

CLIMATOLOGÍA DE LAS IRRUPCIONES DE AIRE FRÍO EN MALLORCA DURANTE EL PERÍODO 1980-2010 A PARTIR DE LA TEMPERATURA A 850 hPa. INTENSIDAD, DISTRIBUCIÓN TEMPORAL, TIPOS DE TIEMPO ASOCIADOS Y SU CORRELACIÓN CON LOS DÍAS DE NIEVE

Miquel SALAMANCA SALAMANCA¹, Miquel TOMÀS BURGUERA¹, Miquel GRIMALT GELABERT¹

¹*Grup de recerca en climatologia, hidrologia, riscs naturals i territori. Departament de ciències de la Terra. UIB.*
climauib@gmail.com miquel.tomas@gmail.com miquel.grimalt@uib.es

RESUMEN

Las entradas de aire frío generan en Mallorca impactos notables ya que afectan a un entorno social poco adaptado a las bajas temperaturas. Se analiza el ritmo y los límites temporales de la época fría en la isla, los períodos de mayor frecuencia de estas irrupciones y su relación con los episodios de nevadas a cotas bajas. El análisis se efectúa a partir de la media diaria de temperatura y la frecuencia de aparición de la isoterma de 0°C a 850 hPa, para el período 1980-2010. La última semana de febrero concentra los valores promedio más fríos, así como la mayor parte de las nevadas. No obstante, es posible la aparición de entradas frías notables desde finales de octubre hasta principios de mayo. Se han detectado 9 episodios destacables por su duración e intensidad que corresponden a situaciones de vorticidad positiva en la cuenca mediterránea occidental y en circunstancias de tipos de tiempo ciclónico y advecciones de origen continental y componente NE.

Palabras clave: Irrupción de aire frío, nevadas, Mallorca, Jenkinson y Collison, temperatura a 850 hPa.

ABSTRACT

Cold air outbreaks in Mallorca are associated with frost, snow and cold episodes involving impacts on communications, agriculture, and generally over a social environment unsuited to the extreme cold. A climatology of cold events, based on the daily average temperature and occurrence of the isotherm of 0°C in the pressure level of 850 hPa for the period 1980-2010 Results show the last week of February the average values concentrated colder and most of the snow days, especially those falling in higher elevations, although the presence of 0 ° C isotherm is extended from late October to early May. 9 episodes were detected remarkable for its duration and intensity. The weather types observed in cold cold air outbreak and snow days are basically cyclonic type.

Keywords: Cold air outbreak, snowfall, Mallorca, Jenkinson and Collison, 850 hPa temperature.

1. INTRODUCCIÓN

Las irrupciones de aire frío y sus consecuencias en zonas diversas del planeta se han analizado en ámbitos no polares diversos: en América del Norte (Portis et al., 2006), Europa (Walsh et al. 2001), Australia (Jones 2003; Perrin y Simonds 1989) o América del Sur (Bracegirdle y Kolstad 2009), bajo el término “Cold Air Outbreak” o expulsión de aire frío. No existe unanimidad de criterios para encontrar una definición conceptual objetiva y de carácter universal para estos eventos.

En ocasiones, se definen a partir de un umbral de temperatura en el nivel de 850hPa (Hannay 1959). En otros trabajos, se consideran las temperaturas en superficie, en los que se toma como referencia un umbral objetivo, como los 0 ° (Wayland y Raman 1989), o una temperatura de criterio, establecida a partir de cálculos estadísticos (Perrin y Simmonds 1994; Vavrus et al. 2006).

Una irrupción de aire frío debe entenderse como una incursión de aire polar en las latitudes medias que provoca anomalías negativas extremas en la temperatura superficial (Vavrus et al. 2003), que pueden tener incidencia social (Jones 2003).

