 0,5$	$NRMSE > 0,7$

El ajuste efectuado al modelo y los resultados que con él se obtienen permiten calcular los siguientes coeficientes:

Modelo	R^2	NSE	NRMSE
Pr vs $V_{\text{Sep-Mar}}$	0,85	0,85	0,39
Ajuste	MB	MB	MB

⁵ “ R^2 ”: coeficiente de determinación, que corresponde al cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson (para una regresión lineal simple).

⁶ NSE: coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe, que compara la magnitud de la varianza de los errores del modelo, con la varianza de los datos observados. Indica cuánto mejor es la predicción del modelo, en comparación con simplemente usar el promedio de los datos observados.

⁷ NRMSE: error cuadrático medio normalizado (NRMSE), que corresponde a una versión del RMSE “normalizado”, al dividirlo por la desviación estándar de los datos observados y obtener así un valor sin unidades, lo que permite comparar el rendimiento de diferentes modelos o en diferentes cuencas.



5. RESULTADOS.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del modelo, así como de la calidad de su ajuste.

5.1. Volumen de escorrentía de deshielo

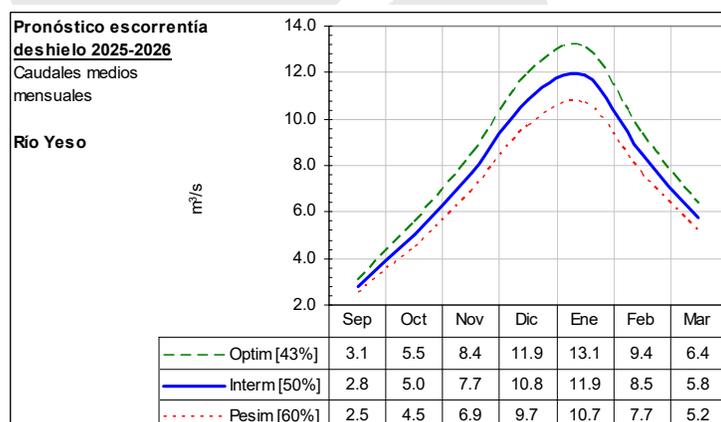
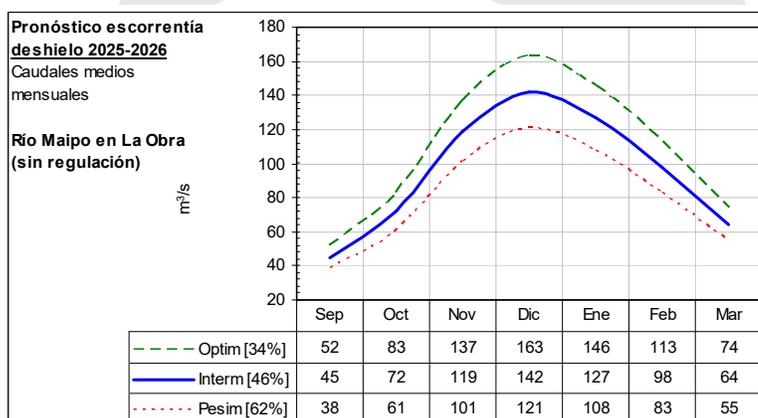
Con el modelo hidrológico descrito se obtuvo una escorrentía de deshielo para el río Maipo en La Obra. A partir de este valor se estimó la escorrentía para el río Yeso, usando para ello la relación entre la escorrentía de ambos⁸. Los resultados así obtenidos fueron:

Subcuenca	V _{deshielo} [hm ³]	Prob. exc. [%]
Río Maipo en La Obra	1.746	46%
Río Yeso	138	50%

La relación porcentual entre las escorrentías de los ríos Yeso y Maipo es:
Yeso/Maipo = 8%

5.2. Distribución mensual de la escorrentía: caudales medios mensuales

Con el fin de contar con una idea de los caudales medios mensuales para los meses entre septiembre y marzo, se hizo una distribución mensual de los volúmenes de escorrentía indicados más arriba, según se muestra en los siguientes gráficos:



Los gráficos precedentes muestran, tanto para el río Maipo, como para el río Yeso, los hidrogramas obtenidos del pronóstico para 3 escenarios: uno optimista, uno intermedio y uno pesimista, cada uno de ellos asociado a la probabilidad de excedencia señalada en los gráficos.

No se debe olvidar que si durante la próxima temporada de deshielo se presentan nublados de cordillera con relativa frecuencia, esto afectará al deshielo y con ello, a los caudales disponibles en el río.

Con los valores del escenario intermedio para la serie "Maipo en La Obra sin regulación", se calculó la dotación (equivalencia en l/s-acción) para las 8.105,632 acciones consideradas actualmente en el reparto en La Obra:

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
m ³ /s	45	72	119	142	127	98	64
l/s-acc	5.5	8.9	14.6	17.5	15.6	12.1	8.0

⁸ En anexos se presenta el detalle de esta relación.



