Reporte para hito: Extensión y modificación de la metodología a cuencas piloto

Tabla de contenidos

[Introducción 3](#_Toc130931917)

[Predictores 6](#_Toc130931918)

[Predictando (volumen) 12](#_Toc130931919)

[Pronósticos retrospectivos 16](#_Toc130931920)

[Métricas de evaluación 19](#_Toc130931921)

[Referencias 23](#_Toc130931922)

# Introducción

Para efectos del presente reporte nos centraremos en cuencas representativas de las zonas hidro-climáticas para mostrar gráficos específicos de rendimiento e importancia de los predictores. También se agregan gráficas resumen donde se agrupan los resultados de todas las cuencas de la zona de estudio (Tabla 2) y se calculan métricas de tendencia central.

La extensión de la metodología a las cuencas pilotos significa que se ocupará como referencia la condición hidrológica inicial (STORAGE) como predictor (Figura 1). La condición inicial corresponde a la suma de todos los almacenamientos hídricos de las cuencas para un momento dado. Los almacenamientos considerados incluyen el Equivalente en agua de nieves, almacenamientos subterráneos superior e inferior y humedad del suelo, y que se generan a partir de la modelación hidrológica de la cuenca, en este caso usando TUW (modificación de HBV para R, Parajka et al., 2007) con forzantes derivadas de ERA5 (Hershbach et al., 2020).

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Figura 1. Esquemas de los procesos de producción de los pronósticos de caudales. El esquema de referencia sólo tiene predictores hidrológicos y el esquema hibrido agrega índices climáticos y una combinación óptima de ellos a partir de un selector de predictores.

Se agrega una comparación preliminar de la selección de la mejor combinación de predictores agregando índices climáticos de gran escala que se muestran en la Tabla 1. Los índices climáticos aportan capacidad predictiva principalmente en los meses previos al invierno, donde se tiene escasa disponibilidad de datos hidro-climáticos (precipitación, temperatura, caudales), en este sentido los índices climáticos de gran escala como por ejemplo El Niño 1.2 o 3.4 aportar con una noción de las condiciones atmosféricas y de la superficie marina en el Océano Pacífico y, por lo tanto, ayudan al pronóstico de los siguientes meses en Chile.

Para efectos de las evaluaciones realizadas se ocupa la metodología de validación cruzada Leave one out (dejar un valor fuera) con lo que se simula una situación seudo-real para cada año del registro. En el caso del volumen se dejan fuera los datos de los predictores y el predictando (volumen) de un año hidrológico cualquiera, se generan las regresiones con los datos de los años restantes y se pronostica ocupando los predictores de ese año. Esta metodología se repite para todos los años de la serie consiguiendo una serie de todos los años en validación cruzada. Para aplicar este método se debe tener independencia entre los distintos años hidrológicos para cada cuenca.

Tabla 1. Predictores climáticos e hidrológicos utilizados para el pronóstico de caudales.

|  |  |
| --- | --- |
| Predictor | Significado |
| SOI | Southern Oscillation Index |
| PDO | The Pacific Decadal Oscillation |
| ONI | Oceanic Niño Index. Zona Niño 3.4. |
| NINO1.2 | Niño 1+2 (0-10S, 90W-80W) |
| STORAGE | Suma de almacenamientos en la cuenca |

Dado que uno de los requerimientos para utilizar regresiones lineales (simples o múltiples) es que la distribución del predictando sea Normal, se realiza una prueba de Shapiro-Wilk del volumen que testea la hipótesis nula que una muestra viene de una población normal, se aprueba o rechaza de acuerdo con el umbral del p-value 0,05 (Shapiro & Wilk, 1965). Generalmente una transformación logarítmica hará que una distribución sesgada hacia un lado (izquierda o derecha) se vuelva normal, por lo que se debe realizar otra prueba de Shapiro-Wilk a la transformación para asegurar la normalidad de la variable transformada.