En Mallorca, las irrupciones frías pueden provocar las nevadas intensas o de afectación geográfica general, así como heladas y temperaturas situadas por debajo del valor medio para la época del año. Se han realizado algunos trabajos sobre los días de nieve (Raso 1985; Salamanca 2012), sobre el riesgo asociado al frío, la nieve y las heladas (Grimalt 1992) e incluso sobre su recurrencia histórica (Segura 2003). La nieve aparece con relativa frecuencia en las cumbres más elevadas de la isla, con 23 días de promedio, pero las nevadas de carácter general resultan poco habituales. En estos casos se producen impactos en las comunicaciones, en el sector agrícola y en general sorprenden a una sociedad escasamente adaptada al frío y a sus consecuencias.

Los perjuicios asociados a este tipo de tiempo se derivan de la intensidad del fenómeno y su afectación territorial. En agricultura también debe relacionarse el fenómeno con el momento del ciclo vegetativo en que se encuentran los cultivos. Así, nevadas o heladas de carácter primaveral suelen ser mucho más dañinas que las nevadas plenamente invernales.

Para determinar la incidencia potencial de este tipo de situaciones atmosféricas y su correlación con los días de nieve en Mallorca, se propone una climatología de las irrupciones de aire frío durante el período 1980-2010.

2. METODOLOGÍA

Se ha calculado la temperatura media de cada uno de los días de octubre a mayo en el nivel de presión de 850 hPa, a partir de los datos diarios extraídos del reanálisis del NCEP/NCAR durante el período 1980-2010 para una latitud de 40°N y una longitud de 2.5°E. Para su procesamiento posterior y representación gráfica se ha calculado la media móvil a 7 días. Se obtiene, mediante el mismo sistema y para el mismo lapso de tiempo, la frecuencia de aparición de la isoterma de 0°C al nivel indicado.

Los límites de la época fría se han establecido en función de la presencia de la isoterma de 0°C al nivel de 850 hPa, circunstancia que puede ir asociada a la precipitación nival en algún punto de la isla, en consecuencia, los meses de octubre a mayo.

La presencia de los 0°C en los niveles medios atmosféricos no explica, por si misma, la intensidad de la irrupción de aire frío ni sus consecuencias directas (nevadas, heladas e impactos sociales). Para aproximar la incidencia potencial de las irrupciones frías se propone relacionar gráficamente y mediante el coeficiente de correlación de Spearman, los días de nieve con la isoterma de 0°C, analizar los extremos fríos, establecer el lapso temporal de máxima ocurrencia y determinar aquellos episodios excepcionales por su duración. Los días de nieve se han obtenido a partir del procesamiento y depuración de los ficheros de la Agencia Estatal de Meteorología en Mallorca.

Para la identificación de los valores extremos se ha restado a la media diaria de temperatura el valor de dos desviaciones típicas y se ha llevado a cabo un suavizado mediante una línea de tendencia semanal. Se obtiene de este modo un umbral que, una vez superado, permitirá diferenciar del resto los valores extremadamente fríos.

Para la selección de los episodios destacados por su permanencia temporal, se consideran aquellos casos en que la anomalía extrema se prolonga durante un mínimo de 3 días consecutivos.

Se estudia finalmente la relación entre los extremos fríos, la vorticidad superficial y la clasificación automática de los tipos de tiempo de Jenkinson y Collison (1977). Los datos de vorticidad y los diferentes tipos de tiempo se obtienen diariamente de los archivos del *Grup de Recerca en Climatologia, Hidrologia, Riscs Naturals i Territori* de la Universitat de les Illes Balears, para el período 1980-2010 y se calculan a partir del viento geostrófico detectado en una malla de 3 x 3 puntos separados por 10° de longitud y 5° de latitud, centrada en 40°N y 5°E. En el ámbito mallorquín se ha demostrado su utilidad para explicar las precipitaciones genéricamente tratadas (Martín-Vide et al, 2010) y los días de nieve en diferentes comarcas naturales (Salamanca 2012).