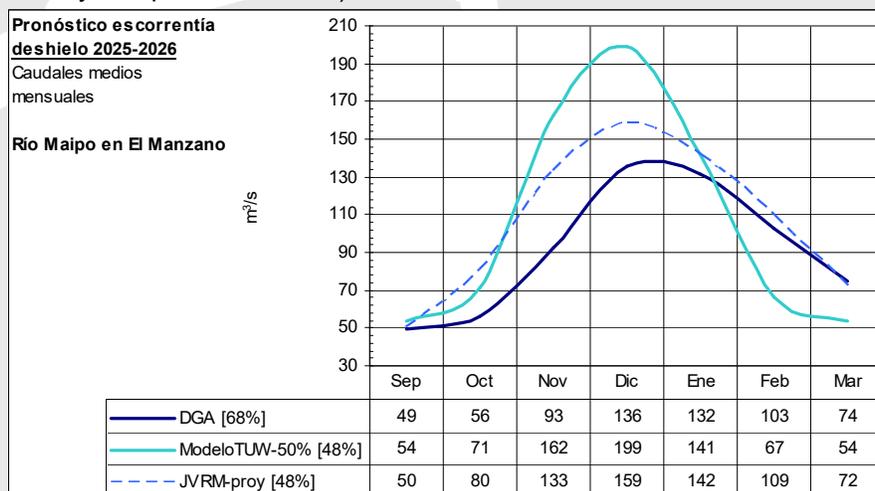
5.3. Comparación con otros pronósticos disponibles

Un modelo hidrológico de base física o matemática, no es más que una representación simplificada de un sistema real complejo. Se trata de herramientas sujetas a limitaciones y sus resultados pueden presentar desviaciones respecto de lo observado en el sistema real. Por esta razón, contar con pronósticos elaborados por distintas metodologías resulta de gran utilidad.

Para efectos de comparación se tuvo a la vista pronósticos de escorrentía para los ríos “Maipo en El Manzano” (DGA y modelo TUW) y “eso” (publicado por el Coordinador Eléctrico Nacional⁹). Para efectos de comparación se hizo una proyección hacia “El Manzano”, de los resultados obtenidos por la Junta para “La Obra”¹⁰. El cuadro a continuación presenta los volúmenes de escorrentía obtenidos de cada modelo:

Río	Fuente	Período	Vol. deshielo [hm ³]	Prob. exc. [%]
Maipo en El Manzano	DGA	Sep-Mar	1.682	68%
	Modelo TUW	Sep-Mar	1.969	48%
	JVRM ¹¹	Sep-Mar	1.957	48%
Río Yeso	CEN	Oct-Mar	90	92% ¹²
	JVRM	Sep-Mar	138	48%

A continuación se presentan dos gráficos comparativos de pronósticos (uno para “Maipo en El Manzano” y otro para “Río Yeso”), a nivel de caudales medios mensuales:

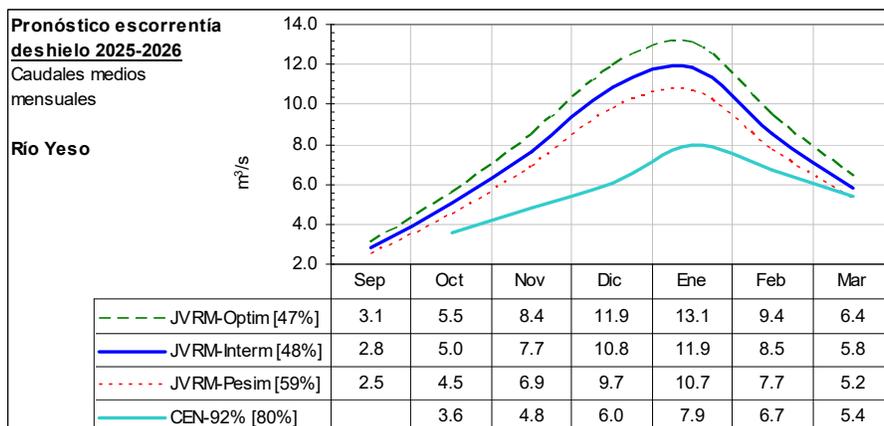


⁹ Pronóstico elaborado por la consultora Conic-BF para el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN).

¹⁰ En anexos se presenta la metodología usada para proyectar la escorrentía del río Maipo desde La Obra, hacia El Manzano.

¹¹ Obtenido por proyección a El Manzano, del pronóstico elaborado por la Junta para La Obra.

¹² El CEN asigna a su pronóstico una probabilidad de excedencia de un 92%. Sin embargo, al recalcular esta a partir de las series que obran en poder de la Junta se obtiene un valor de 80%.



