

# Tendencias de ocurrencia de nieve en el Norte de España. Análisis y simulación con modelos de downscaling estadístico

María Rosa Pons<sup>(1)</sup>, Daniel San-Martín<sup>(2)</sup>, Sixto Herrera<sup>(3)</sup>, Carmen M. Sordo<sup>(2)</sup> y José Manuel Gutiérrez<sup>(2)</sup>

- (1) Instituto Nacional de Meteorología, CMT en Cantabria y Asturias, [mariona@inm.es](mailto:mariona@inm.es)  
(2) Universidad de Cantabria, Dpto. de Matemática Aplicada, [daniel.sanmartin@unican.es](mailto:daniel.sanmartin@unican.es),  
[carmen.sordo@unican.es](mailto:carmen.sordo@unican.es), [gutierjm@unican.es](mailto:gutierjm@unican.es)  
(3) Instituto de Física de Cantabria, [sixto.herrera@alumnos.unican.es](mailto:sixto.herrera@alumnos.unican.es)

## Introducción

En los últimos años se ha producido un interés creciente por analizar tendencias observadas de diferentes variables meteorológicas, especialmente de temperatura y precipitación. En esta línea hay muy pocos estudios que analicen la ocurrencia del meteoro nieve, principalmente por la poca disponibilidad de datos de dicha variable; además, las variables binarias requieren un enfoque distinto del problema.

El objetivo de este trabajo es, en primer lugar, analizar si existen tendencias significativas en la ocurrencia de nieve durante la segunda mitad del siglo XX y, en segundo lugar, tratar de predecir dicho meteoro mediante modelos de downscaling estadístico (principalmente el método de análogos), tanto su ocurrencia diaria como la frecuencia anual de días de nieve.

## Descripción de los datos

El estudio se realizó con observaciones binarias de nieve en 33 estaciones de la red secundaria del Instituto Nacional de Meteorología, con altitudes comprendidas entre los 60 y los 1350 metros. Las estaciones fueron seleccionadas de una base de datos homogénea de precipitación; la exigencia de que las estaciones tuvieran menos de un 7% de lagunas en el periodo del reanálisis ERA40 (1957-2002) restringió el área de estudio al Norte de España (figura 1a).

Para la segunda parte del trabajo –downscaling estadístico–, se intentó establecer una relación entre la configuración atmosférica diaria y la ocurrencia local de nieve. Para ello se utilizó la base de datos de reanálisis históricos ERA40, definiendo un patrón atmosférico diario a partir de los campos de geopotencial, temperatura y humedad relativa sobre la rejilla de la figura 1b en diferentes niveles de presión.

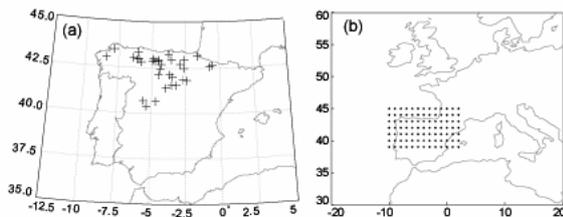


Figura 1a) Localización geográfica de las estaciones. b) Rejilla de 1° de resolución utilizada para caracterizar el patrón atmosférico a partir de los campos del ERA40.

## Observaciones. Tendencias de frecuencia anual

En el análisis de la frecuencia anual media para todas las estaciones (figura 2a), se observa una tendencia significativa decreciente de aproximadamente medio día de nieve al año (una disminución relativa de un 2%) desde el año 1975, lo que supone una reducción media de 12.5 días de nieve en dicho periodo (una disminución relativa del 50% en el período 1975-2000). Además de la tendencia decreciente, se puede constatar también la gran variabilidad interanual de la frecuencia de nieve.