3. RESULTADOS

3.1. Límites y ritmo de la temporada invernal en Mallorca a partir de las temperaturas a 850 hPa

A partir de la media diaria de temperatura en el nivel de presión de 850 hPa, suavizada por una media móvil en intervalos de 7 días, se ha obtenido una gráfica que constituye un calendario de la época fría en Mallorca (Figura 1).

Según el calendario establecido, la media de temperatura al nivel reseñado disminuye progresivamente a medida que avanza la temporada, con un mínimo (2.37°C) situado el día 20 de febrero. En adelante, las temperaturas se recuperan paulatinamente con algunos altibajos atribuibles a la dinámica atmosférica primaveral. El número de días transcurridos desde el principio de la temporada hasta el mínimo (143) es mayor que del mínimo a final de la temporada (101). Este valor implica que el mínimo de temperatura se sitúa con posterioridad al solsticio de invierno y manifiesta la entrada progresiva del invierno con una transición más abrupta hacia la primavera.

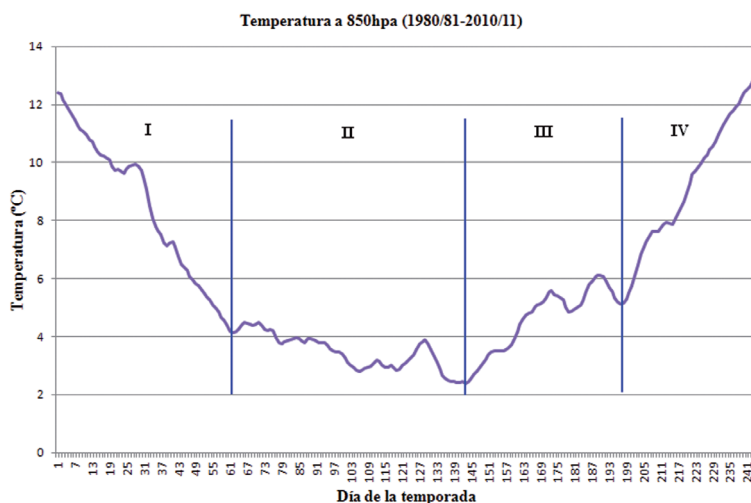


FIG. 1: Media móvil semanal de temperatura entre 1980 y 2010 en el nivel de 850 hPa para 40°N y 2.5°E.

En la figura 1 se observan cuatro períodos con características diferenciadas que se detallan a continuación. En los meses de octubre y noviembre (figura 1, intervalo I) se aprecia una disminución significativa de la temperatura, que pasa de más de 12°C a poco más de 4°C en 61 días. A partir de este momento y hasta el mínimo absoluto del 20 de febrero (figura 1, intervalo II), se observa el

punto álgido del período frío con tendencia a la estabilización de la temperatura en valores por debajo de 4°C. Aunque los valores continúan en descenso, su caída es más suave que en el período anterior (inferior a dos grados en 80 días), atenuada por intervalos de calma invernales detectables en forma de repuntes de temperatura a modo de máximos secundarios. Del 20 de febrero en adelante, la temperatura asciende de manera clara y en general abrupta (figura 1, intervalo III). El día 161 de la temporada (sólo 18 días después del mínimo) se alcanzan los mismos valores que se registraron el día 61. En los meses de marzo y abril la primavera muestra su variabilidad, con la presencia de episodios fríos dentro de una tendencia general alcista en las temperaturas. De final de abril al último día de mayo (figura 1, intervalo 4), se produce el mayor incremento observado de la temperatura, de 7°C en poco más de 40 días, muy uniforme y sin interrupciones u oscilaciones remarcables.

