Influencia de los patrones de teleconexión y de la temperatura de la superficie del mar en la variabilidad de los caudales en la cuenca del Miño-Sil

Gabriela Muñón Machado

Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada

Abstract. Se ha realizado un estudio de la influencia de los índices de teleconexión y de la temperatura de la superficie del mar (SST) en la variabilidad del caudal de invierno de la cuenca del Miño-Sil obteniéndose que los índices de invierno coetáneo que presentan correlaciones significativas con el caudal son los correspondientes a los patrones NAO, EA, EA/WR, SCA y AO; mientras que del otoño previo sólo el EA/WR presenta una influencia significativa. Del verano previo, los índices que influyen en más estaciones de aforo son el PT y el AMO, mientras que para la primavera no se obtuvieron resultados estables. El índice de teleconexión del invierno previo que influye en el caudal de la cuenca es el AMO. En cuanto a la SST, se han obtenido 3 zonas de la SST de invierno que influyen en la variabilidad del caudal y cuatro del otoño previo. Los modelos de estimación obtenidos a partir de las variables de invierno coetáneo explican bastante bien el comportamiento del caudal de la cuenca del Miño-Sil mientras que los obtenidos a partir de las variables del otoño previo no lo hacen adecuadamente, por lo que se descartan estas variables como predictoras.

Palabras clave: Índices de Teleconexión, SST, Caudales, Cuenca del Miño-Sil

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a María Jesús Esteban Parra y a Yolanda Castro Diez por ayudarme en la realización de esta investigación. También quiero agradecer a mi familia, incluyendo a aquellos que ya no están, por apoyarme en mi vida académica. Sin ellos no habría llegado a donde estoy hoy. No me puedo olvidar de mis amigos, que estén donde estén y vaya yo a donde vaya, siempre me apoyan aunque desearían tenerme más cerca de casa. Por último, pero no menos importante, agradecer a mi familia “granaina”, una familia con miembros de todos los rincones de España y del mundo. Habéis hecho que este año sea inolvidable.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático que se está produciendo va a producir cambios en la circulación atmosférica y, en consecuencia, en las precipitaciones sobre la Península Ibérica

(Fernández-González et al., 2014) lo que afectará a los recursos hídricos y producirá pérdidas económicas cuantiosas (Queralt et al., 2009).

La precipitación invernal sobre la Península ibérica es muy importante ya que de ella dependen las reservas hídricas (Lorenzo et al., 2010) por lo que puede ser muy útil tener una estimación a medio y largo plazo y reducir así las pérdidas económicas (Wilby et al., 2004). Esta estimación es importante en Galicia no solo por la estimación del recurso hídrico, sino también por la alta producción hidroeléctrica que hay en esta región (Lorenzo et al., 2010).

El clima estacional de las latitudes medias y altas se pueden predecir con antelación utilizando las variables adecuadas (Wilby et al., 2004), como pueden ser la SST y los índices de teleconexión (Pokrovsky, 2009; Fernández-González et al., 2014).

Por estos motivos, el objetivo de este trabajo es evaluar y cuantificar el impacto de los principales modos de variabilidad atmosféricos y de las temperaturas de la superficie del mar en el comportamiento de los caudales de la cuenca del Miño-Sil, así como explorar su potencial carácter predictivo. Para lograr este objetivo se plantean los siguientes objetivos concretos:

- Determinación de los índices de teleconexión que afectan a la zona de estudio.
- Determinación de las áreas de la SST que influyen en el caudal de la cuenca de estudio.
- Obtención de un modelo de regresión para el caudal usando como variables predictoras los modos de teleconexión y las áreas de la SST que influyan en el comportamiento de los caudales.

Datos

La cuenca hidrográfica del Miño-Sil está situada al noroeste de la Península Ibérica. Tiene una superficie de 17619 km². Está formada por dos ríos principales, el Miño y el Sil. Los datos mensuales de caudal se han obtenido de la base de datos del Centro de Estudios Hidrológicos (CEDEX). Se seleccionaron las estaciones con datos para el periodo de estudio (1951-2005) con menos de un 10% de datos faltantes. Las estaciones seleccionadas, 19 en total, están situadas a lo largo de toda la cuenca. Los huecos se rellenaron mediante un modelo de regresión con las estaciones próximas. A partir de estos valores se calculó la media de los meses de invierno (enero, febrero y marzo), periodo en el que se registran los caudales máximos.