Para el río Maipo en El Manzano la DGA prevé una condición mucho más crítica que los restantes análisis¹³ Algo similar ocurre con el río Yeso, donde el CEN¹⁴ estima una escorrentía mucho menor que la obtenida por la Junta, incluso en su escenario pesimista.

¹³ Probabilidad de excedencia pronóstico:
DGA = 68%
Modelo TUW = 48%

¹⁴ El CEN asigna a su pronóstico una probabilidad de excedencia de un 92%. Sin embargo, al recalcular esta a partir de las series que obran en poder de la Junta se obtiene un valor de 80%.

ANEXOS



1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El pronóstico fue obtenido de un modelo matemático-estadístico lineal (no distribuido), elaborado a partir de correlaciones (regresiones lineales) entre variables hidrológicas. En este caso el modelo se construye a partir de relaciones entre la precipitación y la escorrentía de deshielo. Si bien esta última es el resultado de un complejo balance en el que participan múltiples parámetros físicos (como radiación solar, temperatura del aire, nubosidad, conductividad hidráulica del suelo, infiltración, velocidad e intensidad de vientos, evaporación, evapotranspiración, entre otros), una de las variables más incidentes en ella y que ha mostrado tener una buena correlación con el volumen de deshielo, resulta ser la precipitación.

1.1. Metodología

Como se comentó, el modelo se orienta a encontrar una relación entre la lluvia acumulada hasta casi finalizado el invierno y la escorrentía de deshielo para los meses posteriores.

Debido a las características hidrológicas de la cuenca del río Maipo (régimen del tipo nivoglacial), que presenta una fuerte componente de aporte glacial y nival al deshielo, además de su gran superficie e importante altura en la cordillera, hacen posible que recursos que fueron almacenados en estado sólido en la parte alta de la cuenca durante inviernos anteriores, aporten al deshielo de años posteriores.

Con el fin de representar esta dependencia interanual se utilizó un parámetro auxiliar, compuesto por la suma de la lluvia hasta el mes de agosto del año en curso, más una proporción de la lluvia total del año anterior y se buscó la relación entre este parámetro auxiliar y el volumen de escorrentía de deshielo.

Por su parte y con el objeto de incorporar los cambios en el comportamiento hidrológico de la cuenca a lo largo del tiempo y también, en alguna medida, tomar en cuenta los efectos del Cambio Climático, se analizaron los datos de las series para los últimos 30 años de registro. Sin perjuicio de ello, también se hizo el análisis para la serie de precipitaciones completa (en toda su extensión).¹

Como se mencionó, hasta aquí la metodología entrega como resultado una estimación del volumen de escorrentía esperable, valor que luego debe ser distribuido mes a mes. Para ello se recurre a la estadística fluviométrica disponible, desde donde se seleccionan temporadas con escorrentías similares a la calculada. Luego se observa la distribución mensual del deshielo en esos años y se aplican esas distribuciones al volumen calculado.

En este punto cabe señalar que existen otros fenómenos climáticos que son difíciles de prever y que tienen gran impacto sobre la escorrentía de deshielo. Entre ellos se puede mencionar a los nublados de cordillera que, en algunas temporadas, se presentan durante los meses de primavera y/o verano. Cuando ocurre esto no se dispone de energía suficiente para propender al derretimiento de las reservas en estado sólido a las tasas esperadas y con ello, los caudales de deshielo se ven mermados, incluso contando con buena carga de nieve en la cordillera.

¹ La serie de lluvia en La Obra tiene menor extensión que las series de caudales de los ríos Maipo y Yeso.



1.2. Parámetros y modelo matemático lineal

El parámetro auxiliar “Pr”, como ya se explicó, corresponde a la suma de:

- Una porción de lluvia del año anterior y
- La lluvia hasta el mes de agosto del año siguiente.

Lo que se busca con este parámetro auxiliar es representar que, frente a una lluvia determinada, la cuenca no se comportará de igual manera si el año anterior fue húmedo, normal o seco. Es así que el valor de “Pr” se obtiene de la siguiente función lineal, que depende su vez de otro parámetro (“K”), el que es necesario calibrar:

$$Pr = P_i + K \cdot P_{i-1} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

Pr [mm]: Parámetro

P_i [mm]: Lluvia acumulada hasta el mes de agosto del año en curso

P_{i-1} [mm]: Lluvia total del año anterior (enero a diciembre)

K: coeficiente que indica la proporción de lluvia del año anterior que se agrega la lluvia del año en curso

La expresión anterior permite calcular el valor de “Pr” para todos los años de la serie de lluvias y con ello, obtener una nueva serie de tiempo (la del parámetro “Pr”).

