

ESTUDIO DEL AJUSTE DE MODELOS ESTADÍSTICOS DE CORTA Y LARGA MEMORIA PARA EL CAUDAL Y GASTO SÓLIDO EN SUSPENSIÓN DEL RÍO TENO DESPUÉS DE JUNTA CON EL RÍO CLARO, REGIÓN DEL MAULE, CHILE

Fortunato Giancarlo Oneto Zárate

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
E-mail: fortunato@outlook.cl

Introducción

La modelación de caudales y gasto sólido en suspensión, entre otras variables medibles en campo, son de importancia en la ingeniería para poder proyectar la vida útil de obras civiles, cuantificar los recursos hídricos disponibles, entre otros análisis que se sustentan en la modelación del comportamiento de la variable y su proyección en el tiempo.

Las series de tiempo, son una rama de la estadística que busca modelar fenómenos temporales que presentan un comportamiento recurrente, siendo indispensable datos observados en el tiempo, secuenciales y separados entre sí de manera uniforme.

El presente trabajo busca modelar, por medio de las series de tiempo, el caudal y el gasto sólido en suspensión del río Teno, ubicado en la región del Maule. Las variables se obtienen de observaciones medidas en la estación fluviométrica, meteorológica y sedimentológica del Río Teno después de junta con Claro dependiente de la Dirección General de Aguas (DGA).

Río Teno después de junta con río Claro

La estación del Río Teno después de junta con río Claro (Figura 1) se encuentra ubicada en la cota más baja de la cuenca del río Mataquito, región del Maule, a una altitud de 647 m.s.n.m. específicamente en las coordenadas $34^{\circ} 59' 46''\text{S}$ y $70^{\circ} 49' 14''\text{O}$.

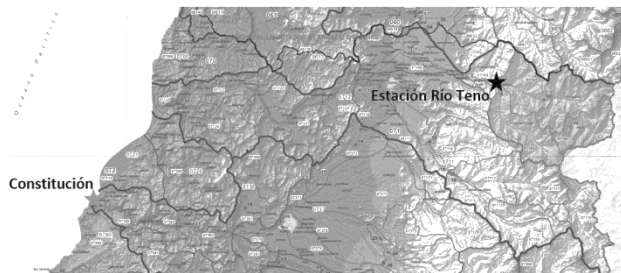


Figura 1.- Estación Río Teno, cuenca río Mataquito, Chile.

La Dirección General de Aguas, organismo del Gobierno de Chile, realiza mediciones del caudal y gasto sólido en suspensión, entre otras variables.

El caudal, en metros cúbicos por segundo, se determina por medio de una sección de control, la cual corresponde a una sección graduada del canal, en que se relaciona la altura limnimétrica con el caudal asociado a dicha lectura. Se cuenta con registros de caudales desde junio de 1985 hasta septiembre de 2017.

Respecto al gasto sólido en suspensión, la metodología para la medición del sedimento en un río corresponde a la metodología rutinaria, que se realiza diariamente, y que consiste en determinar el gasto sólido en suspensión, en kilogramos. Dicho procedimiento consiste en el llenado de una botella en la superficie del río, la muestra extraída es llevada a laboratorio, donde se decanta el material sólido y se pesa. Para el estudio se cuenta con mediciones entre junio de 1985 hasta septiembre de 2017.

Construcción base de datos

Dado que existen datos faltantes, se realizan procedimientos estadísticos para la reconstrucción de las series de tiempo mediante información de estaciones cercanas.

La base de datos diarias que se construye se transforma a una base de datos mensual teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- (1) El caudal mensual se determina como el caudal promedio de los caudales observados en el mes y se presenta en metros cúbicos por segundo [m^3/s].
- (2) El gasto sólido en suspensión corresponde a la suma de los pesos medidos durante el mes y se presenta en toneladas [Ton].

Análisis descriptivo de las variables de estudio

Se cuenta con 388 observaciones mensuales desde junio de 1985 hasta septiembre de 2017.

En la Figura 2 se presenta la caja con bigotes del caudal promedio mensual, el cual presenta una distribución sesgada a la derecha, con un skewness mayor a 1, ver Figura 2.

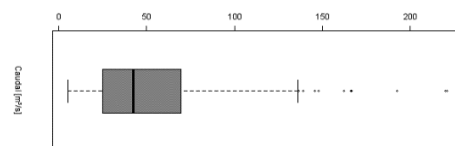


Figura 2.- Boxplot caudal mensual en [m^3/s].

En la Figura 3 se presenta la caja con bigotes del gasto sólido en suspensión, el cual presenta una distribución sesgada a la derecha, y un skewness mayor a 1, ver Figura 3.

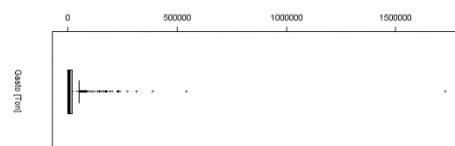


Figura 3.- Boxplot gasto sólido en suspensión en [Ton/día].

Para ambas series de tiempo se observan datos atípicos que responden al comportamiento de las variables en estudio y que dan cuenta de un echo estilizado típico de las series de tiempo.

Serie de tiempos caudal mensual

En la Figura 4 se presenta la diferenciación de la serie de tiempos caudal mensual a un mes y doce meses. Se aprecia la presencia de clusters de volatilidad o efecto de Joseph que corresponden a un echo estilizado típico de series de tiempo.