Los índices de teleconexión utilizados se dividen en dos grupos. El primero corresponde a los patrones de teleconexión atmosféricos, en el que se encuentran la NAO, EA, WP, EP/NP, PNA, EA/WR, SCA, TNH, POL, PT, AO y SOI. El segundo grupo está formado por los patrones de variabilidad oceánicos, en el que se encuentran la PDO, AMO, Niño 1.2, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4 y TNI. Los valores se han obtenido de la NOAA Climate Prediction Center. Los datos fueron promediados para obtener los valores estacionales.

Los datos de la SST se han obtenido de la base de datos HADISST 1.1 del Hadley Centre del Reino Unido. Los datos están en un grid de 1° de latitud por 1° de longitud.

Metodología

En una primera fase se ha evaluado la capacidad predictiva de los diferentes índices de teleconexión analizando la correlación entre el caudal de invierno y los índices del invierno coetáneo así como de las cuatro estaciones precedentes. Para ello se ha utilizado el coeficiente de correlación lineal de Pearson para un intervalo de confianza del 95%.

En una segunda fase se ha evaluado la capacidad predictiva de la SST hallando las regiones de SST con una correlación significativa y estable con las series de caudal en ventanas móviles de 30 años. A partir de las regiones seleccionadas se obtuvieron nuevas series de SST promediando el valor de cada región. A continuación se repitió el proceso descrito con estas nuevas series para comprobar la correlación existente.

Por último, en una tercera fase, se ha aplicado un modelo de regresión múltiple por pasos a las variables seleccionadas en los dos pasos anteriores. Así, se ha obtenido un modelo de estimación para cada una de las estaciones de aforo. Para ello se ha dividido la serie de estudio en dos partes: una primera, de 40 años de duración, que se ha utilizado para la calibración de los modelos de regresión, mientras que la segunda, de 15 años de duración, se ha utilizado para la validación de los mismos. Esta validación se ha evaluado mediante el coeficiente de correlación entre la serie medida y la calculada y el error cuadrático medio.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos al analizar la correlación entre el caudal de invierno y los índices de teleconexión muestran que para el invierno coetáneo son significativas las correlaciones con los siguientes índices de teleconexión NAO, EA, EA/WR, SCA y AO; los mismos resultados que se obtuvieron en estudios previos para la región de Galicia (de Castro et al., 2006; Lorenzo et al., 2008). Mientras que la NAO, el EA/WR y el AO mantienen una correlación inversa, el EA y el SCA mantienen una relación directa. Para el otoño previo es significativa la correlación con el índice de teleconexión EA/WR, mientras que para el verano previo los índices con mejores resultados son el PT seguido del AMO. Para la primavera previa no se obtuvo correlación significativa para ningún índice mientras que para el invierno previo el índice con mejor resultado es el AMO.

Tras el análisis de la correlación entre la SST y el caudal de la cuenca se obtuvieron solo resultados significativos para el invierno coetáneo y para el otoño previo. Para el invierno coetáneo se seleccionaron tres zonas como posibles variables predictoras: una situada en el Atlántico Norte, una situada en el Estrecho de Bering y la última situada en la Península de Kamchatka. Estudios anteriores (Gámiz-Fortis et al., 2008a; Fernández-González et al., 2014) mantienen que la SST de la región del tripolo atlántico influye en la precipitación sobre la Península Ibérica pero en este estudio no

se ha encontrado correlación significativa con esta región. Así, según la región de estudio, se encuentran diferentes zonas del Atlántico cuya SST influye en los caudales (Gámiz-Fortis et al., 2010; Hatzaki and Wu, 2013). Para el otoño previo se seleccionaron cuatro zonas como posibles variables predictoras: una situada en el Pacífico Sur, otra al este de Canadá, otra en Indonesia y la última situada en el Mediterráneo. Para las demás estaciones no se obtuvieron resultados estables, resultado que también obtuvieron Hatzaki and Wu, (2013) en su estudio, aunque mantienen que la SST de las estaciones previas es clave para las anomalías de SST que se dan en el invierno coetáneo.