Un a vez calibrado el parámetro “K”, es posible relacionar el parámetro auxiliar “Pr” con el volumen de deshielo, mediante una función lineal como la siguiente:

$$V_{\text{Sep-Mar}} = m \cdot Pr + y_0 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

$V_{\text{Sep-Mar}}$ [hm³]: Volumen de escorrentía de deshielo

m [hm³/mm]: Pendiente de la recta de regresión

Pr [mm]: Parámetro auxiliar

y_0 [hm³]: ordenada al origen de la recta de regresión

Esta última expresión (Ec. 2), que es la que finalmente relaciona la lluvia con el volumen de deshielo y también requiere de la calibración de sus parámetros “m” e “ y_0 ”.



2. SERIES DE PRECIPITACIONES

A continuación se presentan las series de tiempo utilizadas, con sus datos para los últimos 30 años.

1.1 Lluvia en La Obra

Obtenida de un pluviómetro ubicado en oficina Junta de Vigilancia en La Obra:

Año	mm											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1995	0.4	1.1	0.0	32.1	13.3	129.3	89.5	103.5	42.0	0.0	0.0	0.0
1996	2.2	0.0	0.0	66.6	10.8	74.7	38.9	94.0	11.1	5.0	0.0	0.0
1997	0.0	0.0	28.8	4.5	190.5	548.3	140.6	174.6	167.8	122.0	17.7	40.8
1998	0.0	0.0	1.8	71.4	47.3	59.2	0.0	1.8	22.1	0.0	0.0	0.0
1999	0.0	0.0	13.5	25.6	11.0	49.2	78.4	151.8	201.9	19.1	32.0	0.0
2000	0.0	44.0	0.0	41.0	30.4	543.6	135.4	2.6	197.8	13.5	5.8	0.0
2001	0.0	0.0	17.1	35.3	76.9	17.8	343.6	137.6	47.0	14.3	1.0	0.0
2002	0.0	0.0	40.3	38.3	289.1	400.3	205.4	231.8	60.5	15.1	4.6	3.2
2003	15.1	0.0	0.0	0.0	138.2	75.4	133.2	10.0	46.5	0.0	33.6	0.0
2004	0.0	3.6	19.0	53.0	22.7	72.0	153.4	93.9	66.7	9.4	185.3	0.0
2005	4.5	0.0	25.5	1.6	144.1	325.7	95.8	377.5	57.9	66.5	20.3	0.0
2006	0.0	0.0	0.0	5.8	7.5	131.9	364.6	86.7	41.0	94.3	2.2	0.0
2007	0.0	51.1	8.4	0.0	6.6	164.7	114.8	55.8	0.0	1.1	7.5	0.0
2008	1.6	0.0	15.0	15.4	387.2	42.9	51.7	259.7	10.8	1.3	0.0	0.0
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	38.2	161.4	67.0	187.7	150.7	54.5	0.0	0.0
2010	0.0	0.0	0.0	1.7	101.7	171.0	72.6	11.2	23.6	33.5	84.5	7.0
2011	0.0	2.6	0.0	9.0	0.0	100.3	89.7	80.7	9.9	5.1	0.0	0.0
2012	0.0	0.0	0.0	26.9	94.6	180.6	14.2	58.7	1.7	84.8	3.8	45.6
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	164.4	80.9	8.5	79.3	12.5	0.0	0.0	0.0
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	167.7	59.7	92.6	48.7	0.0	11.4	1.5
2015	0.0	1.0	37.4	0.0	0.7	0.0	74.9	226.6	83.2	104.0	21.0	0.0
2016	12.3	0.0	0.0	269.9	40.8	80.5	111.3	0.0	0.1	47.0	0.0	41.4
2017	0.0	0.0	0.0	35.8	144.7	164.0	43.4	82.1	6.5	90.6	0.0	0.0
2018	0.0	0.0	0.3	0.0	25.3	101.9	93.5	46.7	63.5	5.1	19.9	5.0
2019	0.0	0.0	0.4	1.4	20.7	88.7	24.7	0.0	7.6	8.4	0.0	0.0
2020	0.0	0.0	0.0	3.5	8.1	197.3	109.6	20.2	0.0	0.0	0.0	0.0
2021	63.4	0.0	0.9	1.0	25.6	68.5	0.0	94.4	34.9	5.5	0.0	0.0
2022	0.0	0.0	0.0	46.0	0.0	58.0	117.3	73.3	5.0	1.0	14.1	0.0
2023	3.0	0.0	0.0	29.3	20.6	147.8	137.3	188.4	145.1	10.9	46.8	0.0
2024	0.0	10.9	0.0	3.0	175.4	333.3	0.0	115.4	13.1	20.1	0.5	0.0
2025	0.0	0.0	7.5	1.6	145.5	98.4	0.0	174.0				



1.2 Lluvia en Quinta Normal

Obtenida de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC):