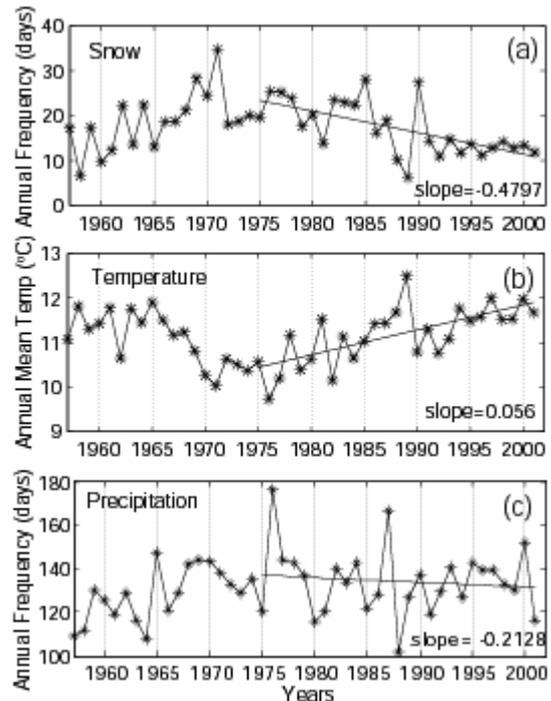


Figura 2.a) Frecuencia anual de días de nieve, b) Temperatura media anual y c) Frecuencia anual de días de precipitación (lluvia y nieve). Los años se corresponden con el periodo septiembre-agosto y *slope* es el valor de la pendiente de la recta de regresión.

Para el mismo periodo, la temperatura (fig 2b) presenta una tendencia creciente de 0.056 °C por año, es decir, aproximadamente 1.5 °C desde 1975 (el coeficiente de correlación entre ambas variables es -0.72). Sin embargo, la ocurrencia de precipitación (tanto en forma de lluvia como de nieve) no presenta ninguna tendencia significativa (fig 2c). Por lo tanto, la disminución en la ocurrencia de nieve en el periodo 1957-2003 no parece relacionada con una disminución de la precipitación sino con un aumento de la temperatura media.

### Downscaling estadístico de ocurrencia diaria

El mejor modelo para predecir la ocurrencia diaria de nieve resultó ser el método de análogos (Lorenz, 1969), utilizando como patrón atmosférico los campos de geopotencial en 500 y 1000 hPa, temperatura en 500 y 850 hPa y humedad relativa en 850 hPa, y como predicción la media de los 30 días análogos.

Las predicciones probabilísticas se convirtieron en 0s y 1s utilizando un umbral específico para la probabilidad prevista en cada estación. Dicho umbral se obtuvo igualando la frecuencia anual media prevista a la observada.

En la figura 3 se puede ver que la predicción diaria de ocurrencia de nieve sólo es útil en aquellas estaciones en las que nieva una media de más de 20 días al año, con tasas de acierto claramente superiores a las falsas alarmas (65% frente a 35%).

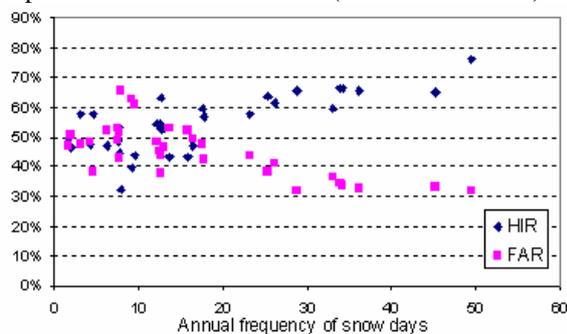


Figura 3. Hit rate  $\text{-probab}(p=1|o=1)\text{-}$  y False Alarm ratio  $\text{-probab}(o=0|p=1)\text{-}$  en función de la frecuencia anual de nieve; cada punto representa una estación (ver Jolliffe y Stephenson, 2003 para la definición de los índices).

### Simulación de la tendencia de frecuencia anual. Estudios de estacionariedad.

En esta última parte del trabajo, el objetivo es analizar la pericia del método de downscaling descrito en el apartado anterior, no ya a escala diaria, sino a escala anual. En la figura 4a se representan conjuntamente las frecuencias anuales observadas y previstas y se ve que el método es capaz de reproducir de manera extraordinaria tanto la tendencia decreciente como la gran variabilidad interanual.

