
RESUMEN

El cambio climático indudablemente afectará los eventos de nieve ya que se espera que la temperatura y la precipitación cambien en el futuro. Las montañas españolas se ven especialmente afectadas por esta situación, ya que el almacenamiento de nieve se concentra en periodos muy concretos del año hidrológico y juega un papel muy importante en la gestión de los recursos hídricos. En este estudio se realiza en primer lugar un análisis del comportamiento de los fenómenos complejos relacionados con la nieve en las cuatro principales regiones montañosas de España en los próximos 50 años. El modelo hidrológico ASTER se aplica utilizando como insumo básico datos de temperatura y precipitación, estimados bajo un escenario de cambio climático. Los resultados muestran diferentes cambios en los caudales máximos y promedio esperados, dependiendo de la muy diferente magnitud y signo de los cambios en la precipitación. Puede producirse un aumento de los episodios de inundación como consecuencia de una compleja relación entre los cambios en las precipitaciones y un aumento de las intensidades máximas de deshielo que oscilan entre el 2,1% en los Pirineos y el 7,4% en la Cordillera Cantábrica. Sin embargo, los patrones comunes se muestran en una menor duración de las reservas de masa de nieve, que se espera que ocurra 45 días antes para la Cordillera Cantábrica, y alrededor de 30 días para el resto de las regiones montañosas estudiadas. Los cambios observados también conducen a una disminución preocupante del efecto regulador de los fenómenos relacionados con la nieve en los ríos españoles, con una disminución de la acumulación media de nieve que oscila entre un 28% para Pirineos y Sierra Nevada y un 42% para el Sistema Central y la Cordillera Cantábrica. Se espera una disminución del caudal medio, que fluctúe desde el 2,4% en los Pirineos hasta el 7,3% en la Cordillera Cantábrica, aumentando únicamente en el Sistema Central un 4,0%, siendo necesario desarrollar nuevas medidas de adaptación al cambio climático.

Por otro lado, con el fin de lograr una mejor estimación del Equivalente de agua de nieve (SWE) utilizando una red meteorológica y de profundidad de nieve (SD) económica y extensa; y que mejore la calibración del modelo hidrológico ASTER, se proporcionan nuevos modelos de regresión de densidad de nieve (SDEN). A partir del gran banco de datos de densidad de nieve (SDEN) existente para los Pirineos españoles, siendo una de las zonas más importantes y mejor monitorizadas del mundo, se evalúan modelos de regresión lineal simple y múltiple que relacionan SDEN con la intra-dependencia del tiempo anual y otros factores como la precipitación acumulada estacional, las temperaturas promedio de 7 días, la profundidad de la nieve (SD) y la elevación. La precipitación estacional acumulada presentó una influencia más dominante que la precipitación diaria, siendo usualmente el segundo factor determinante de SDEN, seguido por la temperatura. Las temperaturas medias mostraron el mejor ajuste a SDEN. Los resultados mostraron tasas de densificación similares que oscilaban ampliamente entre $0,7 \times 10^{-3}$ kg/L/día y 2×10^{-3} kg/L/día sin mostrar un patrón espacial. La tasa de densificación para el conjunto de muestras manuales se fijó en $1,2 \times 10^{-3}$ kg/L/día, muy similar al conjunto de medidas automáticas ($1,3 \times 10^{-3}$ kg/L/día). Los resultados aumentan el conocimiento sobre SDEN en los Pirineos, aunque hay que tener en cuenta la alta variabilidad espacial encontrada. Estimar una relación entre SDEN y varios factores climáticos nos permite además tener en cuenta el impacto de la variabilidad climática en SDEN.

Finalmente, como continuación a la metodología inicial, se estudian los efectos que el cambio climático puede tener en las inundaciones para un caso de estudio de una cuenca nival de la Cordillera Cantábrica. Las inundaciones son uno de los peligros naturales que más podría verse afectado por el cambio climático, causando grandes daños económicos y víctimas en el mundo. En diciembre de 2019 en Reinosa (Cantabria, España), tuvo lugar una de las peores inundaciones que se recuerdan. La implementación de la DIRECTIVA 2007/60/CE para la evaluación y gestión del riesgo de inundación en España permitió la detección de esta cuenca hidrográfica con un potencial riesgo de inundación significativo a través de una evaluación preliminar del riesgo de inundación, y se desarrollaron mapas de peligrosidad y riesgo de inundación. El objetivo principal de la parte final de este estudio es presentar una metodología para estimar los efectos del cambio climático sobre la peligrosidad y el riesgo de inundaciones, con Reinosa como caso de estudio. Esta cuenca fluvial se ve afectada por el fenómeno de las nieves, siendo aún más sensible al cambio climático. Usando diferentes modelos climáticos, considerando un escenario de emisiones de gases de efecto invernadero comparativamente altas (RCP8.5), con datos diarios de temperatura y precipitación entre los años 2007-2070, y comparando los resultados en términos relativos, se estiman el caudal y la variación del riesgo de inundación debido al cambio climático. En el caso concreto de Reinosa, el modelo climático MRI-CGCM3 muestra que el cambio climático provocará un aumento significativo de habitantes potenciales afectados y daños económicos por riesgo de inundaciones. Esta evaluación nos permite definir acciones de mitigación en términos de análisis de coste-beneficio y priorizar las que deben incluirse en los planes de gestión del riesgo de inundaciones.