

# VARIABILIDAD DE LAS PRECIPITACIONES EN SIERRA NEVADA Y SU RELACIÓN CON DISTINTOS PATRONES DE TELECONEXIÓN\*

José Miguel Raso Nadal  
*Universidad de Barcelona\*\**

## RESUMEN

El análisis de las precipitaciones registradas en Sierra Nevada y su entorno permite estimar su comportamiento o variabilidad estacional bajo distintos criterios. En primer lugar su gradiente o variación con la altitud, en segundo término su evolución a lo largo del siglo XX y, finalmente, su mayor o menor dependencia de distintos patrones de variabilidad de baja frecuencia.

**Palabras clave:** gradiente pluviométrico, MOi, NAOi, OAi, precipitación, Sierra Nevada, tendencia, SOi, WeMOi.

## Rainfall variability in Sierra Nevada and its relationship with teleconnection patterns

## ABSTRACT

The analysis of the rainfall registered in Sierra Nevada Mountain and its environment allow estimating its behaviour or seasonal variability under different criterions: In first place, rainfall variation with the altitude, in second term rainfall evolution along the XX century and, finally, rainfall dependence of different low-Frequency variability patterns.

**Keywords:** rainfall, MOi, NAOi, OAi, Sierra Nevada, trend, SOi, WeMOi.

## 1. INTRODUCCIÓN

El macizo de Sierra Nevada se localiza en torno a los 37° de latitud norte, al sur de la Península Ibérica. Constituye un paredón alargado que se estrecha y debilita de oeste a este (Fig. 1). Contiene una veintena de picos de altitud superior a 3000 metros, dos de los cuales alcanzan las cotas más altas de la España peninsular, el Mulhacén (3478 m) y el Veleta (3398 m). Ocupa una superficie de casi 175 hectáreas, la mitad de las cuales corresponden al Parque Nacional.

\* Fecha de recepción: 3 de mayo de 2011.

Fecha de aceptación: 24 de junio de 2011-06-06

\*\* Departamento de Geografía. Universidad de Barcelona. C/Montalegre, 6. 08001 BARCELONA (España).  
E-mail: raso@ub.edu

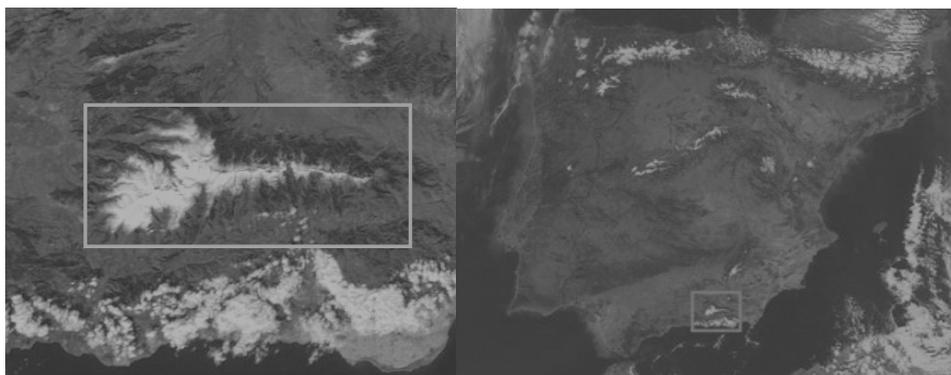


Figura 1: El macizo de Sierra Nevada y su localización en el sureste de la Península Ibérica

El concurso de los distintos factores, zonales y azonales, que condicionan el régimen de los elementos del clima de Sierra Nevada, y particularmente la distribución de las precipitaciones sobre su superficie explican su acusada variabilidad, tanto en el tiempo como en el espacio. En primer lugar, su sometimiento a los efectos alternativos de las masas de aire de origen subtropical y templado, las cuales, a lo largo de la trayectoria que deben seguir antes de alcanzar el macizo, modifican sus condiciones térmicas e higrométricas por influjo, predominantemente, de las aguas atlánticas y mediterráneas, o por efecto de las condiciones bien diferentes que encuentran cuando transitan sobre amplias extensiones territoriales de África septentrional. Por otro lado, la propia orientación y el intrincado relieve resultan determinantes en la diversificación de la distribución pluviométrica sobre el conjunto montañoso y sus alledaños.

La aproximación al estudio de la variabilidad de las precipitaciones sobre Sierra Nevada y su entorno que pretende el presente trabajo comprende tanto el análisis de las características estadísticas medias de las observaciones pluviométricas registradas en las estaciones meteorológicas existentes en el territorio y de su evolución secular, como el contraste de estas series con distintos índices de teleconexión.

## 2. VARIABILIDAD DE LAS PRECIPITACIONES MEDIAS

La agencia Estatal de Meteorología (AEMET) dispone de un apreciable número de observatorios pluviométricos en el área objeto de estudio, sin embargo, son pocos los que cuentan con series de datos amplias y completas. Únicamente la procedente de la estación de Granada-La Cartuja cubre todo el siglo XX y son muchas las que muestran excesivas lagunas. De las restantes series, pocas se remontan más allá de mediados del siglo pasado y la mayoría empiezan a registrar datos en torno a 1960. Por otro lado, como es habitual en regiones montañosas, las carencias aumentan con la altitud, extremo especialmente lamentable cuando se trata de estudiar la distribución de las precipitaciones en un territorio montañoso.

De las series de datos existentes, han sido desechadas todas aquellas que no cuentan con registros pluviométricos de, al menos, 30 años. La mayoría de las seleccionadas cubren, con

algunas deficiencias el período comprendido entre 1960 y los primeros años de la presente centuria. Las lagunas existentes han sido rellenadas tras la estimación de su valor mediante regresión en relación con otras series procedentes de puntos de observación más o menos próximos, una vez comprobada la bondad del coeficiente de correlación entre las respectivas series. A partir de los datos así obtenidos, han sido estimadas las correspondientes medias aritméticas estacionales y anuales que muestra la tabla 1, la cual evidencia la gran variabilidad de las precipitaciones dentro de un territorio de reducidas dimensiones. En efecto, las menores precipitaciones medias anuales se cifran en tan sólo 217,9 mm., mientras que las de mayor cuantía alcanzan los 872,4 mm., un total cuatro veces superior. Proporciones similares se mantienen entre los promedios estacionales mínimos y máximos de las series analizadas, sobre todo los respectivamente obtenidos para primavera y verano, mientras la media de otoño más elevada escasamente sobrepasa al triple de la más baja, en tanto que la de invierno incluso llega a quintuplicarla.