Año	mm											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1995	0.6	0.0	0.0	18.7	8.6	47.2	54.8	22.3	19.6	0.6	0.1	0.0
1996	1.8	0.0	0.0	54.0	14.7	31.7	25.2	29.8	2.2	3.7	0.0	0.9
1997	0.0	0.0	13.5	0.5	126.1	259.0	60.2	98.9	85.5	60.1	3.6	1.9
1998	0.0	4.3	0.0	32.7	13.8	22.6	0.2	0.6	15.1	0.0	0.0	0.0
1999	0.0	0.1	19.7	12.9	0.9	31.2	43.4	109.9	100.1	23.6	0.0	1.4
2000	0.0	14.7	0.0	17.6	20.0	261.5	28.5	0.5	116.5	13.6	1.0	0.0
2001	0.0	0.0	9.9	16.1	32.3	0.3	186.6	50.2	15.8	0.7	0.0	0.0
2002	0.0	0.0	1.7	13.6	137.9	247.5	92.3	74.2	28.3	4.0	0.0	1.3
2003	5.0	0.0	0.2	0.0	79.7	31.5	73.4	6.9	14.5	0.0	13.7	0.0
2004	0.0	0.0	18.7	39.2	16.4	44.1	95.2	55.9	23.7	1.7	58.9	0.0
2005	0.0	0.0	22.3	5.7	54.4	146.0	27.8	137.3	16.6	15.4	9.4	0.0
2006	0.0	0.0	0.0	1.5	7.3	79.8	130.0	50.3	1.1	64.5	1.1	0.0
2007	0.0	14.0	1.6	0.0	16.3	69.9	35.4	29.6	1.0	0.0	0.6	0.0
2008	0.0	0.0	12.6	7.5	109.9	51.0	34.7	130.8	4.3	0.0	0.0	0.0
2009	0.0	1.0	0.0	0.0	7.0	103.1	14.3	97.5	47.4	6.5	0.0	0.0
2010	0.0	0.0	0.0	0.3	65.8	75.6	26.6	6.9	37.5	13.6	36.8	0.0
2011	0.0	3.1	0.2	13.0	0.0	55.8	43.2	27.6	1.9	2.5	0.0	0.0
2012	0.0	0.0	0.0	9.6	33.9	69.5	2.0	35.8	1.9	41.3	0.0	21.5
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	96.0	34.6	3.7	24.4	6.4	0.0	0.0	0.0
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	75.2	34.5	46.5	31.1	0.1	5.8	1.2
2015	0.0	2.5	7.4	0.0	2.0	0.0	37.1	111.4	23.7	27.7	4.5	0.0
2016	10.2	0.0	0.0	109.0	20.5	38.4	50.2	0.0	0.4	16.2	0.0	23.6
2017	0.0	0.0	0.0	5.6	55.6	73.2	30.7	50.3	27.2	35.5	0.1	0.0
2018	0.0	0.0	1.7	0.0	13.0	45.8	49.6	10.5	27.5	1.8	0.4	1.1
2019	0.0	0.0	1.4	0.2	5.8	45.9	13.3	0.0	11.7	3.7	0.0	0.0
2020	0.0	0.0	0.0	2.5	3.6	110.1	64.6	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0
2021	40.0	0.0	0.0	0.0	15.2	22.2	0.5	18.5	10.6	6.2	0.0	0.0
2022	0.0	0.1	0.0	28.8	0.0	27.5	69.0	23.1	8.1	0.0	4.3	0.1
2023	0.0	0.0	0.0	8.6	5.0	51.9	45.7	89.8	76.8	4.5	28.4	0.0
2024	0.0	2.8	0.0	0.2	112.4	183.1	0.0	80.2	5.9	10.0	0.0	0.0
2025	0.0	0.0	5.4	0.5	61.3	71.2	23.3	46.0				