3.2. Ritmo anual del nivel de la isoterma de 0°

Para obtener los límites temporales y los períodos de mayor recurrencia de las irrupciones de aire frío se utiliza la frecuencia diaria absoluta de la isoterma de 0°C en el nivel de 850 hPa (figura 2). Se toma como referencia el punto de congelación debido a su conexión con la cota de nieve. Si se tiene en cuenta la orografía insular (la máxima altitud es el Puig Major 1.445m) raramente se puede registrar precipitación en algún punto de la isla sin que se den valores negativos de temperatura a 850 hPa. No obstante, en determinadas condiciones atmosféricas asociadas a desplomes de aire frío, se pueden producir nevadas con una isocero a mayor altura, pero en este caso la afectación territorial del fenómeno suele ser mínima, reducida a las cumbres y sin impacto social.

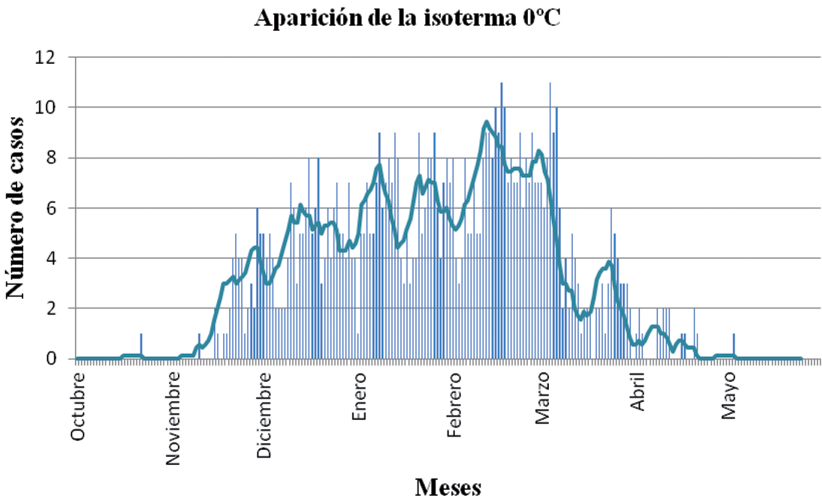


FIG. 2: Frecuencia absoluta diaria de la isoterma de 0°C entre 1980 y 2010 en el nivel de 850 hPa para 40°N y 2.5°E. Media móvil centrada en 7 días.

Los valores térmicos negativos a 850 hPa son posibles en Mallorca desde finales de octubre a principios de mayo. Las frecuencias totales son escasas hasta finales de noviembre. A partir de esta fecha se produce un aumento de los valores progresivo hasta mediados de febrero en que se alcanza la máxima frecuencia. El ascenso no resulta uniforme sino que presenta momentos de mayor frecuencia separados por mínimos relativos. El máximo presenta dos momentos óptimos, uno en

torno al 17 de febrero y otro alrededor del 3 de marzo dándose en ambos casos valores de 11 días con temperaturas negativas durante el período de estudio.

Resulta significativo el descenso repentino del número total de casos en la primera semana de marzo. Se pasa del segundo pico del máximo, día 155 (11 observaciones) a un mínimo relativo día 159 (2 observaciones) en tan solo 4 días. De este momento en adelante la isoterma de 0°C resulta un hecho poco habitual, salvo un ligero incremento a finales de marzo.

Por meses, febrero obtiene los máximos valores relativos (28%). Se refuerza la idea de una distribución claramente invernal (el 74% de los casos observados se produce en invierno, de diciembre a febrero). Su presencia primaveral (marzo, 18%) es marcadamente superior a la otoñal (noviembre, 6%), básicamente como consecuencia de las frecuentes irrupciones frías en la primera semana de marzo. En los meses de mayo y octubre se detecta un único caso por mes, sin significación estadística.

3.3. Relación de episodios fríos extremos

Delimitado el período frío y observado el período de máxima recurrencia de entradas frías en las capas medias atmosféricas, se han localizado los episodios extremos, caracterizados por superar un umbral térmico crítico establecido en dos desviaciones típicas por debajo de la media y por un umbral de persistencia marcado por una duración mínima de 3 días. Se obtienen un total de 9 episodios (Tabla 1).