La aludida tabla 1 permite destacar la indigencia pluviométrica del verano, hasta el punto que las medias pluviométricas de esta estación calculadas para los distintos puntos de observación analizados oscilan entre poco más de 10 y menos de 60 mm., gracias esencialmente a las lluvias recogidas durante el mes de junio, en el que, no obstante, tan sólo entre un tercio y menos de la mitad de los años las precipitaciones sobrepasan los 5 mm. y son inexistentes la mayoría de los restantes años, en tanto que esto mismo ocurre aproximadamente entre el 50 y el 70 % de los meses de julio y agosto y son de escasa cuantía cuando llegan a registrarse durante ambos meses. En cambio, el invierno se manifiesta como la estación más lluviosa según la mayoría de las series estudiadas. De esta manera sucede en 25 de los 35 puntos de observación analizados. Sin embargo, las estaciones intermedias, primavera y otoño, reciben unas precipitaciones apreciables, más próximas a las de invierno que a las de verano. Así el indicativo estacional, entendiéndolo como tal la enumeración de las iniciales de las estaciones climáticas según el orden decreciente de las correspondientes medias pluviométricas, es IOPV en 19 puntos de observación y, en otros siete, IPOV, de manera que la preeminencia de las precipitaciones invernales sobre las de las otras estaciones resulta evidente. Los indicativos estaciones correspondiente OIPV y PIOV respectivamente obtenidos para siete y dos series mantienen el invierno como la segunda estación más lluviosa, generalmente sin que sus correspondientes medias pluviométricas difieran mucho de las halladas para las más lluviosas en cada caso.

Tabla 1. Precipitaciones medias anuales y estacionales obtenidas a partir de las series de observaciones pluviométricas disponibles de Sierra Nevada y su entorno

Observatorios	Series	Altitud(m)	PRECIPITACIONES MEDIAS (mm)				
			Año	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Aboloduy	1965-07	460	231,3	62,7	12,7	82,6	73,0
Abrucena	1961-07	975	251,4	73,3	20,9	74,1	83,6
Alcontar	1961-04	954	331,9	98,3	36,1	100,3	97,9
Alhama	1961-00	520	261,5	71,4	16,2	84,0	90,9
Alhedin	1966-04	745	382,0	111,4	22,7	110,9	135,6
Bayárcal	1974-07	1260	544,6	147,3	33,8	171,1	192,4
Bayarque	1965-04	816	397,8	111,4	26,4	137,6	121,7
Berchules	1961-07	1319	654,9	159,4	31,8	194,4	273,1
Cadiar	1961-04	916	579,8	148,1	24,6	173,3	237,3
Diezma	1955-07	1233	521,2	150,4	31,1	132,0	208,9
Dilar	1957-04	990	552,5	167,2	27,4	151,6	207,2
Dúrcal-Presa	1946-92	1800	771,7	226,1	37,0	208,6	303,9
Granada- B. Aérea	1961-04	692	424,4	122,8	21,7	124,3	156,0
Granada-La Cartuja	1898-04	774	455,7	146,7	24,3	130,7	154,0
Guadix	1969-04	905	315,6	101,5	40,9	86,0	86,2
Hornos	1951-90	780	872,4	266,5	58,3	194,4	349,5
Lanjarón	1946-04	707	501,3	139,9	22,8	145,1	194,5
Láujar 921	1949-04	921	509,0	143,0	20,9	153,2	191,8
Láujar 1280	1951-04	1280	598,1	162,1	33,3	174,3	228,0
Láujar 1800	1961-04	1800	680,2	188,5	44,3	200,3	247,8
Nacimiento	1961-07	595	217,9	63,3	15,4	70,1	69,0
Nacimiento-Gilmar	1961-07	1190	259,6	65,7	26,1	85,1	83,0
Nigüelas	1934-04	931	482,5	144,3	25,5	133,7	180,1
Orjiva	1961-08	450	483,6	113,4	16,9	148,1	207,8
Padul	1961-05	753	409,1	111,5	22,7	121,9	154,4
Portugos	1961-04	1120	749,9	184,6	28,2	220,9	320,4
Quéntar- Pantano	1959-07	975	590,3	169,3	30,5	165,7	224,8
Sierra Nevada	1960-01	2507	754,7	198,6	49,2	209,5	297,4
Soportújar	1961-05	707	723,4	185,9	28,8	211,4	297,9
Tahal	1961-05	1010	402,2	114,3	28,2	137,5	123,7
Tíjola	1963-05	680	326,1	91,4	27,0	114,9	91,6
Torvizcón	1966-04	684	552,4	132,3	25,8	167,4	228,7
Trevélez	1965-07	1476	674,5	154,5	25,4	222,8	273,1
Ugíjar	1961-04	559	381,7	95,4	17,9	127,2	142,1
Vélez	1946-86	235	409,8	112,8	15,2	113,7	170,6

### 3. GRADIENTE PLUVIOMÉTRICO ALTITUDINAL

En áreas de relieve irregular, pero, sobre todo, en las grandes formaciones orográficas de relieve prominente, como es Sierra Nevada, las precipitaciones acusan variaciones más o menos importantes con la altitud. Generalmente experimentan un neto incremento con la elevación del territorio que suele moderarse en las cotas de mayor altitud hasta un determinado nivel de óptima pluviometría, a partir del cual puede ocurrir todo lo contrario. La escasez o, lo que es peor, frecuente carencia de observatorios meteorológicos en las áreas montañosas dificulta o impide una aproximación a la evaluación de la variación de las precipitaciones con la altitud, especialmente en los sectores más elevados de cada territorio. Ante la escasez de series pluviométricas en el Parque de Sierra Nevada y su entorno y el interés que merece una evaluación de este tipo, se ha procedido al ensayar el ajuste de las precipitaciones medias estacionales y anuales de los 35 puntos de observación analizados en relación con las correspondientes altitudes de cada punto mediante polinomios de segundo orden, cuyos respectivos análisis de variancia, con valores  $p$  inferiores a 0,05, permiten comprobar la existencia de una relación estadísticamente significativa entre la propia altitud y las medias pluviométricas calculadas para el conjunto del año, así como las de cada una de las cuatro estaciones. Las ecuaciones de ajuste así obtenidas han sido las siguientes:

$$\text{Precipitaciones medias anuales} = 258,01 + 0,268802\text{Alt} - 0,0000215522\text{Alt}^2$$

$$\text{Precipitaciones medias primavera} = 68,32 + 0,080735\text{Alt} - 0,0000096716\text{Alt}^2$$

$$\text{Precipitaciones medias verano} = 10,50 + 0,020719\text{Alt} - 0,0000024593\text{Alt}^2$$

$$\text{Precipitaciones medias otoño} = 77,94 + 0,079602\text{Alt} - 0,0000085210\text{Alt}^2$$

$$\text{Precipitaciones medias invierno} = 102,37 + 0,086224\text{Alt} - 0,0000001987\text{Alt}^2$$

en las que *Alt* representa la altitud expresada en metros. Estas ecuaciones permiten estimar las precipitaciones medias probables para todos aquellos puntos que carecen de series observaciones pluviométricas, así como su variación con la altitud.

A partir de la estimación de las precipitaciones medias correspondientes a distintos puntos del área objeto de estudio, resulta fácil calcular la evolución aproximada de los gradientes pluviométricos para distintas cotas altitudinales, como son los que muestra la tabla 2. Los valores así obtenidos evidencian claramente que los gradientes de mayor cuantía, tanto anuales como estacionales, son los hallados para los sectores de menor altitud, entre 300 y 400 metros. Se trata obviamente de gradientes positivos, es decir indicativos de un incremento de las precipitaciones medias con la altura, que se cifra en cantidades progresivamente decrecientes, al menos hasta niveles de en torno a 2700 metros, para los que se ha estimado la cuantía de los correspondientes gradientes. Es posible que, en cotas de mayor altitud, su valor se reduzca a cero o se cifre en valores negativos, pero la carencia total de registros realizados por encima de los 2550 metros impide determinare incluso formular su evolución falible en los territorios de mayor altitud del conjunto orográfico.