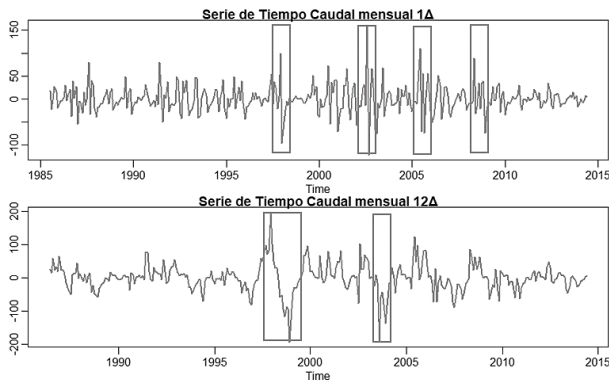


Figura 4.- Serie de tiempo diferenciada Caudal mensual.

Por otro lado, en la Figura 5 se observa persistencia en las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial.

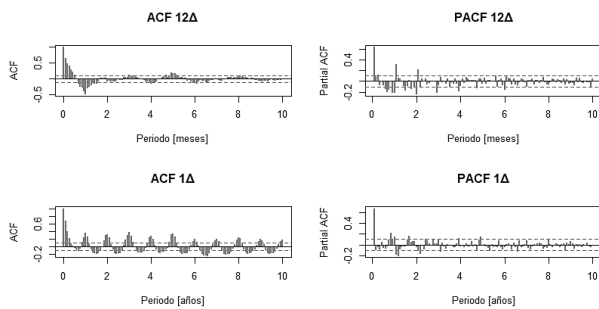


Figura 5.- ACF y PACF Caudal mensual.

El factor de Horton para la serie de caudal mensual es mayor a 0.5, lo que indica comportamiento de larga memoria, lo cual era esperado dado los hechos estilizados identificados en el análisis descriptivo de la variable.

Serie de tiempos Gasto Sólido en Suspensión

En la Figura 6 presenta la diferenciación de la serie de tiempos gasto sólido en suspensión mensual (GSS) a un mes.

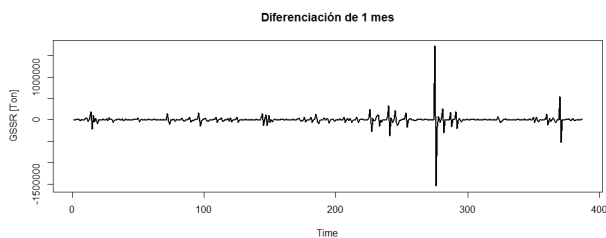


Figura 6.- Serie de tiempo diferenciada GSS.

Se observa de la serie de tiempo GSS que se ve fuertemente influenciada por un dato atípico. Este tipo de datos es frecuente en este tipo de series de tiempo, lo que lleva a identificar hechos estilizados, como los encontrados en la serie caudal promedio mensual, pero que, sin embargo, al calcular el factor de Horton, en sus distintas metodologías, se observa que el factor es cercano a 0.5, lo cual indicaría un camino aleatorio.

Sin embargo, en la Figura 7 se aprecia persistencia tanto en la función de correlación como en la función de auto-correlación parcial.

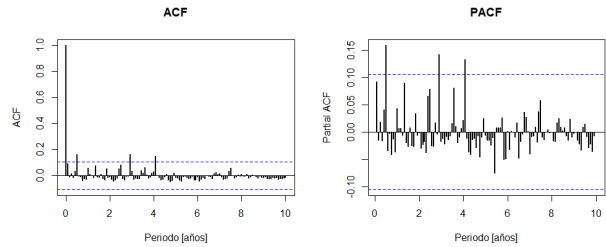


Figura 7.- ACF y PACF GSS.

Conclusiones

Tanto para el caudal mensual como para el gasto sólido en suspensión, se realizaron modelaciones de larga y corta memoria.

Del análisis se obtiene que, para el caudal mensual, la predicción utilizando corta memoria es muy limitada en el espacio temporal, siendo el modelo de larga memoria capaz de predecir más caudales a futuro.

El modelo de larga memoria elegido para modelar el comportamiento del caudal mensual corresponde a un GARCH(1,1). En la Tabla 1 se presentan los parámetros del modelo.

Tabla 1.- Parámetros modelo GARCH(1,1).

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
a0	1.203e+03	3.473e+02	3.465	0.000531
a1	9.484e-01	2.835e-01	3.345	0.000822
b1	3.388e-11	1.962e-01	0.000	1.000000

Por otro lado, se estudia el gasto sólido en suspensión mensual, observando que nuevamente el modelo de larga memoria es el que se ajusta mejor a su comportamiento, siendo un modelo de Proceso Estacional Autorregresivo Integrado y de Media Móvil SARIMA(1,1,1)(1,1,1) el que mejor se ajusta. En la Tabla 2 se presentan los parámetros del modelo.

Tabla 2.- Parámetros modelo SARIMA(1,1,1)(1,1,1).

ARIMA	Estimador	SE	t.value	p.value
AR1	0.0700	0.0575	1.2173	0.2243
MA1	-0.9745	0.0224	-43.4997	0.0000
SAR1	0.0426	0.0563	0.7562	0.4500
SMA1	-1.0000	0.0996	-10.0367	0.0000

Para ambas variables, la modelación por medio de técnicas de series de tiempo de larga memoria, ajusta mejor el modelo al comportamiento de la variable.

La identificación de hechos estilizados es relevante y determinante para la elección del método a ajustar.