Tabla 2. Estaciones fluviométricas y cuencas de estudio

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Código DGA | Nombre de la estación fluviométrica | Lat (˚) | Lon (˚) | Superficie (km2) |
| 3414001 | Rio Pulido En Vertedero | -28.0858 | -69.9408 | 2022 |
| 3421001 | Rio Manflas En Vertedero | -28.1478 | -69.9939 | 982 |
| 3430003 | Rio Copiapó En Pastillo | -28.0003 | -69.9747 | 7464 |
| 3820001 | Rio Huasco En Algodones | -28.7306 | -70.5067 | 7200 |
| 4302001 | Rio Toro Antes Junta Rio La Laguna | -29.9711 | -70.0928 | 467 |
| 4311001 | Estero Derecho En Alcohuaz | -30.2206 | -70.4928 | 338 |
| 4313001 | Rio Cochiguaz En El Peñon | -30.1222 | -70.4344 | 675 |
| 4320001 | Rio Elqui En Algarrobal | -29.9953 | -70.5867 | 5670 |
| 4501001 | Rio Hurtado En San Agustin | -30.4622 | -70.5361 | 672 |
| 4503001 | Rio Hurtado En Angostura De Pangue | -30.4386 | -71.0022 | 1837 |
| 4511002 | Rio Grande En Las Ramadas | -31.0117 | -70.5811 | 569 |
| 4513001 | Rio Grande En Cuyano | -30.9242 | -70.7731 | 1287 |
| 4703002 | Rio Choapa En Cuncumen | -31.9667 | -70.5944 | 1132 |
| 5100001 | Rio Sobrante En Piadero | -32.2253 | -70.7119 | 241 |
| 5101001 | Rio Pedernal En Tejada | -32.0708 | -70.7564 | 81 |
| 5200001 | Rio Alicahue En Colliguay | -32.3300 | -70.7381 | 348 |
| 5401003 | Rio Juncal En Juncal | -32.8625 | -70.1675 | 343 |
| 5410002 | Rio Aconcagua En Chacabuquito | -32.8503 | -70.5094 | 2113 |
| 5411001 | Estero Pocuro En El Sifon | -32.9164 | -70.5403 | 181 |
| 5414001 | Rio Putaendo En Resguardo Los Patos | -32.5017 | -70.5811 | 885 |
| 5707002 | Rio Colorado Antes Junta Rio Maipo | -33.5875 | -70.3669 | 1663 |
| 5710001 | Rio Maipo En El Manzano | -33.5939 | -70.3792 | 4839 |
| 5721001 | Estero Yerba Loca Antes Junta San Francisco | -33.3414 | -70.3636 | 110 |
| 5722001 | Estero Arrayan En La Montosa | -33.3256 | -70.4561 | 216 |
| 5722002 | Rio Mapocho En Los Almendros | -33.3703 | -70.4508 | 638 |
| 5730008 | Quebrada Ramon En Recinto Emos | -33.4331 | -70.5142 | 36 |
| 5741001 | Estero Puangue En Boqueron | -33.1669 | -71.1306 | 144 |
| 6003001 | Rio Cachapoal 5 Km. Aguas Abajo Junta Cortaderal | -34.3464 | -70.3764 | 965 |
| 6013001 | Rio Claro En Hacienda Las Nieves | -34.4922 | -70.7028 | 245 |
| 6027001 | Rio Claro En El Valle | -34.6867 | -70.8739 | 349 |
| 6028001 | Rio Tinguiririca Bajo Los Briones | -34.7186 | -70.8267 | 1438 |
| 7103001 | Rio Claro En Los Queñes | -34.9983 | -70.8094 | 354 |
| 7104002 | Rio Teno Después De Junta Con Claro | -34.9961 | -70.8206 | 1205 |
| 7112001 | Rio Colorado En Junta Con Palos | -35.2783 | -71.0028 | 878 |
| 7115001 | Rio Palos En Junta Con Colorado | -35.2744 | -71.0156 | 490 |
| 7321002 | Rio Maule En Armerillo | -35.7061 | -71.1139 | 5469 |
| 7330001 | Rio Perquilauquen En San Manuel | -36.3758 | -71.6233 | 502 |
| 7350003 | Rio Longaví En El Castillo | -36.2558 | -71.3375 | 467 |
| 7354002 | Rio Achibueno En La Recova | -36.0028 | -71.4419 | 894 |
| 7358001 | Rio Putagan En Yerbas Buenas | -35.7719 | -71.585 | 390 |
| 8104001 | Rio Sauces Antes Junta Con Ñuble | -36.6653 | -71.2739 | 607 |