Tabla 2. Gradientes pluviométricos, expresados en mm., de las precipitaciones medias anuales y estacionales, calculados para distintos intervalos altitudinales.

ALTITUD (m)	AÑO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
300-400	25,4	7,4	1,9	7,4	8,6
400-500	24,9	7,2	1,9	7,2	8,6
500-600	24,5	7,0	1,8	7,0	8,6
600-700	24,1	6,8	1,8	6,9	8,6
700-800	23,6	6,6	1,7	6,7	8,6
800-900	23,2	6,4	1,7	6,5	8,6
900-1000	22,8	6,2	1,6	6,3	8,6
1000-1100	22,4	6,0	1,6	6,2	8,6
1100-1200	21,9	5,8	1,5	6,0	8,6
1200-1300	21,5	5,7	1,5	5,8	8,6
1300-1400	21,1	5,5	1,4	5,7	8,6
1400-1500	20,6	5,3	1,4	5,5	8,6
1500-1600	20,2	5,1	1,3	5,3	8,6
1600-1700	19,8	4,9	1,3	5,1	8,6
1700-1800	19,3	4,7	1,2	5,0	8,6
1800-1900	18,9	4,5	1,2	4,8	8,5
1900-2000	18,5	4,3	1,1	4,6	8,5
2000-2100	18,0	4,1	1,1	4,5	8,5
2100-2200	17,6	3,9	1,0	4,3	8,5
2200-2300	17,2	3,7	1,0	4,1	8,5
2300-2400	16,8	3,5	0,9	4,0	8,5
2400-2500	16,3	3,3	0,9	3,8	8,5
2500-2600	15,9	3,1	0,8	3,6	8,5
2600-2700	15,5	2,9	0,8	3,4	8,5

#### 4. VARIABILIDAD PLUVIOMÉTRICA INTERANUAL

El contraste entre las precipitaciones medias calculadas para distintos puntos del territorio, obviamente, no refleja la variabilidad ni la existencia de posibles tendencias o de alternancias entre períodos anuales, sea relativamente lluviosos o sea relativamente secos. La representación gráfica de las precipitaciones anuales registradas en Granada-La Cartuja, la más larga de las series pluviométricas disponibles, junto con un filtro gaussiano, pone de manifiesto la alternancia de años con pluviometría ostensiblemente de desigual cuantía (Fig. 2). Aunque esta alternancia resulta evidente durante la primera mitad del siglo XX, no permite destacar la existencia de tendencia alguna, creciente o decreciente, hasta después de mediar la centuria, en 1963, cuando, tras registrar las máximas precipitaciones anuales desde el inicio de las observaciones, a finales del siglo XIX, sucede un periodo de aportes pluviométricos de menor cuantía, que parece cesar en 1988, año que totalizó tan sólo 254,1 mm., la mínima suma anual de la que se conocen datos. Durante el último decenio del

siglo XX e inicios del actual, parece apreciarse un incipiente incremento que será preciso confirmar con posteriores observaciones.

La representación gráfica de la evolución de las precipitaciones estacionales que muestra la figura 3, pone de manifiesto tanto apreciables afinidades como notables diferencias e, incluso, contrastes con la propia representación realizada con las precipitaciones anuales trazada en la figura 2. En efecto, las precipitaciones de primavera (Figura 3 a), a diferencia de lo que ocurre con las totales anuales, acusan una evolución ligeramente decreciente durante la primera mitad del siglo XX, pero, en los últimos decenios de la centuria, al proseguir, tras una discreta recuperación en torno a 1970, su evolución decreciente, para acabar el siglo con una nueva recuperación, se asemeja a la de las precipitaciones anuales. Las precipitaciones registradas durante la estación cálida (Figura 3 b) sugieren un escasamente apreciable descenso, carente de especial significado por cifrarse en una cantidades de precipitación que tan sólo reflejan la penuria pluviométrica de los meses de verano, especialmente acuciante en julio y agosto.

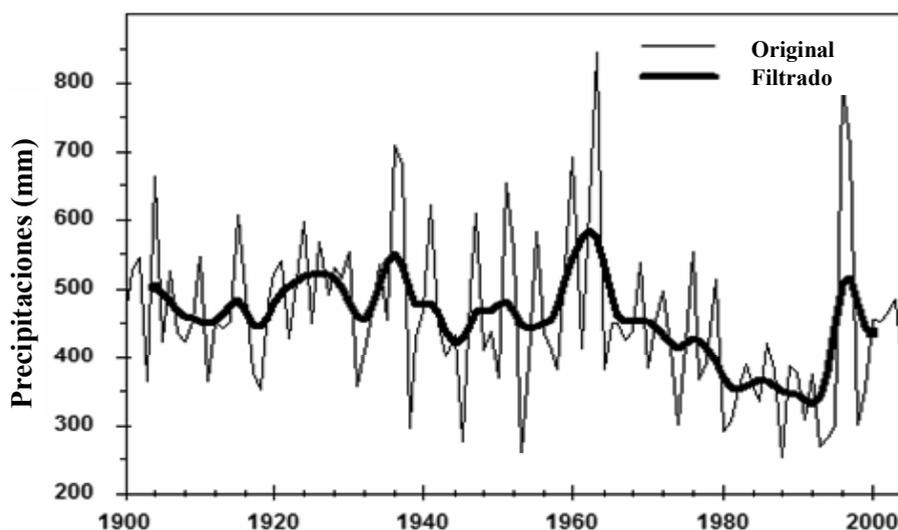


Figura 2. Evolución de las precipitaciones totales anuales en Granada. La línea gruesa representa el valor una vez aplicado un filtro gaussiano

Las series pluviométricas de Granada permiten definir la estación otoñal como la tercera por su pluviosidad, ya que su correspondiente media aritmética (120,3 mm) estacional únicamente supera a la del verano, si bien es similar a la de primavera (124,1 mm). En el Parque de Sierra Nevada y en todo el conjunto de su territorio y aledaños, las medias aritméticas de otoño generalmente superan a las de primavera, tal como se ha destacado anteriormente, pero su evolución relativa mantiene algunos rasgos comunes. Respecto a la primera mitad del pasado siglo, no es posible establecer un contraste entre las precipitaciones registradas en Granada y en las estaciones más o menos próximas a Sierra Nevada o en la propia formación orográfica debido a la carencia de datos sobre este territorio.

Durante los seis primeros decenios, no puede apreciarse una clara tendencia, creciente o decreciente, como ocurre, y así se ha indicado, con los totales anuales. Sin embargo, el filtro gaussiano de la figura 3 c muestra dos breves episodios de menor pluviosidad en los decenios segundo y cuarto, e incluso un tercero, más breve, durante el sexto. Pero, a inicios del octavo decenio, describe un incremento que recuerda el definido en torno casi a los mismos años por los totales anuales, seguido por un descenso posterior, similar en ambos casos, para acabar el siglo con un incremento relativo, algo más temprano en otoño que en el conjunto del año.

