

Estudo da variabilidade intra-anual e da distribuição espacial da precipitação decenal na Península Ibérica

Liliana Caramelo⁽¹⁾, Armando Soares⁽¹⁾, Maria Dolores Manso Orgaz⁽²⁾

⁽¹⁾Departamento de Física, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5000-911 Vila Real, Portugal, lcaramel@utad.pt, asoares@utad.pt

⁽²⁾Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal, maria.dolores@ua.pt

Sumário: neste trabalho fez-se um estudo da variabilidade intra-anual e da distribuição espacial da precipitação decenal na Península Ibérica. A aplicação dos modos S e T do método das componentes principais com rotação permitiu identificar os três principais padrões de variabilidade da precipitação decenal. A variabilidade intra-anual é caracterizada por três modos. O primeiro modo caracteriza-se por um máximo localizado no inverno e está associado à costa ocidental e à costa sul peninsular. A configuração do segundo modo define regiões localizadas no interior norte e sudeste da Península Ibérica e, apresenta dois máximos. O primeiro máximo aparece na primavera e o segundo no final do verão/início do outono. O terceiro modo define uma região localizada no interior norte oriental da Península Ibérica e, a variação intra-anual caracteriza-se por um máximo e um mínimo. O mínimo ocorre entre os meses de Janeiro e Julho enquanto que, o máximo surge entre Agosto e Dezembro.

1. INTRODUÇÃO:

É sabido desde a antiguidade que, o clima varia naturalmente em diferentes escalas espaciais e temporais. Nos últimos anos, a variabilidade climática é discutida e investigada, o que é

demonstrado pelos diversos trabalhos publicados na literatura: Cahalan, 1983, Fraedrich et al., 1992, Drosowsky, 1993, Hogg, 1995, Hurrell e van Loon, 1995, Kutiel et al., 1995, Yin, 1999, Matayo, et al. 2000, Zhou et al., 2001 e Papineau, 2001.

Hurrell e van Loon (1995) analisaram o efeito dos índices teleconectivos na precipitação e na temperatura no Hemisfério Norte. Marshall et al. (2001) atribuíram a variabilidade climática, no Atlântico Norte, a três fenómenos interligados: TAV (Tropical Atlantic Variability), NAO (North Atlantic Oscillation) e MOC (Atlantic Meridional Overturning Circulation). E, a uma escala mais pequena, Zorita et al. (1992) verificaram que, o fenómeno de precipitação intensa na Península Ibérica (PI) está relacionado com anomalias negativas do SLP da região leste do Atlântico Norte, registando-se também uma intensificação dos ventos no sudoeste europeu. Rodó et al. (1997) demonstram que, a PI está sobre a influência da NAO e do SOI, mas em escalas temporais e espaciais diferentes. Rodríguez-Puebla et al. (1998) investigaram a variabilidade espacial e temporal da precipitação anual na PI, relacionando o campo de precipitação com padrões de circulação como o índice NAO, o SOI, o EA e o SCAND. Em 2001, Rodríguez-Puebla et al. estudaram a relação entre os índices de circulação atmosférica com a precipitação registada no inverno. Nieto et al. (2004) analisaram os padrões

de variabilidade da precipitação no inverno, na PI, obtidos com dados observados, dados do projecto de reanálise do NCEP-NCAR e dados de dois modelos. À escala regional, Saéñz et al. (2001) estudaram a variabilidade interanual da precipitação de inverno no nordeste peninsular enquanto que, Lana et al. (2004) analisaram a variabilidade espacial e temporal da precipitação diária na Catalunha.

Nos trabalhos de Zorita et al. (1992), Rodó et al. (1997), Rodríguez-Puebla et al. (1998; 2001) e Nieto et al. (2004) estuda-se a variabilidade da precipitação anual e sazonal na PI. Mas, nesta região, a precipitação caracteriza-se por uma elevada variabilidade espacial e temporal (Esteban-Parra et al., 1998). E, a variabilidade tem um impacto elevado nas actividades económica da região, nomeadamente, na gestão dos recursos hídricos, na produção agrícola e no turismo. Por este motivo, é necessário um estudo mais detalhado da variabilidade da precipitação e que utilize uma variável distinta da precipitação anual e invernal. Os resultados obtidos com este estudo poderão ser essenciais para futura aplicação a um modelo de previsão.