3. SERIES DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES

3.1. Río Maipo en La Obra sin regulación (JVRM)

Año	m ³ /s											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1995	151	103	79	55	72	49	42	42	56	65	134	168
1996	104	83	67	46	32	29	27	24	24	30	36	44
1997	76	63	44	32	28	97	52	72	123	107	198	318
1998	387	185	110	78	58	48	40	36	34	50	68	91
1999	92	86	53	35	30	29	27	27	52	82	121	125
2000	107	86	54	46	35	72	89	55	64	131	148	340
2001	317	215	120	73	54	47	89	89	79	127	178	421
2002	211	134	97	70	69	105	63	140	105	120	229	355
2003	412	245	151	88	57	62	60	52	53	85	119	129
2004	148	113	75	59	43	40	39	41	55	58	98	131
2005	130	90	63	45	46	121	81	138	109	135	263	423
2006	538	394	160	96	61	59	101	70	73	124	228	260
2007	238	145	102	61	45	42	46	39	49	77	116	124
2008	118	88	58	43	79	93	50	84	86	110	252	284
2009	203	149	88	64	53	47	45	51	90	74	111	216
2010	225	166	106	68	49	48	42	42	42	54	77	82
2011	74	66	56	40	29	29	28	28	36	49	88	107
2012	86	72	58	37	63	46	42	33	42	48	112	118
2013	144	101	58	43	35	37	34	37	43	54	98	142
2014	108	64	50	35	24	30	28	34	34	55	81	91
2015	93	74	60	38	31	26	26	44	42	54	111	168
2016	164	123	76	111	73	71	53	51	62	75	140	176
2017	185	120	69	60	48	47	43	40	45	63	95	128
2018	94	89	56	39	32	30	31	32	36	41	67	95
2019	95	81	49	37	30	28	27	25	26	27	50	51
2020	73	64	51	29	24	23	26	29	33	60	86	86
2021	83	69	53	36	31	28	25	27	34	48	59	62
2022	67	51	37	27	24	23	23	26	29	42	76	78
2023	63	61	49	31	26	89	35	57	70	85	129	248
2024	259	174	97	59	50	55	51	50	54	94	132	151
2025	120	94	63	46	46	43	36	41				



3.2. Río Yeso

Caudales que acceden al embalse El Yeso ².

Año	m ³ /s											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1995	15.3	10.3	6.5	4.1	3.2	2.1	1.6	1.7	2.7	3.5	10.2	16.0
1996	12.4	8.5	5.0	1.9	2.4	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2	2.3	4.1
1997	5.4	5.3	3.9	4.4	2.0	2.4	1.8	2.3	2.8	3.9	9.2	17.9
1998	25.2	16.6	9.1	6.4	4.4	3.2	2.1	1.7	1.8	3.1	4.0	6.8
1999	8.3	7.8	4.6	2.3	1.7	1.4	1.0	1.4	1.7	4.2	8.6	10.8
2000	12.3	7.4	4.1	2.9	1.3	2.7	3.7	1.8	2.0	6.8	10.4	23.1
2001	24.3	17.2	10.3	6.1	4.6	2.6	3.8	3.6	3.4	4.0	7.8	22.7
2002	19.1	14.1	9.6	4.8	4.9	5.6	3.4	3.8	2.6	4.4	11.0	19.4
2003	25.7	20.7	13.3	7.3	5.4	4.2	2.9	2.8	2.6	4.8	10.1	11.1
2004	12.8	9.8	6.2	3.9	2.5	2.1	1.4	1.3	2.7	2.6	4.9	9.3
2005	12.1	9.4	5.8	2.9	3.4	4.3	2.1	3.1	1.8	3.8	12.4	25.1
2006	32.5	23.4	11.9	6.8	4.9	3.8	4.2	2.0	2.4	4.3	11.3	18.8
2007	22.2	11.5	8.1	4.8	2.6	2.5	2.0	1.3	2.0	3.8	8.4	12.1
2008	11.7	8.1	4.6	2.8	4.4	4.6	2.1	2.8	3.5	6.3	16.1	21.1
2009	21.1	16.1	11.4	6.5	3.2	2.5	1.7	1.7	3.9	4.6	9.0	14.8
2010	19.3	17.0	12.5	8.9	7.0	6.9	5.5	6.0	5.5	5.3	6.8	7.2
2011	7.1	5.0	4.7	3.3	1.6	0.9	0.8	1.0	1.0	2.5	5.4	7.9
2012	8.1	7.0	4.2	2.9	3.0	2.6	2.5	2.4	3.0	3.5	7.8	10.1
2013	12.0	7.8	4.4	2.5	1.6	1.5	1.8	1.5	1.6	2.7	7.8	13.1
2014	11.9	9.4	7.1	6.4	5.0	4.1	3.7	2.6	2.5	4.3	6.2	7.8
2015	9.5	7.3	6.0	3.5	3.2	2.2	2.3	2.3	2.7	2.7	6.8	12.6
2016	16.2	13.6	7.9	6.2	5.7	5.4	4.4	3.1	4.5	5.5	9.6	14.6
2017	19.1	12.4	7.3	4.7	4.0	3.3	2.9	3.2	3.3	3.8	5.7	10.1
2018	8.4	8.4	5.4	3.6	3.2	2.8	2.6	2.4	2.6	2.5	4.6	7.8
2019	10.7	8.9	5.8	4.0	3.0	2.8	2.6	2.4	2.3	2.2	4.0	5.0
2020	6.6	5.5	4.9	3.4	2.7	2.3	2.1	2.1	2.4	4.3	6.5	8.3
2021	7.0	6.3	5.6	3.6	3.0	2.7	2.2	2.1	2.5	3.2	4.4	5.3
2022	5.6	4.3	3.1	2.7	2.3	2.0	1.8	1.8	2.1	3.0	5.9	7.4
2023	6.2	5.7	4.3	2.4	2.1	3.2	2.2	2.5	2.6	3.9	7.6	18.6
2024	23.8	17.2	9.7	5.1	4.0	3.9	3.1	3.0	2.9	6.1	11.3	13.3
2025	11.8	9.4	5.8	3.6	3.6	3.0	2.7	2.6				