Las precipitaciones de los meses de invierno muestran una evolución contraria a la de los totales pluviométricos alcanzados en primavera, al menos hasta aproximadamente los inicios del decenio 1960-1970, según constata la figura 3. Mientras, tal como se ha destacado anteriormente, las lluvias registradas en primavera mostraban una leve tendencia decreciente hasta el séptimo decenio, las totalizadas en invierno sugieren una suave trayectoria creciente, no sin breves o secundarios episodios de signo contrario, tal como muestra la figura 3 d. En cambio, las respectivas evoluciones de ambas estaciones durante los últimos tres decenios, marcada por los respectivos datos filtrados, difieren mucho menos e, incluso, muestran rasgos relativamente semejantes. En primer lugar, una breve tendencia decreciente y, en segundo lugar, un moderado ascenso en los últimos años del siglo, más apreciable en otoño que en invierno.

En definitiva, puede afirmarse que las precipitaciones estacionales de verano y otoño no permiten establecer la definición de una más o menos clara tendencia, ni a lo largo de todo el siglo XX, ni en una amplia parte del mismo. A lo sumo, como así se ha señalado, cabe apreciar la alternancia de episodios, limitados a unos pocos años, de aproximadamente algún decenio de pluviosidad relativamente alta con algún otro de precipitaciones de cuantía predominantemente inferior a la media. Esta alternancia resulta clara en otoño, pero casi imperceptible en verano y prácticamente inexistente en la segunda mitad del siglo. En todo caso, las diferencias entre los promedios estacionales respectivamente calculados para la primera mitad y segunda mitad de la centuria tan sólo difieren en menos de 10 mm la correspondiente a otoño y en menos de 5 la obtenida para la estación estival. En ambos casos los promedios menores son los referentes a la segunda mitad del siglo. Por el contrario, la ligera tendencia creciente de las precipitaciones invernales de la primera mitad de la pasada centuria y la más apreciable de los años siguientes, hasta los inicios del último decenio, parecen compensarse, hasta el punto que las medias aritméticas de la primera y segunda mitad del siglo son casi coincidentes, puesto que la de esta segunda mitad supera en menos de 2 mm a la de la precedente. Los cambios estacionales más destacados y de mayor trascendencia son los experimentados por las precipitaciones de primavera, cuya evolución, aunque con determinadas alternancias entre episodios de pluviosidad de diferente y contrastada cuantía, mantiene una tendencia ligeramente descendente desde inicios del siglo hasta el penúltimo decenio. Consecuencia de esta moderada, pero prolongada evolución decreciente es la diferencia entre la media estacional de la primera mitad del siglo, cifrada en 165,0 mm y la calculada para la segunda, 128,8 mm, suficiente como para alterar el orden de las precipitaciones estacionales por su importe, ya que, en la primera mitad, alcanza una cuantía mayor que las obtenidas por las restantes estaciones y su indicativo estacional es PIOV, mientras que, en la segunda, las precipitaciones medias de invierno alcanzan un valor superior, de manera que el indicativo se transforma en IPOV.

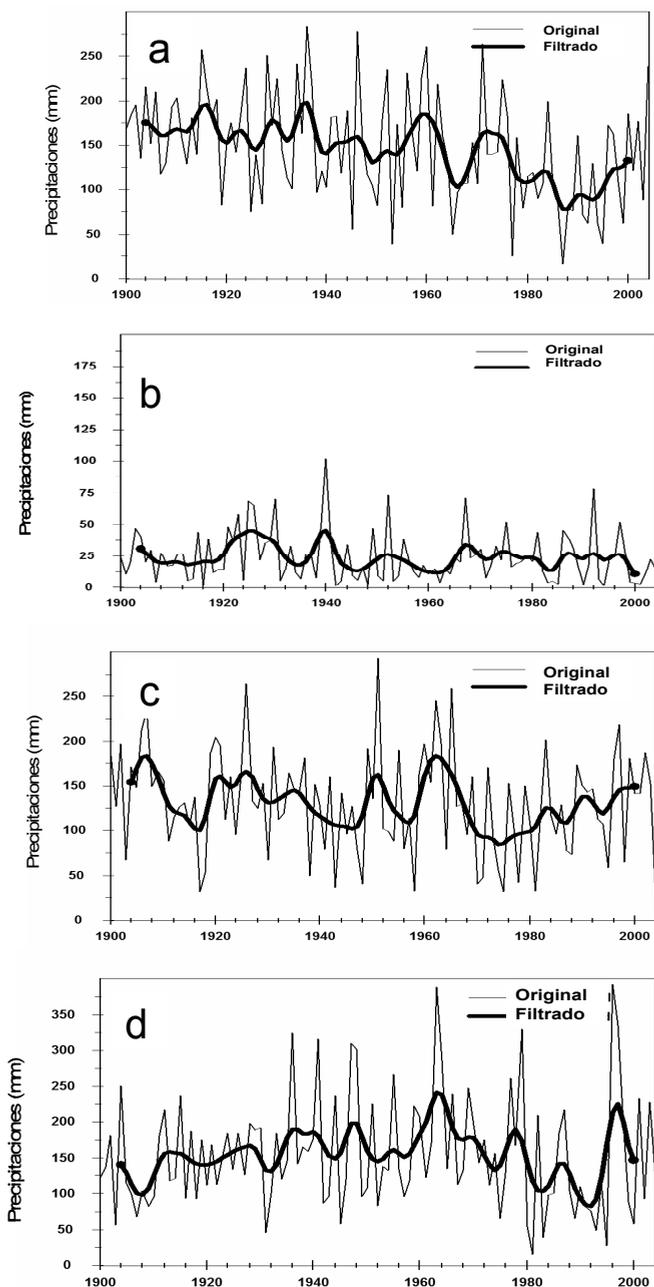


Figura 3. Evolución de las precipitaciones de primavera (a), verano (b), otoño (c) e invierno (d) en Granada. La línea fina representa los valores originales y la gruesa los resultantes de aplicar un filtro gaussiano

No resulta posible analizar la evolución de las precipitaciones anuales y estacionales de los restantes puntos de observación disponibles para el conjunto de Sierra Nevada y territorios colindantes a lo largo de todo el pasado siglo XX, por la falta de series de observaciones pluviométricas, puesto que únicamente la procedente de Granada La Cartuja dispone de datos desde los últimos años del siglo XIX. Las restantes series iniciaron sus actividades hacia mediados del pasado siglo e inicios de su segunda mitad. Con tan limitado número de series, sólo sería factible detectar tendencias muy acusadas que no muestran los análisis realizados. A lo sumo, las precipitaciones registradas en primavera apuntan hacia un posible debilitamiento que será necesario comprobar si realmente se consolida como tal en los próximos años. Las series de verano, otoño e invierno, aunque sometidas a una notable variabilidad interanual, no sugieren ninguna tendencia clara.