Desta forma, o estudo da distribuição da variabilidade pelos meses ano (variabilidade intra-anual) e a obtenção das estações do ano de um ponto de vista da variável estudada foi obtida com o modo-S e o modo-T do método das componentes principais com rotação (MCPR) a dados de reanálise. Previamente, os dados de reanálise da precipitação foram agrupados constituindo médias de dez dias (médias decendiais), o que permitiu um estudo climatológico interessante para esta região.

2. DADOS

2.1. Área de estudo

A PI está localizada entre os 36° e 44° de latitude norte, na zona dos climas temperados do

Hemisfério Norte. É banhada a norte e a ocidente pelo Oceano Atlântico e, a sul e a leste pelo Mar Mediterrânico. Contribuem para a diversidade climática desta região três aspectos: a sua localização relativamente às massas de água, a sua localização relativamente à circulação geral da atmosfera e a sua variada e complexa orografia.

O primeiro factor traduz-se pelo efeito moderador das águas e faz-se sentir em toda a PI, nomeadamente nas zonas costeiras. A faixa ocidental peninsular é caracterizada por um clima moderado devido à proximidade da grande massa de água do Atlântico. Na costa mediterrânica, o clima é menos moderado devido à menor extensão de água. Relativamente ao segundo factor, a PI está localizada entre o cinturão dos anticiclones subtropicais e o cinturão das depressões subpolares, ou seja, situa-se na zona das circulações de oeste. Assim, durante o inverno predominam os ventos de oeste e noroeste e o anticiclone subtropical do Atlântico Norte está deslocado para sul dos Açores. No verão ocorre um enfraquecimento da depressão subpolar da Islândia, deslocando-se o anticiclone subtropical dos Açores para norte, desenvolvendo-se simultaneamente, no interior da PI, uma depressão de origem térmica. A conjugação destes factores induz ventos intensos de norte na costa ocidental peninsular, os quais são advectores de ar frio à superfície. Os verões na faixa ocidental da península são moderados por estes ventos que, também induzem o afloramento das águas costeiras. Na faixa oriental, os ventos são predominantemente dos quadrantes sul e leste e estão associados à advecção de massas de ar do Mediterrânico e do norte de África. Contribuem ainda para a diversidade climática a orografia, a natureza dos solos e o tipo de vegetação.

2.2. Dados

Neste estudo utilizamos dados de reanálise do NECP/NCAR (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/ncep/>) de 1958 a 1997. Da rede original dos dados superficiais de reanálise extraímos dados de 25 pontos entre 9,3750°W e 1,8750°E de longitude e 37,1422°N e 42,8564°N de latitude. Os valores diários de precipitação foram agrupados em médias de dez dias (médias decendiais) para cada mês no período 1958-1997. Para cada mês e no período em estudo, calculou-se o valor médio das médias decendiais. A esta base de dados aplicamos o modo-S e do modo-T do MCPR.

2.3. Métodos

Neste estudo aplicou-se o MCPR, a médias decendiais de precipitação, o qual está bem documentado na literatura (Jolliffe, 1986; Flury, 1988; Preisendorf, 1988; Jackson, 1991; Cuadras, 1991; von Storch, 1994 e von Storch e Zwiers, 1998) pelo que, não será abordado neste artigo. Neste trabalho adoptámos a metodologia proposta por von Storch (1994) e, von Storch e Zwiers (1998).

Esta técnica multivariada permite uma redução da dimensão das variáveis, retendo os principais modos de variância. Por sua vez, a rotação permite obter padrões estáveis estatisticamente o que conduz a uma melhor interpretação dos resultados (Richman e Lamb, 1984, Cheng et al., 1994, von Storch e Zwiers, 1998).

3. Resultados

3.1. Variabilidade da precipitação

Com o objectivo de identificar os principais padrões de variabilidade da precipitação agrupada em períodos de 10 dias, aplicámos o MCPR (modo S) às médias dos valores médios decendiais da precipitação, no período 1958-1997.