# Predictores

Al contrastar los predictores y el volumen de septiembre a marzo se puede tener una noción de los resultados del modelo de regresión. Como se observa para las distintas cuencas seleccionadas (Figura 2 a 6) a inicio de mayo y junio los predictores muestran una baja correlación con el volumen, a partir de julio el almacenamiento (STORAGE) comienza a tener un coeficiente de determinación cercano a 0.5. Dependiendo de la cuenca, los distintos índices climáticos se correlacionan con el volumen, con R2 entorno al 0,2-0,3. Por sí mismo los índices climáticos no son suficientemente para tener una buena predictibilidad, pero complementan al almacenamiento en la regresión. En agosto y septiembre tanto para las cuencas del norte como del sur el almacenamiento tiene el mayor coeficiente de determinación como predictor individual, entorno a 0.75 dependiendo de la cuenca.

|  |  |
| --- | --- |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | Fecha de emisión  1 may |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 jun |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 jul |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 ago |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 sep |

Figura 2. Volumen septiembre a marzo transformado (según corresponda) versus todos los predictors disponibles para distintas fechas del año.

|  |  |
| --- | --- |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | Fecha de emisión  1 may |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 jun |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 jul |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 ago |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 sep |

Figura 3. Volumen septiembre a marzo transformado (según corresponda) versus todos los predictores disponibles para distintas fechas del año.

|  |  |
| --- | --- |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | Fecha de emisión  1 may |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 jun |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 jul |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 ago |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 sep |

Figura 4. Volumen septiembre a marzo transformado (según corresponda) versus todos los predictores disponibles para distintas fechas del año.

|  |  |
| --- | --- |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | Fecha de emisión  1 may |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 jun |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 jul |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 ago |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 sep |

Figura 5. Volumen septiembre a marzo transformado (según corresponda) versus todos los predictores disponibles para distintas fechas del año.

|  |  |
| --- | --- |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | Fecha de emisión  1 may |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 jun |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 jul |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 ago |
| Chart, scatter chart  Description automatically generated | 1 sep |

Figura 6. Volumen septiembre a marzo en GL versus todos los predictores disponibles para distintas fechas del año.

# Predictando (volumen)

A partir de octubre los pronósticos son calculados con el volumen del mes restante hasta marzo, por ejemplo, el 1 de octubre el volumen pronosticado corresponde a octubre-marzo, y el 1 de enero se pronostica enero-marzo. Por lo mismo, se aplica la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para todos los meses de septiembre a marzo para todo el dominio de la Tabla 2. Como indica la figura 7, la mayoría de las cuencas requiere una transformación logarítmica de los volúmenes y la transformación al logaritmo satisfactoriamente logra la normalidad en la mayoría de los casos, algunas excepciones son algunas cuencas de la zona sur donde no se requiere ninguna transformación, como por ejemplo en la cuenca del Rio Maule en Armerillo (7321002) para las emisiones de septiembre a noviembre.

A picture containing graphical user interface

Description automatically generated

Figura 7. Resultado de la prueba de normalidad antes y después de transformar por logaritmo los volúmenes para distintas fechas de emisión y todas las cuencas de estudio.

A continuación, se muestran los histogramas de los volúmenes septiembre a marzo de las cuencas seleccionadas, junto con el cambio de la distribución al transformar con logaritmo (sino pasa la prueba de Shapiro-Wilks).

Chart, histogram

Description automatically generated

Figura 8. Histograma del volume septiembre a marzo en millones de m3 para la Cuenca del Rio Huasco en Algodones. En el panel superior se muestra la distribución original del volume y en el panel inferior se muestra el logaritmo del volumen. En este ejemplo el p-value del volumen original no pasa el test pero si lo pasa al transformase en logaritmo.

Chart, histogram

Description automatically generated

Figura 9. Figura 8 para Rio Hurtado.