## 5. LOS PATRONES DE BAJA FRECUENCIA

La circulación atmosférica muestra patrones de presión a gran escala, frecuentemente persistentes, de recurrencia más o menos periódica, que condicionan la evolución y la variabilidad del tiempo atmosférico y del clima. Se trata de los patrones de teleconexión o, simplemente, teleconexiones, que aparecen como modos de variabilidad natural de la circulación y centros de acción o polos fijos en el espacio. Las distancias entre los polos pueden establecerse entre territorios próximos o lejanos entre sí. La Oscilación del Atlántico Norte, generalmente denominada NAO, según sus iniciales en inglés, constituye la principal fuente de variabilidad estacional del hemisferio norte y representa la más importante factor de inestabilidad del clima en Europa (WANNER, *et al.*, 2001). La definición de un índice NAO (NAOi) suele establecerse como la diferencia entre los valores normalizados de un dipolo barométrico, con un centro situado sobre el Atlántico, al SW de la Península Ibérica y otro sobre Islandia. La relación entre la NAO y las precipitaciones en Europa Occidental y la Península Ibérica ya ha sido puesta de manifiesto en distintos trabajos (HURRELL, *et al.*, 2005, RODÓ, BAERT y COMIN, 1997; MARTÍN-VIDE, 2001). Por otro lado, un estudio reciente han señalado que la relación entre la NAO y la variabilidad de las precipitaciones de otoño e invierno es muy débil en el este de la Península y ha propuesto el establecimiento de un nuevo índice, el índice de Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMOi), definido como la diferencia en valores normalizados de la presión atmosférica entre Cádiz-San Fernando y Padua, para el estudio de las precipitaciones invernales en el este de la Península Ibérica, donde su correlación negativa con la pluviometría es mejor que la ofrecida por la NAO (GONZÁLEZ-HIDALGO, *et al.*, 2008; MARTÍN-VIDE y LÓPEZ-BUSTINS, 2006). Este mismo patrón de teleconexión así como el aludido NAO, ha sido precisamente utilizados en un estudio reciente sobre Sierra Nevada (OLIVA y MORENO, 2008). Además de los posibles efectos de la NAO en la variabilidad de las precipitaciones sobre Península Ibérica y de los relacionados con la WeMO, especialmente evidentes sobre la franja mediterránea, también ha merecido amplio interés el análisis de la relación entre la denominada Oscilación Mediterránea (MO) y las precipitaciones en los territorios peninsulares más o menos próximos al *Mare Nostrum*. La MO, cuyo índice viene definido por la diferencia entre los valores normalizados de la presión atmosférica entre un polo situado al este y otro al oeste del mar Mediterráneo, ha llegado a ser considerada como la circu-

lación regional más importante (MAHERAS, *et al.*, 1999; SUSELJ, 2005). No obstante, la MO está relacionada, con dependencia estacional, con la denominada Oscilación Ártica (OA) y con la aludida NAO (DÜKELOH y JACOBET, 2003). Finalmente, también se ha comprobado que la variabilidad del clima de Europa occidental y sudoccidental muestra determinados vínculos de relación con la Oscilación del Sur (SO), también denominada El Niño Oscilación del Sur (ENSO) (RODÓ, BAERT y COMIN, 1997; ROCHA, 1999; MUÑOZ-DÍAZ y RODRIGO, 2005; SUSELJ, TSIMPLIS y BERGANT, 2008).

Los distintos estudios existentes han comprobado la relación entre las teleconexiones o patrones de baja frecuencia aludidos y la variabilidad de las precipitaciones en la Península Ibérica, pero ninguno de estos patrones se manifiesta como claramente dominante sobre la totalidad, ni incluso sobre la mayor parte de su superficie. La incidencia de la NAO es predominante sobre el oeste y noroeste de la península, pero la franja mediterránea y el noreste es sensible primordialmente a las variaciones de la MO y la WeMO, hasta el punto que la mayor parte de estos territorios desconocen prácticamente cualquier efecto significativo de la NAO.

El Parque de Sierra Nevada, situado próximo a la franja mediterránea, pero ligeramente apartado, y no lejos del océano Atlántico, se encuentra en un espacio de transición entre las áreas que se encuentran respectivamente sometidas a los efectos predominantes de la teleconexión hemisférica NAO y de las citadas teleconexiones mediterráneas, así como a una posible incidencia de la SO y la OA. Con el fin de estimar en qué medida estos patrones de teleconexión, así como los conocidos y anteriormente señalados AO y SO o ENSO, se ha procedido a calcular el coeficiente de correlación de Pearson entre las precipitaciones medias estacionales de los distintos puntos de observación de Sierra Nevada y su entorno y los índices de los cinco patrones de variabilidad de baja frecuencia aludidos. El índice de Oscilación Atlántico Norte (NAOi) ha sido calculado, a partir de los datos ofrecidos en la *web* de la *Climatic Research Unit* (CRU), como diferencia entre las presiones normalizadas respecto al período 1961-1990 del dipolo Gibraltar-Islandia. Los valores mensuales de los índices de Oscilación Mediterránea (MOi), y Oscilación del Sur (SOi), tomados directamente de esta misma *web*, los de la Oscilación Ártica (AOi) bajados de la *web* del *Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean* y, finalmente, los correspondientes al índice de Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMOi), propuesto por MARTÍN-VIDE y LÓPEZ-BUSTINS (2006) utilizando el dipolo San Fernando (España)-Padua (Italia), proceden de la *web* del *Grup de Climatologia* de la *Universitat de Barcelona*. Los coeficientes de correlación obtenidos para el conjunto del verano (meses de junio, julio y agosto) únicamente permiten descartar cualquier tipo de relación entre los cinco patrones de variabilidad de baja frecuencia considerados y las precipitaciones estivales en Sierra Nevada, ya que, de los 156 coeficientes calculados para los 33 puntos de observación analizados, tan sólo 4 podrían considerarse estadísticamente significativos, por cifrarse su valor *p* por debajo de 0,05, extremo explicable por simples circunstancias de azar. En cambio, los coeficientes correspondientes a las restantes estaciones: primavera (marzo, abril y mayo), otoño (septiembre, octubre y noviembre) e invierno (diciembre, enero y febrero), que recoge la tabla 3, muestran distintas relaciones entre los patrones de baja frecuencia considerados y las precipitaciones registradas durante estas tres estaciones, parecidas en unos casos, pero claramente discrepantes en otros.

Los coeficientes de correlación entre las precipitaciones de primavera y respectivos valores NAOi, reflejan una mayor sensibilidad de la pluviometría de esta estación frente a la Oscilación del Atlántico Norte que respecto a cualquiera otro de los patrones de baja frecuencia señalados. En efecto, estos coeficientes, todos negativos, son significativos en 22 de los 33 puntos de observación analizados, trece de ellos con  $p < 0,01$ . También son de signo negativo los coeficientes entre las propias precipitaciones primaverales y los valores MOi, excepto uno, 16 de los cuales son estadísticamente significativos. En ambos casos, los coeficientes indican que la mayor pluviometría suele registrarse con los índices de menor cuantía, generalmente negativos, como es razonable que así suceda, ya que valores de NAOi y MOi comportan presiones atmosféricas relativamente bajas en torno a Gibraltar y, por lo tanto, en las proximidades de Sierra Nevada, condiciones obviamente favorables a la inestabilidad y consiguiente formación de precipitaciones. Los coeficientes relativos a los valores WeMOi, aunque negativos, sólo resultan significativos en diez casos e indican una relación menor que con los correspondientes a MOi. En cambio, puede descartarse una relación significativa de la pluviometría primaveral con los índices de la OA, puesto que sólo seis coeficientes alcanzan valores susceptibles de ser considerados significativos, de los cuales tres son positivos. En realidad, los coeficientes de correlación estadísticamente más significativos son los que relacionan las precipitaciones registradas durante la estación y los valores SOi, ya que 27 son significativos, 22 con valores  $p$  inferiores a 0,01. Sin embargo, a diferencia de la práctica totalidad de los restantes coeficientes calculados para la estación primaveral, se trata de coeficientes positivos, sólo posible porque los dipolos que definen los SOi se encuentra lejos de Sierra Nevada.