Fecha	Temperatura a 850hpa (°C)	Afectación Ageográfica de la nevada	Fecha a 850hpa (°C)	Temperatura Ageográfica de la nevada	Afectación
29/11/1980	-3,62	General	20/11/1999	-3,68	Serra de Tramuntana
30/11/1980	-6,20	General	21/11/1999	-5,33	Serra de Tramuntana
01/12/1980	-5,04	Serra de Tramuntana	22/11/1999	-3,70	Sin precipitación sólida
02/12/1980	-3,97	Serra de Tramuntana	25/01/2005	-7,85	General
09/02/1983	-4,42	Serra de Tramuntana	26/01/2005	-8,13	General
10/02/1983	-5,72	Serra de Tramuntana y Levante	27/01/2005	-6,87	Serra de Tramuntana su piedemonte y Levante
11/02/1983	-7,70	General	28/01/2005	-5,45	Serra de Tramuntana su piedemonte y Levante
07/01/1985	-6,35	Serra de Tramuntana y su piedemonte	18/03/2007	-3,00	Sin precipitación sólida
08/01/1985	-9,82	General	19/03/2007	-2,65	Sin precipitación sólida
09/01/1985	-8,02	Serra de Tramuntana y su piedemonte	20/03/2007	-3,05	General
14/01/1985	-7,92	Serra de Tramuntana su piedemonte y Levante	07/03/2010	-4,88	Serra de Tramuntana
15/01/1985	-9,65	Serra de Tramuntana Raiguer y Levante	08/03/2010	-6,35	Serra de Tramuntana
16/01/1985	-6,92	Serra de Tramuntana y su piedemonte	09/03/2010	-6,00	General
10/03/2010	-5,35	General			
22/10/1993	-0,37	Granizo			
23/10/1993	0,35	Sin precipitación sólida			
24/10/1993	0,38	Sin precipitación sólida			
25/10/1993	1,78	Sin precipitación sólida			

TABLA 1: Detalle de los episodios extremos entre 1980 y 2010.

Destaca la presencia de temperaturas ampliamente negativas en las capas medias de la atmósfera durante las irrupciones de aire frío y en la aparición de nevadas en cotas bajas.

3.4. Vorticidad y tipos de tiempo según la clasificación de Jenkinson y Collison, asociados a los días con valores extremos

Los valores diarios de vorticidad obtenidos para la cuenca mediterránea occidental resultan positivos en el 90.3% de los casos, con únicamente 3 jornadas en que se han observado valores negativos.

Al analizar en detalle las tipologías de tiempo según la clasificación de Jenkinson y Collison, se comprueba como los valores negativos de vorticidad se corresponden, obviamente, con las 3 únicas jornadas en que el tipo de tiempo tenía carácter anticiclónico (tabla 2).

Anticiclónico	1
Advección Anticiclónica E	1
Advección Anticiclónica NW	1
Ciclónico centrado	10
Advección Ciclónica N	3
Advección Ciclónica NE	4
Advección Ciclónica NW	1
Advección Ciclónica E	1
Advección NE	2

TABLA 2: Tipos de tiempos asociados a extremos fríos según la clasificación de jenkinson y collison.

Las circulaciones de carácter ciclónico suponen el 79.2% del total de casos, con predominio sobre el resto de tipologías. Los tipos de tiempo anticiclónico suponen el 12.5% y los advectivos puros solamente el 8.3% de los días.

En lo que se refiere a la componente del flujo en aquellos tipos de tiempo en que éste está claramente definido, se aprecia un marcado predominio del primer cuadrante, ligado al origen continental centroeuropeo de las entradas frías (figura 3).