Chart, histogram

Description automatically generated

Figura 10. Figura 8 para Rio Aconcagua.

Chart, histogram

Description automatically generated

Figura 11. Figura 8 para Rio Arrayan.

Chart, histogram

Description automatically generated

Figura 12. Figura 8 para Rio Maule.

# Pronósticos retrospectivos

Para seleccionar la mejor combinación de predictores, primero se comprueba que los predictores no estén correlacionados entre sí lo que podría afectar la ponderación de un predictor, luego se eliminan aquellos predictores con alta correlación y se pronostica utilizando todas las posibles combinaciones de predictores (1, 2, 3, 4 o 5 predictores). Para cuenca y mes de emisión se elige la mejor combinación ocupando el criterio de Akaike (AIC), que es un índice calculado a partir de la cantidad de predictores (k) y la función de verosimilitud (L). El criterio de elección es minimizar el AIC con objetivo de conseguir el modelo con mejor rendimiento (dado por la función de verosimilitud) pero con el menor número de predictores.

Text

Description automatically generated with low confidence Ecuación 1

Los resultados de este ejercicio se muestran en la Figura 13, donde se evidencia la importancia del almacenamiento como el principal predictor, pero que también el aporte de los índices climáticos puede ser relevante para los meses previos a septiembre.

A picture containing text

Description automatically generated

Figura 13. Importancia de cada predictor dependiendo de la cuenca y fecha de emisión.

|  |  |
| --- | --- |
| Chart, bar chart, treemap chart  Description automatically generated | Chart, bar chart, treemap chart  Description automatically generated |
| Chart, bar chart  Description automatically generated | Chart, bar chart, treemap chart  Description automatically generated |

Figura 14. Contribución de cada predictor en la regresión para cuencas seleccionadas y distintos meses de emisión de pronósticos.

Al realizar el pronóstico en validación cruzada para cada año hidrológico entre 1981 y 2019 se observa cómo es esperable que los pronósticos mejoran al avanzar hacia septiembre, también el error de la emisión suele disminuir al avanzar el año y por lo tanto el conjunto de ensembles que se muestra en el boxplot disminuye su rango Inter cuartil. Mientras que en mayo son equivalentes al promedio climatológico por lo que no tiene la predictibilidad suficiente para predecir el volumen de septiembre a marzo. El pronóstico suele sobreestimar los volúmenes en la mayoría de los años secos.

Chart

Description automatically generated

Chart, scatter chart

Description automatically generated

Chart, scatter chart

Description automatically generated

Chart, scatter chart

Description automatically generated

Timeline

Description automatically generated

Figura 15. Pronóstico de volúmenes mar-sep retrospectivos entre 1981-2019 para distintas fechas de emisión. La línea roja indica el valor medido (o naturalizado) de la estación fluviométrica para ese periodo.

# Métricas de evaluación

Las métricas se calculan comparando el volumen simulado versus el observado (o naturalizado) para todas las cuencas para varias fechas de emisión. Dado que los volúmenes se calculan como un conjunto de 1000 ensembles, para calcular las métricas determinísticas se utiliza el promedio de los resultados del ensemble. En las figuras 16 y 17 se muestran los errores (MAE, RMSE) que fueron normalizados por el volumen promedio de cada cuenca para evitar observar mayores errores en cuencas de mayor caudal.