Las precipitaciones de otoño muestran una clara dependencia mediterránea. La máxima relación viene expresada por los coeficientes de correlación entre los valores MOi y las precipitaciones totalizadas durante esta estación. En efecto, como muestra la aludida tabla 3, estos coeficientes son significativos nada menos que en 31 de las 33 series pluviométricas analizadas, en 24 de las cuales con valores  $p < 0,01$ . Menos acusada, pero apreciable, es la relación que sugieren los coeficientes relativos a los valores WeMOi, puesto que 21 son significativos. En cambio, la relación de la pluviometría otoñal con los patrones de baja frecuencia NAO y SO parece exigua o escasamente significativa. Los respectivos coeficientes relativos a los índices de ambos patrones, todos de signo negativo, únicamente son estadísticamente significativos en 14 y 13 observatorios respectivamente. Finalmente, la OA resulta totalmente ajena a las precipitaciones registradas en otoño. Sólo uno de los coeficientes de correlación alcanza un valor susceptible de significación, un número fácilmente alcanzable o superable por simple azar.

La Oscilación del Atlántico Norte y la Oscilación Mediterránea muestran una influencia similar en la pluviometría caída en invierno sobre Sierra Nevada y su entorno. La influencia de ambos patrones de baja frecuencia es ostensible, ya que los coeficientes de correlación entre las precipitaciones registradas durante esta estación y los valores de MOi y NAOi, negativos en todos los puntos de observación analizados, son significativos, respectivamente, en 26 y 29 de estos puntos, con valores  $p < 0,01$  en 24 de los correspondientes al MOi y 26 en los referentes al NAOi. Los muy elevados y, obviamente, significativos coeficientes de correlación entre los valores de estos índices obtenidos para la estación invernal (Tabla 4)

Tabla 3. Coeficientes de correlación entre los siguientes índices de oscilación: Oscilación Mediterránea (MOi), del Atlántico Norte (NAOi), del Mediterráneo Occidental (WeMOi), del Ártico (AOi) y del Sur (SOi) y las precipitaciones de primavera, otoño e invierno registradas en distintos puntos de observación de Sierra Nevada y su entorno. (\* $p < 0,01$  y \*\* $p < 0,05$ )

ESTACIÓN	PRIMAVERA					OTOÑO					INVIERNO				
	MOi	NAOi	WeMOi	OAi	SOi	MOi	NAOi	WeMOi	OAi	SOi	MOi	NAOi	WeMOi	OAi	SOi
Aboloduy	-0,27	-0,26	-0,37	0,05	0,53*	-0,46*	0,26	-0,54*	0,23	-0,16	-0,31	-0,42*	-0,48*	-0,17	0,10
Abrucena	-0,29	-0,18	-0,30	0,16	0,19	-0,27	-0,24	0,41*	0,10	-0,19	-0,40*	-0,50*	-0,41*	-0,23	0,10
Alcontar	0,09	-0,04	-0,34**	0,43*	0,27	-0,38**	-0,10	-0,45*	0,11	-0,38*	-0,09	0,00	-0,55*	0,24	-0,02
Alhama	-0,21	-0,28	-0,24	0,11	0,52*	-0,48*	-0,38**	-0,44*	0,08	0,28	0,25	-0,39**	-0,45*	0,18	0,17
Alhedín	-0,49*	-0,59*	-0,25	-0,15	0,50*	-0,54*	-0,27	-0,43*	0,12	-0,21	-0,55*	-0,81*	-0,23	-0,47*	0,09
Bayarque	-0,15	-0,02	-0,41**	0,53*	0,28	-0,41**	-0,02	-0,32	0,13	-0,44*	-0,10	0,04	-0,62*	0,23	-0,19
Berchules	-0,16	-0,32**	-0,18	0,05	0,47*	-0,35**	-0,20	-0,22	0,15	-0,35**	-0,58*	-0,77*	-0,33**	-0,53*	0,09
Cadiar	-0,30	-0,38**	-0,27	0,01	0,52*	-0,42*	-0,32**	-0,39**	0,17	-0,12	-0,68*	-0,75*	-0,39**	-0,46*	0,08
Diezma	-0,16	-0,27	-0,08	-0,18	0,46*	-0,45*	-0,27	-0,24	-0,19	-0,34**	-0,61*	-0,74*	-0,12	-0,53*	0,02
Dílar	-0,39*	-0,55*	-0,23	-0,22	0,48*	-0,54*	-0,36**	-0,25	-0,03	-0,29**	-0,83*	-0,78*	-0,10	-0,50*	0,16
Dúrcal Presa	-0,42**	-0,39**	-0,13	-0,15	0,48*	-0,65*	-0,46*	-0,13	-0,10	-0,22	-0,67*	-0,64*	0,00	-0,43*	0,15
Granada-Cartuja	-0,28	-0,38**	-0,07	-0,21**	0,29*	-0,51*	-0,35*	-0,25*	-0,27*	-0,24**	-0,83*	-0,67*	-0,04	-0,46*	0,00
Guadix	-0,27	-0,38**	-0,23	0,04	0,40**	-0,46*	-0,46*	-0,34	0,04	-0,20	-0,72*	-0,64*	-0,31	-0,58*	0,00
Hornos	-0,37**	-0,36**	-0,16	0,00	0,37*	-0,45*	-0,18	-0,11	-0,23	-0,43*	-0,70*	-0,65*	-0,02	0,35**	-0,16
Lánjaran	-0,34**	-0,41*	-0,30**	-0,12	0,39*	-0,61*	-0,33**	-0,42*	0,06	-0,25	-0,40*	-0,72*	-0,36**	-0,41*	0,06
Láujar 921	-0,26	-0,24	-0,14	0,08	0,36**	-0,42*	-0,35*	-0,42*	0,05	-0,04	-0,72*	-0,60*	-0,56*	-0,27	0,14
Láujar 1280	0,36**	-0,31**	-0,36**	-0,02	0,50*	-0,52*	-0,31**	-0,36**	0,11	-0,14	-0,83*	-0,69*	-0,38**	-0,39*	0,26
Láujar 1800	-0,32**	-0,35**	-0,32**	-0,04	0,37*	-0,50*	-0,30**	-0,06	0,09	-0,23	-0,37*	-0,69*	-0,37*	-0,37*	0,04
Nacimiento	-0,33**	-0,39**	-0,15	0,03	0,36**	-0,38**	-0,23	-0,34**	0,13	-0,43*	-0,33**	-0,51*	-0,53*	-0,24	0,18
Nacimiento-Gil	-0,19	0,24	-0,19	0,01	0,48**	-0,16	-0,18	-0,28	0,13	0,06	-0,18	-0,39**	-0,27	-0,21	0,13
Nigüelas	-0,33**	-0,41*	-0,41*	-0,13	0,38*	-0,70*	-0,38*	-0,45*	-0,07	-0,31*	-0,84*	-0,75*	-0,34**	-0,29**	-0,02
Orjiva	-0,40**	-0,46*	-0,27	-0,08	0,39*	-0,54*	-0,39**	-0,42*	0,32**	-0,33**	-0,66*	-0,60*	-0,36**	-0,39**	0,03
Padul	-0,32**	-0,59*	-0,28	-0,15	0,51*	-0,65*	-0,27	-0,46*	0,02	-0,34**	-0,84*	-0,81*	-0,27	-0,56*	0,11
Portugos	-0,24	-0,36**	-0,15	-0,11	0,46*	-0,35**	-0,26	-0,06	-0,04	-0,20	-0,84*	-0,81*	-0,32**	-0,52*	0,08
Quéntar Pan.	-0,16	-0,38*	-0,03	-0,40*	0,27	-0,43*	-0,24	-0,34**	-0,10	0,14	-0,44*	-0,44*	0,03	-0,13	-0,03
Sierra Nevada	-0,34**	-0,57*	-0,29**	-0,01	0,32**	-0,41*	-0,28	-0,15	-0,09	-0,13	-0,37**	-0,40*	-0,10	-0,09	0,18
Soportujar	-0,44*	-0,48*	-0,36**	-0,01	0,51*	-0,61*	-0,09	-0,36**	0,08	-0,25	-0,84*	-0,72*	-0,38**	-0,51*	0,08
Tahal	-0,13	-0,01	-0,38**	0,48*	0,27	-0,42*	0,13	-0,44*	0,09	-0,15	-0,20	-0,04	-0,65*	0,19	0,19
Tijola	-0,05	0,03	-0,42*	-0,50*	0,18	-0,32**	-0,12	-0,40**	0,16	0,11	-0,26	-0,20	-0,58*	0,20	0,25
Torvizcon	-0,37**	-0,48*	-0,25	-0,06	0,48*	-0,55*	-0,36**	-0,44*	0,13	-0,20	-0,82*	-0,71*	-0,40**	-0,28	0,06
Trevélez	-0,23	-0,31	-0,06	0,10	0,52*	-0,42*	-0,21	-0,25	0,11	-0,34**	-0,51*	-0,75*	-0,34**	-0,53*	0,02
Ugíjar	-0,32**	-0,42*	-0,20	0,01	0,54*	-0,39**	-0,29	-0,47*	0,22	-0,20	-0,70*	-0,39**	-0,38**	-0,41*	0,10
Velez	-0,41**	-0,41*	-0,32**	0,08	0,32**	-0,57*	-0,39**	-0,43*	-0,25	-0,36**	-0,70*	-0,43*	-0,43*	-0,25	-0,36**