² Caudales medios mensuales del río Yeso que acceden al embalse del mismo nombre, obtenidos de balances de masas en el embalse que diariamente hace la empresa Aguas Andinas y que toman en cuenta la evaporación desde la poza (obtenida de una bandeja clase A ubicada en el entorno del embalse), las filtraciones a través del muro medidas (medidas a la salida del sistema de drenaje del muro), las descargas por válvula y las extracciones por el acueducto Caya.



3.3. Río Maipo en El Manzano

Obtenida de la Dirección General de Aguas (DGA) ³

Año	m ³ /s											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1995	184	128	98	76	60	61	55	57	78	91	168	199
1996	128	112	97	69	50	43	41	39	38	47	52	59
1997	82	76	62	44	34	65	61	80	119	114	209	335
1998	414	207	136	103	72	60	50	45	39	61	84	106
1999	100	89	62	42	42	38	38	41	61	87	138	145
2000	134	100	72	55	52	82	77	69	73	136	185	359
2001	300	231	129	89	73	61	81	89	83	134	180	331
2002	215	149	106	73	63	82	66	104	108	145	243	349
2003	372	260	182	107	73	73	71	59	70	106	151	151
2004	182	130	93	72	53	53	52	47	64	72	104	141
2005	137	99	76	55	51	95	87	116	117	150	255	394
2006	458	306	166	109	74	65	113	80	85	139	220	253
2007	181	138	108	70	60	58	58	54	61	96	122	127
2008	125	98	70	58	94	93	62	80	81	116	250	285
2009	198	145	108	80	61	57	54	64	85	84	122	201
2010	197	149	118	82	63	60	51	51	55	76	100	99
2011	93	84	66	51	42	34	33	33	45	66	87	97
2012	82	81	74	55	54	46	43	35	48	54	130	135
2013	145	101	70	52	45	50	47	50	57	80	112	137
2014	125	89	72	59	50	49	45	46	47	90	112	96
2015	95	77	57	47	38	38	34	47	46	65	112	184
2016	169	130	100	114	75	76	65	67	76	88	137	171
2017	186	149	87	70	61	60	55	51	58	82	112	139
2018	109	105	60	53	35	36	34	37	47	55	88	109
2019	106	94	67	57	39	29	29	31	40	39	61	64
2020	78	64	48	26	23	24	27	37	55	75	97	82
2021	76	78	63	41	33	28	24	31	45	61	69	72
2022	72	47	37	27	22	17	18	27	32	46	75	84
2023	69	70	58	36	29	73	35	67	78	90	133	265
2024	272	179	109	75	62	59	51	60	65	116	167	170
2025	118	93	67	51	44	38	39	42				

³ Estación fluviométrica DGA "Río Maipo en El Manzano" (código BNA 05710001-K)



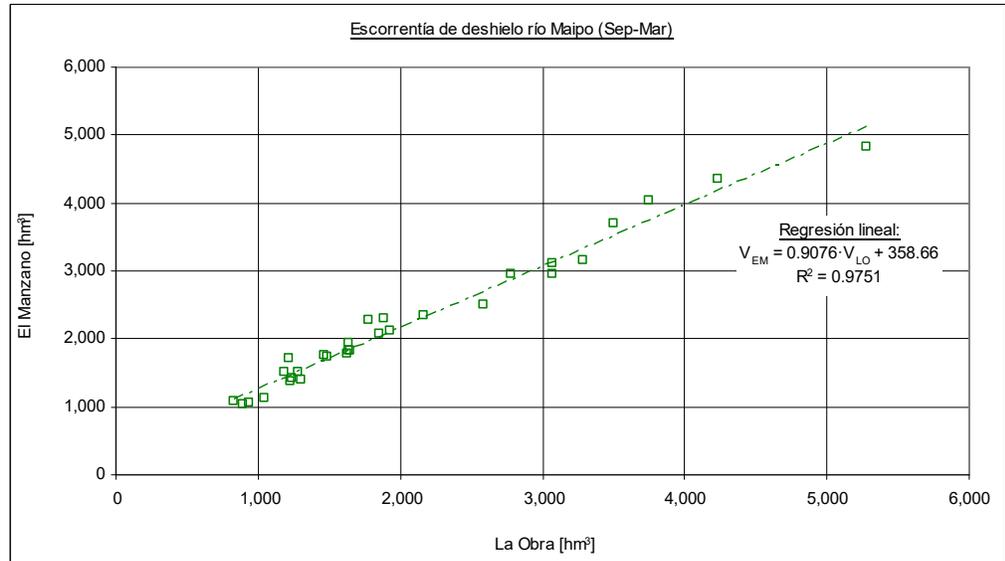
4. RELACIONES ENTRE ESCORRENTÍAS

Correlación para los últimos 30 años.