Na Tabela I apresentamos os valores da variância total explicada por cada um dos três principais primeiros modos de variabilidade da precipitação decencial. Os três primeiros autovalores explicam 80,1% da variância total e, consequentemente, descrevem o comportamento da precipitação decencial.

	Percentagem da variância explicada	
	Modo S %	Modo T %
EOF1	49,7	48,4
EOF2	22,1	34,4
EOF3	8,3	9,9

Tabela I – Percentagem de variância explicada pelas três principais funções empíricas ortogonais (EOF).

O primeiro modo explica cerca de metade (49,7%) da variabilidade associada à precipitação decencial e, representa a principal fonte de variabilidade. O padrão da primeira função própria (EOF1) está representado na figura 1(a) e reflecte uma estrutura bipolar.

Esta estrutura mostra um comportamento oposto entre o oeste e o leste da área em estudo. Os valores máximos registam-se na zona ocidental e costa sul peninsular enquanto que, os valores mínimos (valores negativos) caracterizam a zona nordeste da península. Estes resultados significam que, as séries temporais utilizadas e situados na zona ocidental e na costa sul da PI representam adequadamente a variação intra-anual da precipitação decencial nesta zona.

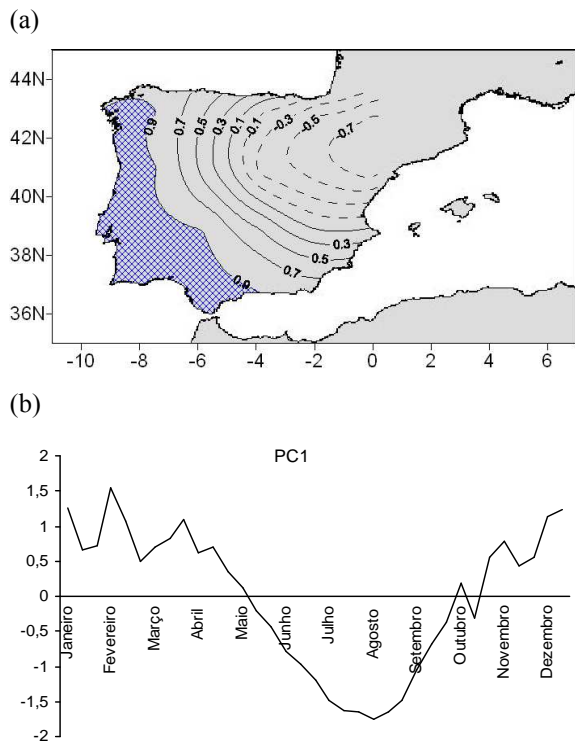


Figura 1 – Mapas das EOF da precipitação decendial e evolução temporal das respectivas componentes principais: (a) EOF1; (b) PC1. As isolinhas estão traçadas com um intervalo 0,2.

Na figura 1(b) apresentamos a evolução dos respectivos coeficientes temporais. A variabilidade intra-anual da precipitação apresenta um máximo que se estende desde meados de Outubro até Maio. O mínimo aparece no final de Maio e prolonga-se até ao final de Setembro. No entanto, a PC1 tem um máximo absoluto no primeiro decêndio de Fevereiro e o mínimo absoluto regista-se no primeiro decêndio de Agosto.

O segundo modo ortogonal contribui com 22,1% da variabilidade total. Na figura 2(a) apresentamos a distribuição espacial da variação intra-anual da precipitação para este modo. Nesta configuração, os valores mais elevados da EOF2 estão associados a zonas localizadas no interior norte e sudeste da PI.