sugieren una frecuente coincidencia en el tiempo del carácter, positivo o negativo, de su signo y, por consiguiente, de su influencia en las precipitaciones invernales. Ligeramente menos notoria se muestra la influencia de la Oscilación del Mediterráneo Occidental. Aunque 23 de los respectivos coeficientes de correlación resultan significativos, sólo 13 lo son con valores  $p > 0,01$ . Además, estos coeficientes son, en general, de valor absoluto claramente inferior a los obtenidos con los índices de la MO, aunque debe esperarse que, con apreciable frecuencia, coincida en el tiempo el carácter de su signo, ya que la correlación entre WeMoi y MOi, aunque moderada, resulta significativa. Todavía menor parece la relación de las precipitaciones de la estación fría con la Oscilación Ártica. La significación mostrada por 19 de los 33 coeficientes de correlación entre AOi y la pluviometría de la estación, puede incluso resultar un tanto confusa, ya que los coeficientes calculados, por otro lado, entre OAi y NAOi, que muestra la citada tabla son altamente significativos y, por tanto, muy bien puede interpretarse que unos y otros vengan a reflejar el influjo predominante de la NAO. Finalmente, resulta evidente la falta de toda relación entre la Oscilación del Sur y la pluviometría de invierno en Sierra Nevada y su entorno.

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre distintos índices de oscilación. Los valores en negrita indican coeficientes significativos con  $p < 0,01$  (\*) o  $p < 0,05$  (\*\*)

	PRIMAVERA					VERANO				
INDICE	MOi	NAOi	OAI	SOi	WeMOi	MOi	NAOi	OAI	SOi	WeMOi
MOi		<b>0,64*</b>	0,20	<b>-0,34**</b>	<b>0,58*</b>		0,15	-0,02	<b>0,33**</b>	0,17
NAOi	<b>0,64*</b>		0,46*	<b>-0,31**</b>	<b>0,38**</b>	0,15		<b>0,42*</b>		-0,07
OAI	0,20	<b>0,46*</b>		-0,01	-0,15	-0,02	<b>0,42*</b>		0,27	-0,10
SOi	<b>-0,34**</b>	<b>-0,31**</b>	-0,01		-0,18	<b>0,33**</b>	0,09	0,27		-0,16
WeMOi	<b>0,58*</b>	<b>0,38**</b>	-0,15	-0,18		0,17	-0,07	-0,10	-0,16	

	OTOÑO					INVIERNO				
INDICE	MOi	NAOi	OAI	SOi	WeMOi	MOi	NAOi	OAI	SOi	WeMOi
MOi		<b>0,57*</b>	0,17	0,15	<b>0,57*</b>		<b>0,88*</b>	<b>0,63*</b>	-0,03	<b>0,39**</b>
NAOi	<b>0,57*</b>		<b>0,40*</b>	0,04	0,29	<b>0,88*</b>		<b>0,79*</b>	-0,05	0,23
OAI	0,17	<b>0,40*</b>			<b>-0,35**</b>	<b>0,63*</b>	<b>0,79*</b>		0,04	-0,28
SOi	0,15	0,04	0,01	0,16	0,16	-0,03	-0,05	0,04		-0,02
WeMOi	<b>0,57*</b>	0,29	<b>-0,35**</b>			<b>0,39**</b>	0,23	-0,28	-0,02	

Los coeficientes de correlación entre los índices de los distintos patrones de variabilidad de baja frecuencia analizados que muestra la tabla 4 ponen de manifiesto la existencia de una mayor o menor relación o dependencia entre algunos de estos índices y la más completa independencia entre otros. Así, el coeficiente de correlación entre MOi y NAOi es, además de significativo, el de mayor valor absoluto de los obtenidos para la primavera e implica precisamente a los dos patrones que, como se ha indicado anteriormente muestran una mayor relación con las precipitaciones registradas durante esta estación. También resultan significativos los hallados entre estos dos índices y WeMOi, cuyo correspondiente patrón también muestra, aunque en menor medida, una relación negativa con las precipitaciones primaverales recogidas justamente por un tercio de las series estudiadas. Por otro lado, la discreta correlación entre los índices SOi, por un lado, y MOi y NAOi, por otro, cuyo signo positivo sólo es posible, como se ha indicado anteriormente, por la lejanía del área objeto de estudio de los polos que definen el patrón de Oscilación del Sur, constituyen un indicio de la complejidad de las relaciones entre patrones, la determinación de las cuales requeriría un estudio específico. Así valores SOi positivos comportan frecuentes valores NAOi y MOi negativos, los cuales, a su vez, son indicativos de precipitaciones probables en Sierra Nevada. De esta forma se explica la relación de signo positivo entre el patrón de Oscilación del Sur y las precipitaciones de primavera.

Las moderadas relaciones entre los distintos índices de oscilación relativos al verano, sólo significativas entre NAOi y OAI y entre NAOi y SOi no merecen mayor interés debido a la escasa o nula incidencia de cualquier teleconexión con las precipitaciones de la estación cálida.