4.1. Río Maipo

Relación entre escorrentía de deshielo del río Maipo en El Manzano y en La Obra:

Temp	V _{sep-mar} [hm ³]	
	El Manzano	La Obra
1995-1996	2,285	1,775
1996-1997	1,085	828
1997-1998	4,030	3,749
1998-1999	1,415	1,238
1999-2000	1,929	1,642
2000-2001	3,701	3,502
2001-2002	3,151	3,283
2002-2003	4,346	4,239
2003-2004	2,309	1,890
2004-2005	1,816	1,637
2005-2006	4,830	5,281
2006-2007	2,949	3,069
2007-2008	1,832	1,649
2008-2009	3,104	3,070
2009-2010	2,502	2,585
2010-2011	1,501	1,180
2011-2012	1,392	1,299
2012-2013	1,785	1,627
2013-2014	1,760	1,468
2014-2015	1,506	1,278
2015-2016	2,113	1,931
2016-2017	2,339	2,163
2017-2018	1,741	1,490
2018-2019	1,725	1,212
2019-2020	1,028	893
2020-2021	1,375	1,231
2021-2022	1,063	938
2022-2023	1,134	1,044
2023-2024	2,949	2,782
2024-2025	2,085	1,853



Función lineal:

$$V_{EM} = m \cdot V_{LO} + y_0$$

Con:

V_{EM} [hm³]: volumen escorrentía deshielo en El Manzano

V_{LO} [hm³]: volumen escorrentía deshielo en La Obra

m : Pendiente de la recta de regresión

y_0 [hm³]: ordenada al origen de la recta de regresión

$$m = 0,9076$$

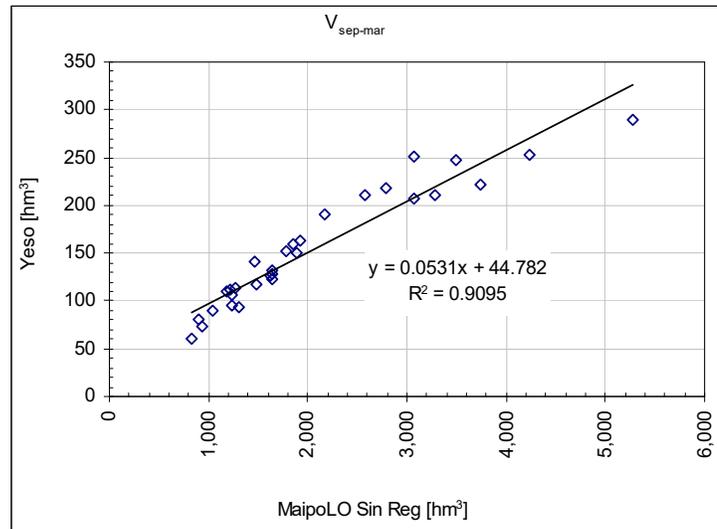
$$y_0 = 358,66$$



4.2. Río Yeso

Relación entre escorrentía de deshielo del río Maipo en La Obra sin regulación y del río Yeso.

Temp	V _{sep-mar} [hm ³]	
	MaipoLO	Yeso
1995-1996	1,775	153
1996-1997	828	61
1997-1998	3,749	222
1998-1999	1,238	95
1999-2000	1,642	129
2000-2001	3,502	247
2001-2002	3,283	212
2002-2003	4,239	254
2003-2004	1,890	150
2004-2005	1,637	122
2005-2006	5,281	290
2006-2007	3,069	206
2007-2008	1,649	133
2008-2009	3,070	250
2009-2010	2,585	212
2010-2011	1,180	109
2011-2012	1,299	94
2012-2013	1,627	127
2013-2014	1,468	140
2014-2015	1,278	114
2015-2016	1,931	163
2016-2017	2,163	191
2017-2018	1,490	118
2018-2019	1,212	112
2019-2020	893	80
2020-2021	1,231	106
2021-2022	938	74
2022-2023	1,044	90
2023-2024	2,782	218
2024-2025	1,853	159



Función lineal:

$$\text{MaipoLO Sin Reg} = m \cdot \text{Yeso} + y_0$$

Con:

MaipoLO Sin Reg [hm³]: volumen escorrentía deshielo en La Obra

Yeso [hm³]: volumen escorrentía deshielo río Yeso

m: Pendiente de la recta de regresión

y₀ [hm³]: ordenada al origen de la recta de regresión

$$m = 0,0531$$

$$y_0 = 44,782$$