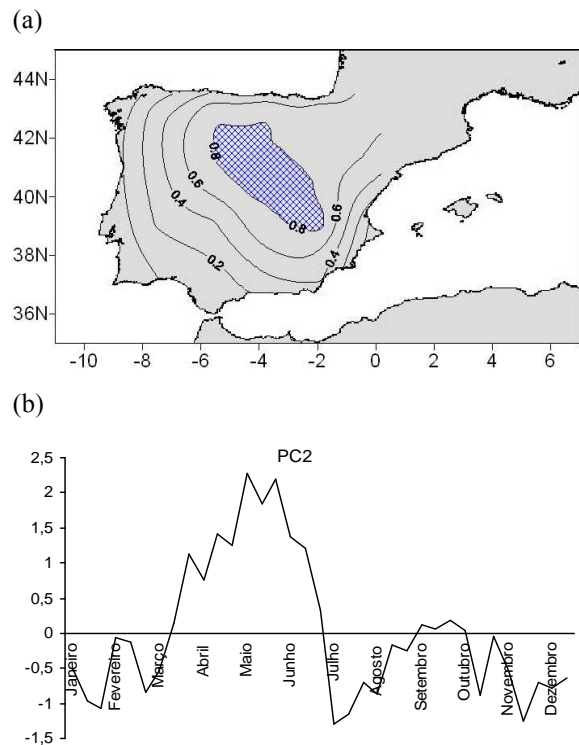


Figura 2 – Mapas das EOF da precipitação decendial e evolução temporal das respectivas componentes principais: (a) EOF2; (b) PC2. As isolinhas estão traçadas com um intervalo 0,2.

Nesta área, a variação intra-anual apresenta dois máximos e três mínimos (figura 2(b)). O primeiro máximo estende-se desde o segundo decêndio de Março até ao terceiro decêndio de Junho e, o segundo máximo, menos proeminente, localiza-se no mês de Setembro. O primeiro mínimo aparece nos três primeiros meses do ano (Janeiro, Fevereiro e Março), o segundo mínimo surge nos meses de Julho e Agosto e, o terceiro mínimo revela-se no último trimestre do ano (Outubro, Novembro e Dezembro). É ainda de salientar que, nesta área, o primeiro máximo surge aproximadamente 3 a 4 meses mais tarde do que na região caracterizada pela primeira função.

A figura 3(a) representa uma região localizada no interior norte oriental da PI. Nesta área obtivemos os valores mais elevados para a terceira função empírica ortogonal.

Esta função explica 8,3% da variância e a variação intra-anual caracteriza-se por um máximo e um mínimo (figura 3(b)). O mínimo é bastante longo na escala temporal e, ocorre entre os meses de Janeiro a Julho enquanto que, o máximo surge entre Agosto e Dezembro. O máximo absoluto regista-se entre o segundo e o terceiro decêndio de Setembro e, no primeiro decêndio de Julho regista-se o mínimo absoluto.

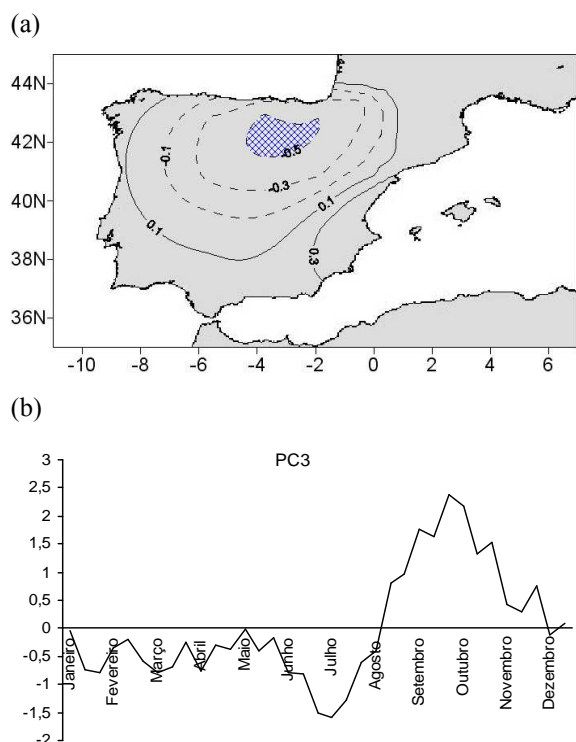


Figura 3 – Mapas das EOF da precipitação decenal e evolução temporal das respectivas componentes principais: (a) EOF3; (b) PC3. As isolinhas estão traçadas com um intervalo 0,2.