La correlación entre el índice del patrón de variabilidad MO, el que muestra una mayor y más clara relación con las precipitaciones de otoño, y tanto el NAOi como el WeMOi se cifra en valores equivalente, ambos positivos y significativos. La más que probable coincidencia del carácter positivo o negativos de sus respectivos índices se explica obvia-

mente por la coincidencia de uno de los dipolos utilizados en su definición. En cambio, las correlaciones entre la OA y la NAO, positiva, y entre la propia OA y la WeMO carecen de efectividad, ya que la relación entre la OA y las precipitaciones de otoño puede considerarse totalmente inexistente.

Finalmente, los índices calculados para la estación invernal mantienen en general una mayor correlación que los obtenidos para las restantes estaciones, excepto el SOi, que, por el contrario, precisamente genera unos coeficientes de correlación próximos a cero con cada uno de los restantes cuatro índices considerados. Pero la incidencia del patrón SO con las precipitaciones de invierno es completamente nula. En cambio, la relación entre los índices MOi y NAOi es ostensiblemente elevada. Se trata de los dos índices más estrechamente correlacionados con las precipitaciones de invierno, estación en la que, además, ambos reflejan una relación mayor con la pluviometría que en cualquiera otra estación. También son claramente significativos los coeficientes entre NAOi y OAi, entre MOi y AOi, y, en menor medida entre MOi i WeMOi, todos los cuales muestran notorias relaciones con las precipitaciones invernales en la región

## 6. CONCLUSIÓN

El análisis de las series pluviométricas disponibles de Sierra Nevada y su entorno permite establecer un incremento de las precipitaciones con la latitud, al menos hasta aproximadamente los 2600 metros, cifrado en gradientes decrecientes. La falta de observaciones procedentes de cotas de mayor altitud impide determinar o estimar la evolución de las precipitaciones hasta las cotas más elevadas de la formación orográfica.

A lo largo de la pasada centuria, se han sucedido períodos o episodios de años con precipitaciones estacionales de cuantía ligera o apreciablemente superior a la media, pero sin que, en conjunto, pueda distinguirse una clara o significativa tendencia creciente o decreciente. Sólo las series primaverales registradas en Granada-La Cartuja, aunque con alternancia de episodios relativamente secos y lluviosos, muestra una ligera evolución decreciente desde principios del siglo XX hasta su penúltimo decenio.

El análisis de la relación entre las precipitaciones y distintos índices de oscilación de baja frecuencia permite establecer diferencias estacionales significativas en la respuesta pluviométrica a estos índices. En primavera, el índice estadísticamente más significativo es relativo a la Oscilación del Sur. Sin embargo, su signo positivo debe resultar de complejas relaciones, posibles por la distancia entre los polos utilizados en su definición y la Península Ibérica. En cambio, de los restantes patrones, el que muestra una mayor incidencia en la explicación de las precipitaciones primavera, es la NAO, por el número de puntos de observación con coeficientes significativos de signo negativo, seguido de la MO. Ninguno de los patrones evidencia una más o menos apreciable influencia en las escasas precipitaciones estivales, mientras que en otoño, el mayor protagonismo corresponde sin duda la MO y, en menor medida, a la WeMO. La NAO y la SO, con coeficientes significativos en menos de la mitad de los casos, escasamente condicionan las precipitaciones de la estación y, de ninguna manera, la OA. Por último, en invierno, únicamente el patrón SO es totalmente ajeno a la pluviometría estacional. Pero los otros cuatro patrones considerados muestran una neta relación con las precipitaciones, especialmente MO y NAO, cuyos in-

dices dan lugar a las correlaciones más significativas, aunque también alcancen semejante consideración los relativos a WeMO y OA.

#### AGRADECIMIENTOS:

La presente investigación se incluye en el proyecto 018/2007 del Organismo Autónomo Parques Nacionales (MMA) y se integra en las actividades del Grupo de Investigación Consolidado SGR2009-868 *Paisatge i paleoambients a la muntanya mediterrànea* de la Generalitat de Catalunya.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DÜKELOH, A. & JACOBET, J. (2003): "Circulation Dynamics of Mediterranean Precipitation Variability 1948-1998". *International Journal of Climatology*, 23, pp.1843-1866.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C., LÓPEZ-BUSTINS, J. A., STEPÁNEK, P., MARTÍN-VIDE, J. & DE LUIS, M. (2009): "Monthly precipitation trends on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula during the second-half of the twentieth century (1951-2000)". *International Journal of Climatology*, 29, pp 1415-1429.
- HURRELL, J. W., VISBECK, M., BUSALACCHI, A., CLARKE, R. A., DELWORTH, T. L., *et al.* (2005): "Atlantic climate variability and predictability: a CLIVAR perspective". *Journal of Climate* 19, pp. 5.100-5.121.
- MAHERAS, P., XOPLAKI, E., DAVIES, T., MARTÍN-VIDE, J., BARRIENDOS, M. & ALCOFORADO, M. J. (1999): "Warm and cold monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation; 1860-1990". *International Journal of Climatology*, 19, pp.1697-1715.
- MARTÍN-VIDE, J. & LÓPEZ-BUSTINS, J. A. (2006): "The Western Mediterranean Oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula". *International Journal of Climatology*, 26, pp.1.475-1.475.
- MARTÍN-VIDE, J. (2001): "El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular". *Investigaciones Geográficas*, 26, pp.41-58.
- MUÑOZ-DÍAZ, D. & RODRIGO, F. S. (2005): "Influence of the Nino-Southern Oscillation on the probability of dry and wet seasons in Spain". *Climate Research*, 30, pp.1-12.
- OLIVA, M. & MORENO, I. (2008): "Sierra Nevada, nexo entre dos patrones de teleconexión: la NAO y la WeMO", in SIGRÓ, J., BRUNET, M. y AGUILAR, E. (Eds.): *Cambio climático regional y sus impactos*. Asociación Española de Climatología, Tarragona, 199-208.
- ROCHA, A. (1999): "Low-frequency variability of seasonal rainfall over the Iberian Peninsula and ENSO". *International Journal of Climatology*, 19, pp.889-901.

- RODÓ, X., BAERT, E. & COMIN, F. A. (1997): "Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation". *Climate Dynamics*, 13, pp.275-284.
- SUSELJ, K. (2005): "Mediterranean Oscillation, the main mode of atmospheric variability above the Mediterranean Region". *Geophysical Research Letters*, pp.1-9.
- SUSELJ, K., TSIMPLIS, M. N. & BERGANT, K. (2008): "Is the Mediterranean Sea surface height variability predictable?". *Physics and Chemistry of the Earth* 33, pp.225-238.
- WANNER, H., BRÖNNIMANN, S., CASTY, C., GYALISTRAS, D., LUTERBACHER, J., *et al.* (2001): "North Atlantic Oscillation concepts and studies". *Surveys in Geophysics* 22, pp.321-381.

**Origen de los datos relativos a distintos índices de teleconexión:**

AOi; Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean: <http://jisao.washington.edu/ao/>

MOi; Climatic Research Unit: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/moi/moig.dat>

NAOi, Climatic Research Unit: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm>

SOi; Climatic Research Unit: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/soi.htm>

WeMOi, Grup de Climatologia, Universitat de Barcelona: <http://www.ub.edu/gc/English/wemo.htm>