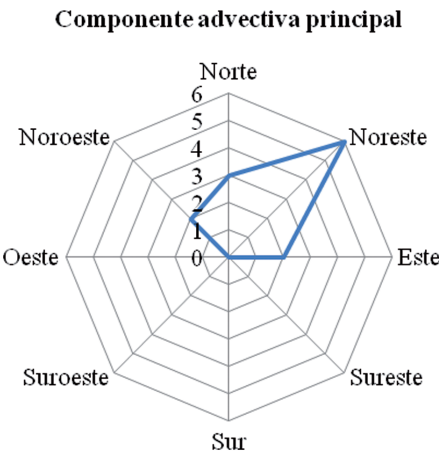


FIG. 3: Componente advectiva principal asociada a extremos fríos

3.5. Relación entre la isoterma de 0°C y los días de nieve en diversos ámbitos geográficos de Mallorca

El relieve de Mallorca genera diferencias en el promedio de días de nieve en función de la altitud del observatorio. Para obtener un resultado acorde a la diversidad territorial, se han correlacionado los datos del observatorio de Lluc, situado a 480 msnm representativo de las cotas intermedias de la Serra de Tramuntana y los casos de nevada general, mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

En la figura 4 se superpone al histograma de valores de la isoterma de 0°C, el número total de días de nieve en los ámbitos geográficos mencionados.

La correlación entre variables (isoterma 0°C y presencia de nieve) se ha calculado mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Existe una correlación positiva en ambos casos, más significativa en Lluc que obtiene un coeficiente de correlación de 0,69. (R^2 : 0,47). Las nevadas generales, obtienen una correlación mucho más discreta. Correlación de Pearson: 0,18. R^2 : 0,03. En este último caso, resulta necesaria la presencia de valores ampliamente negativos en el nivel de 850 hPa (tabla 1) por lo que la isoterma de 0°C en exclusiva no resulta un valor altamente correlacionado. En cambio, la altitud del observatorio de Lluc (490 msnm) permite una correlación más directa.

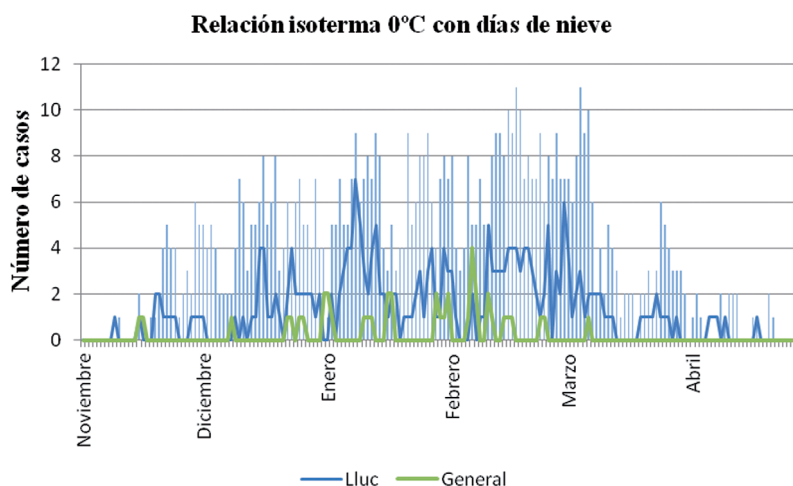


FIG. 4: Relación entre la isoterma de 0°C, los días de nieve en Lluc (490 msnm) y los casos de nevada general. Se consideran como nevadas generales aquellas en que la nieve precipita en cotas entre 0 y 100 msnm.

4. CONCLUSIONES

La temporada fría en Mallorca se extiende de finales de octubre a principios de mayo y puede ser dividida en 4 etapas en función del comportamiento de la temperatura a 850 hPa. El mínimo térmico, se sitúa lógicamente retrasado respecto al solsticio de invierno, día 20 de febrero. Existe asimetría entre el enfriamiento hasta el mínimo y el calentamiento primaveral posterior, de modo que de octubre a febrero la disminución de la temperatura a 850 hPa es paulatina, mientras que de marzo a mayo resulta abrupta. En pleno período frío se han detectado máximos cálidos secundarios atribuibles a periodos de calma invernal.