A partir de las variables del invierno coetáneo seleccionadas se obtuvieron los modelos de regresión y se validaron. Los modelos obtenidos representan aceptablemente el comportamiento del caudal de la cuenca del Miño-Sil, aunque tienden a subestimar los valores máximos de caudal. La correlación entre las dos series durante el periodo de calibración es en torno a 0.8 mientras que durante el periodo de validación esta es algo menor, en torno a 0.7 o 0.6 en la mayoría de las estaciones. En su estudio a partir de la SST, Fernández-González et al., (2014) obtuvieron modelos que explicaban porcentajes menores del comportamiento de las anomalías, por lo que la utilización de los índices de teleconexión parece proporcionar una mejora en la estimación del caudal respecto al trabajo de estos autores.

Al obtener los modelos predictores a partir de las variables del otoño previo los resultados fueron muy limitados. Las correlaciones entre la serie calculada a partir de los algoritmos y la medida rara vez alcanzan valores superiores al 0.5 por lo que estas variables no son útiles como variables predictoras.

Aunque sería muy útil obtener un modelo capaz de estimar las anomalías de caudal con meses de antelación ayudando así a evitar cuantiosas pérdidas económicas, los resultados de este estudio muestran que los mejores resultados se obtienen utilizando las variables predictoras del invierno coetáneo, por lo que esta capacidad predictiva es muy limitada en tiempo y en una modelización meramente estadística, si bien la modelización aquí obtenida podría dar estimaciones del caudal en el Miño-Sil a partir de valores predichos de los patrones de variabilidad atmosféricos y de la SST mediante modelos físicos. Por otro lado, los modelos encontrados para el caudal de invierno a partir de los índices de teleconexión y de la SST coetáneos pueden ser usados para obtener proyecciones regionales de cambio climático mediante *downscaling* estadístico.

REFERENCES

1. Fernandez-González, S., Pereira, S.C., Castro, A., Rocha, A., Fraile, R., n.d. Connection between autumn Sea Surface Temperature and winter precipitation in the Iberian Peninsula. *Global and Planetary Change*.
2. Gámiz-Fortis, S., Pozo-Vázquez, D., Trigo, R.M., Castro-Díez, Y., 2008a. Quantifying the Predictability of Winter River Flow in Iberia. Part I: Interannual Predictability. *J. Climate* 21, 2484–2502.

3. Gámiz-Fortis, S.R., Esteban-Parra, M.J., Trigo, R.M., Castro-Díez, Y., 2010. Potential predictability of an Iberian river flow based on its relationship with previous winter global SST. *Journal of Hydrology* 385, 143–149.
4. Hatzaki, M., Wu, R., n.d. The south-eastern Europe winter precipitation variability in relation to the North Atlantic SST. *Atmospheric Research*.
5. Lorenzo, M.N., Iglesias, I., Taboada, J.J., Gómez-Gesteira, M., 2010. Relationship between monthly rainfall in northwest Iberian Peninsula and North Atlantic sea surface temperature. *Int. J. Climatol.* 30, 980–990.
6. Lorenzo, M.N., Taboada, J.J., Gimeno, L., 2008. Links between circulation weather types and teleconnection patterns and their influence on precipitation patterns in Galicia (NW Spain). *Int. J. Climatol.* 28, 1493–1505.
7. Pokrovsky, O.M., 2009. European rain rate modulation enhanced by changes in the NAO and atmospheric circulation regimes. *Computers & Geosciences, Modelling and Simulation of Dangerous Phenomena for Hazard Mapping* 35, 897–906.
8. Queralt, S., Hernández, E., Barriopedro, D., Gallego, D., Ribera, P., Casanova, C., 2009. North Atlantic Oscillation influence and weather types associated with winter total and extreme precipitation events in Spain. *Atmospheric Research, Precipitation science: measurement, remote sensing, climatology and modelling EGU08* 94, 675–683.
9. Rasmusson, E.M., Carpenter, T.H., 1982. Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.* 110, 354–384.
10. Wilby, R.L., Wedgbrow, C.S., Fox, H.R., 2004. Seasonal predictability of the summer hydrometeorology of the River Thames, UK. *Journal of Hydrology* 295, 1–16.