Con el fin de analizar la estacionariedad del método, se realizaron dos nuevos experimentos en los que se utilizó como período de entrenamiento únicamente los diez años consecutivos más fríos y los diez más cálidos (figuras 4b y 4c, respectivamente). En ambos casos se logró reproducir con bastante exactitud tanto la tendencia como la variabilidad interanual.

### Conclusiones y líneas de trabajo futuro

Por una parte, se ha podido constatar una tendencia significativa decreciente en la ocurrencia anual de nieve en el Norte de España en el periodo 1975-2002, simultáneamente a un aumento de la temperatura media (resultados similares a los obtenidos en Brunet et al., 2007) y sin cambios significativos en la ocurrencia de precipitación.

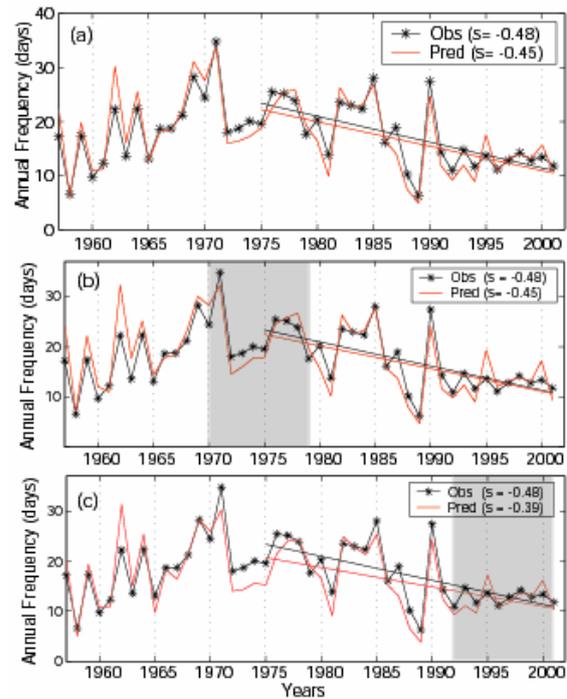


Figura 4. Frecuencia anual de nieve observada (en negro) y prevista (en rojo), junto con sus correspondientes líneas de regresión desde 1975 (la  $s$  representa el valor de la pendiente, en días de nieve al año), considerando distintos periodos de entrenamiento: a) todo el periodo, b) los 10 años consecutivos más fríos, 1970-1980 y c) los 10 años consecutivos más cálidos, 1992-2002.

Por otra parte, el método de análogos descrito es capaz de predecir razonablemente bien la ocurrencia diaria en las estaciones con más de 20 días de nieve al año de media y extraordinariamente bien la frecuencia anual (tanto la tendencia decreciente como la variabilidad interanual).

Los resultados obtenidos en los experimentos de estacionariedad y el hecho de que se obtuvieron resultados similares con patrones más sencillos (y por tanto mejor resueltos por los modelos climáticos) sugieren la posibilidad de analizar escenarios futuros de tendencia de nieve en un contexto de cambio climático mediante este método. Se realizarán nuevos experimentos con simulaciones de modelos climáticos del Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del IPCC.

### Referencias

- Brunet, M., P. D. Jones, J. Sigró, O. Saladié, E. Aguilar, A. Moberg, P. M. Della-Marta, D. Lister, A. Walther, and D. López, 2007: Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850-2005, *J. Geophys. Res.*, 112, D12117.
- Jolliffe, I.T. and D.B. Stephenson, 2003: Forecast verification. A practitioner's guide in Atmospheric Science. Edit. John Wiley & Sons Ltd.
- Lorenz E. N. (1969): Atmospheric predictability as revealed by naturally occurring analogues. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 26, 636-646.
- Pons, M.R., D. San-Martín, S. Herrera and J.M. Gutiérrez, 2008: Snow Trends in Northern Spain. Analysis and simulation with statistical downscaling methods. *Submitted*.