Las temperaturas negativas a 850 hPa son posibles en cualquier momento del período descrito aunque su distribución es marcadamente invernal (78% de los casos). Su frecuencia se incrementa a

medida que avanza la temporada, siendo máxima en torno al 17 de febrero y el 3 de marzo, con un descenso drástico en primavera. Su relación con las nevadas resulta evidente en lugares montañosos, mientras que para los casos de nevada general su nivel de correlación es más discreto.

Para el período 1980-2010 se han detectado hasta 9 episodios fríos extremos que suponen un total de 31 días. La vorticidad superficial asociada a ellos resulta ciclónica en el 90.3% de los casos y los tipos de tiempo también son preferentemente ciclónicos (79.2%). En aquellos casos en que resulta definida la componente advectiva, se ha apreciado un predominio claro de circulaciones de componente noreste, ligada a la presencia de masas de aire de origen continental eurosiberiano.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el proyecto CGL2011-29263-C02-02 Estructura diaria y 10-minutal de la precipitación y su caracterización sinóptica objetiva en el mar Balear (Baleares).

Datos sobre días de nieve facilitados por AEMET.

REFERENCIAS

- Bracegirdle, T.J.; E.W. Kolstad (2010). Climatology and variability of Southern Hemisphere marine cold-air outbreaks. *Tellus Series A*, 62, 202-208, doi: 10.1111/j.1600-0870.2009.00431.x.
- Grimalt, M. (1992): Geografia del risc a Mallorca. Les inundacions. Palma. Institut d'Estudis Baleàrics.
- Grimalt, M.; Martín Vide, J. y Alomar, G. (2010): Vorticidad y precipitación en el litoral mediterráneo de la Península Ibérica e Islas Baleares (1961-1990), en Fernández, Galán y Cañada, Clima, ciudad y ecosistemas, págs. 129-138, Publicaciones de la AEC, serie A, 7.
- Hannay, A.K. 1959. Cold outbreaks in southern Australia in relation to sub-Antarctic circulations. Symposium on Antarctic Meteorology, Melbourne. Págs 153-175.
- Jenkinson, A.F., Collison F.P. (1977). An initial climatology of gales over the North Sea. Synoptic Climatology Branch Memorandum No. 62, Meteorological Office, Bracknell.
- Jones, M.C. (2003). Climatology of cloud outbreaks with snow over Tasmania. *Australian Meteorological Magazine* núm 52, págs 157-169.
- Portis, D. H., M. P. Cellitti, W. L. Chapman, and J. E. Walsh, 2006: Low-frequency variability and evolution of North American cold air outbreaks. *Mon. Wea. Rev.*, 134, 579-597.
- Raso, J. M. (1985): Uso de la ley binomial negativa para la estimación probabilística de la frecuencia anual de los días de nieve en Baleares. Avances sobre la investigación en Bioclimatología, 545-553. CSIC-Universidad de Salamanca.
- Segura Cortés, Pere A. (2002). Les nevades a Mallorca en el segle XVIII: el cas de 1788. III Congreso Aeclim. Salamanca, M.: Aproximació a la innivació a Mallorca en època contemporània. Memoria del proyecto de investigación del programa de doctorado en geografía de la Universitat de les Illes Balears. Grimalt Gelabert, Miquel (Director de la tesis). UIB. Departamento de ciencias de la tierra. Palma, 2012.
- Vavrus, S., Walsh, J. E. Chapman, W.L. and Portis D. (2006): The Behavior of Extreme Cold Air Outbreaks under Greenhouse Warming. *International Journal of Climatology* núm 26(9) págs 1133-1147.
- Walsh, J. E., Phillips, A. E., Portis, D. H., Chapman, W. L. (2001): Extreme Cold Outbreaks in the United States and Europe, 1948-99. *Journal of climate* vol 14, issue 12 págs 2642-2658. American Meteorological society.