Tabla 5. Estadísticas del coeficiente de determinación R2 de todas las cuencas en la versión de referencia (solo STORAGE) y versión mejor combinación según criterio AIC para distintos tiempos de inicialización (mayo a marzo).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mejor combinación | | | | | Referencia | | | |
| R2 | promedio | Percentil 25% | Percentil 50% | Percentil 75% | promedio | Percentil 25% | Percentil 50% | Percentil 75% |
| may | 0.07 | 0.01 | 0.03 | 0.10 | 0.30 | 0.11 | 0.32 | 0.47 |
| jun | 0.17 | 0.10 | 0.18 | 0.26 | 0.07 | 0.01 | 0.04 | 0.07 |
| jul | 0.35 | 0.29 | 0.36 | 0.44 | 0.28 | 0.18 | 0.30 | 0.40 |
| ago | 0.55 | 0.38 | 0.60 | 0.69 | 0.42 | 0.29 | 0.46 | 0.54 |
| sep | 0.62 | 0.56 | 0.70 | 0.79 | 0.56 | 0.45 | 0.66 | 0.74 |
| oct | 0.60 | 0.56 | 0.65 | 0.77 | 0.57 | 0.47 | 0.65 | 0.76 |
| nov | 0.61 | 0.57 | 0.68 | 0.75 | 0.57 | 0.44 | 0.65 | 0.76 |
| dic | 0.57 | 0.43 | 0.63 | 0.73 | 0.52 | 0.33 | 0.61 | 0.71 |
| ene | 0.51 | 0.29 | 0.59 | 0.68 | 0.46 | 0.19 | 0.54 | 0.66 |
| feb | 0.47 | 0.26 | 0.45 | 0.69 | 0.42 | 0.15 | 0.44 | 0.64 |
| mar | 0.47 | 0.21 | 0.51 | 0.71 | 0.43 | 0.21 | 0.45 | 0.64 |

Tabla 5. Estadísticas del error cuadrático medio normalizado de todas las cuencas en la versión de referencia (solo STORAGE) y versión mejor combinación según criterio AIC para distintos tiempos de inicialización (mayo a marzo).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mejor combinación | | | | | Referencia | | | |
| NRMSE | Promedio | Percentil 25% | Percentil 50% | Percentil 75% | Promedio | Percentil 25% | Percentil 50% | Percentil 75% |
| may | 0.73 | 0.40 | 0.57 | 1.06 | 0.75 | 0.40 | 0.61 | 1.10 |
| jun | 0.66 | 0.34 | 0.52 | 0.97 | 0.73 | 0.39 | 0.56 | 1.09 |
| jul | 0.60 | 0.29 | 0.50 | 0.85 | 0.63 | 0.32 | 0.54 | 0.97 |
| ago | 0.48 | 0.28 | 0.40 | 0.59 | 0.60 | 0.30 | 0.46 | 0.87 |
| sep | 0.47 | 0.24 | 0.38 | 0.62 | 0.50 | 0.27 | 0.42 | 0.66 |
| oct | 0.59 | 0.25 | 0.51 | 0.82 | 0.58 | 0.26 | 0.51 | 0.74 |
| nov | 0.64 | 0.27 | 0.47 | 0.85 | 0.67 | 0.30 | 0.51 | 0.79 |
| dic | 0.66 | 0.35 | 0.51 | 0.83 | 0.70 | 0.35 | 0.60 | 0.83 |
| ene | 0.62 | 0.34 | 0.48 | 0.75 | 0.70 | 0.37 | 0.62 | 0.79 |
| feb | 0.58 | 0.30 | 0.46 | 0.68 | 0.65 | 0.31 | 0.58 | 0.68 |
| mar | 0.53 | 0.31 | 0.47 | 0.68 | 0.57 | 0.34 | 0.48 | 0.68 |

Tabla 5. Estadísticas del sesgo porcentual de todas las cuencas en la versión de referencia (solo STORAGE) y versión mejor combinación según criterio AIC para distintos tiempos de inicialización (mayo a marzo).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mejor combinación | | | | | Referencia | | | |
| PBIAS | Promedio | Percentil 25% | Percentil 50% | Percentil 75% | Promedio | Percentil 25% | Percentil 50% | Percentil 75% |
| may | -0.92 | -1.29 | -0.35 | -0.15 | -0.96 | -1.37 | -0.42 | -0.17 |
| jun | -0.80 | -1.21 | -0.34 | -0.12 | -0.91 | -1.35 | -0.38 | -0.16 |
| jul | -0.70 | -1.02 | -0.26 | -0.09 | -0.73 | -1.16 | -0.30 | -0.10 |
| ago | -0.46 | -0.52 | -0.18 | -0.06 | -0.64 | -1.07 | -0.22 | -0.08 |
| sep | -0.46 | -0.62 | -0.15 | -0.06 | -0.48 | -0.71 | -0.22 | -0.07 |
| oct | -0.73 | -0.92 | -0.28 | -0.05 | -0.72 | -0.94 | -0.28 | -0.05 |
| nov | -0.85 | -1.29 | -0.35 | -0.07 | -0.89 | -1.16 | -0.38 | -0.07 |
| dic | -0.82 | -1.13 | -0.32 | -0.07 | -0.85 | -1.14 | -0.37 | -0.09 |
| ene | -0.61 | -0.73 | -0.21 | -0.07 | -0.71 | -0.77 | -0.26 | -0.08 |
| feb | -0.50 | -0.55 | -0.18 | -0.06 | -0.56 | -0.60 | -0.23 | -0.07 |
| mar | -0.47 | -0.41 | -0.18 | -0.07 | -0.55 | -0.45 | -0.22 | -0.07 |

Tabla 5. Estadísticas del error medio absoluto normalizado para todas las cuencas en la versión de referencia (solo STORAGE) y versión mejor combinación según criterio AIC para distintos tiempos de inicialización (mayo a marzo).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mejor combinación | | | | | Referencia | | | |
| NMAE | Promedio | Percentil 25% | Percentil 50% | Percentil 75% | Promedio | Percentil 25% | Percentil 50% | Percentil 75% |
| may | 0.55 | 0.31 | 0.44 | 0.79 | 0.58 | 0.32 | 0.46 | 0.84 |
| jun | 0.50 | 0.27 | 0.39 | 0.73 | 0.56 | 0.30 | 0.43 | 0.83 |
| jul | 0.45 | 0.24 | 0.36 | 0.63 | 0.47 | 0.25 | 0.37 | 0.71 |
| ago | 0.34 | 0.21 | 0.30 | 0.38 | 0.42 | 0.24 | 0.34 | 0.59 |
| sep | 0.32 | 0.18 | 0.27 | 0.40 | 0.34 | 0.21 | 0.31 | 0.45 |
| oct | 0.38 | 0.19 | 0.31 | 0.51 | 0.39 | 0.20 | 0.33 | 0.49 |
| nov | 0.43 | 0.21 | 0.28 | 0.55 | 0.45 | 0.22 | 0.33 | 0.53 |
| dic | 0.44 | 0.25 | 0.35 | 0.53 | 0.46 | 0.24 | 0.35 | 0.55 |
| ene | 0.41 | 0.24 | 0.32 | 0.49 | 0.46 | 0.26 | 0.39 | 0.50 |
| feb | 0.38 | 0.22 | 0.29 | 0.45 | 0.42 | 0.21 | 0.34 | 0.47 |
| mar | 0.35 | 0.21 | 0.29 | 0.41 | 0.37 | 0.23 | 0.32 | 0.42 |

Chart

Description automatically generated

Figura 16. Error cuadrático medio normalizado por el volumen promedio para las versiones de referencia y mejor combinación de predictores según criterio AIC.

Chart

Description automatically generated

Figura 19. Error absoluto medio (MAE) normalizado por el volumen promedio de los volúmenes simulados vs los observados para las versiones de referencia y mejor combinación de predictores según criterio AIC.

Chart, box and whisker chart

Description automatically generated

Figura 17. Coeficiente de determinación R2 de los volúmenes simulados vs los observados para las versiones de referencia y mejor combinación de predictores según criterio AIC.

Chart, scatter chart

Description automatically generated

Figura 18. Sesgo porcentual de los volúmenes simulados vs los observados para las versiones de referencia y mejor combinación de predictores según criterio AIC.

# Referencias

Hersbach, H, Bell, B, Berrisford, P, et al. The ERA5 global reanalysis. Q J R Meteorol Soc. 2020; 146: 1999– 2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

Parajka, J., Merz, R. and Blöschl, G. (2007), Uncertainty and multiple objective calibration in regional water balance modelling: case study in 320 Austrian catchments. Hydrol. Process., 21: 435-446. <https://doi.org/10.1002/hyp.6253>

Shapiro, Wilk. An analysis of variance test for normality (complete samples), Biometrika, Volume 52, Issue 3-4, December 1965. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>.