3.2. Distribuição da precipitação

A aplicação do modo-T da MCPR aos valores médios decenciais da precipitação revelou-nos as estações astronómicas (inverno, primavera, verão e outono) do ponto de vista da precipitação.

A primeira função própria (EOF1) explica 48,4% da variância. Os resultados obtidos, e apresentados na Tabela II, sugerem que a PC1 está fortemente associada aos dois últimos períodos

decenciais de Dezembro, aos meses de Janeiro e de Fevereiro, e ao primeiro período decenal de Março.

Decêndio		PC1	PC2	PC3
1-10	Janeiro	0,98		
11-20	Janeiro	0,97		
21-30	Janeiro	0,94		
1-10	Fevereiro	0,98		
11-20	Fevereiro	0,99		
21-28	Fevereiro	0,97		
1-10	Março	0,94		
11-20	Março	0,91	0,34	
21-30	Março	0,74	0,44	
1-10	Abril	0,71	0,66	
11-20	Abril	0,44	0,84	
21-30	Abril	0,42	0,86	
1-10	Maio	0,34	0,91	
11-20	Maio		0,97	
21-30	Maio		0,97	
1-10	Junho		0,98	
11-20	Junho		0,98	
21-30	Junho		0,96	
1-10	Julho		0,97	
11-20	Julho		0,94	
21-30	Julho		0,92	
1-10	Agosto		0,90	0,37
11-20	Agosto		0,82	0,47
21-30	Agosto		0,77	0,60
1-10	Setembro		0,71	0,67
11-20	Setembro		0,40	0,83
21-30	Setembro	0,34	0,42	0,80
1-10	Outubro	0,43		0,82
11-20	Outubro	0,74		0,48
21-30	Outubro	0,66		0,69
1-10	Novembro	0,77		
11-20	Novembro	0,93		
21-30	Novembro	0,86		0,38
1-10	Dezembro	0,88		0,41
11-20	Dezembro	0,97		
21-30	Dezembro	0,96		

Tabela II – Funções temporais associadas às principais EOF da precipitação decenal (os valores inferiores a 0,32 não constam na tabela pois não são estatisticamente significativos para o nível de confiança de 95%).

Os valores máximos da primeira componente principal obtiveram-se para o período Dezembro a Fevereiro (valores superiores 0,94) e, assim, podemos associar este período ao inverno.

A distribuição espacial da precipitação para o inverno é representada pela figura 4. Neste período do ano, o máximo de precipitação está localizado na costa norte ocidental portuguesa, na costa norte da Galiza e na Cantábria. O mínimo regista-se na região da Catalunha e nas regiões Múrcia e Alicante.

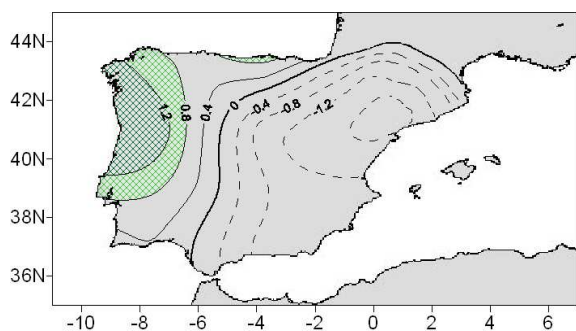


Figura 4 - Distribuição espacial dos valores decendiais da precipitação: PC1

A PI localiza-se entre a faixa dos anticlones subtropicais e a faixa das depressões subpolares, ou seja, situa-se na zona das circulações do oeste. Durante o inverno, o anticiclone subtropical do Atlântico Norte situa-se a sul dos Açores e estende-se, em média, em crista sobre a PI. Nesta época do ano, a PI é afectada predominantemente pelos ventos de oeste e noroeste. Em particular, a costa ocidental da PI está fortemente exposta às influências atlânticas, isto é, às massas de ar húmidas provenientes do Atlântico. Acresce a este facto, o papel desempenhado pela orografia, nomeadamente, o Sistema Galaico-Português, que produz o efeito de estancamento das massas de ar húmido, sobretudo na costa norte de Portugal e na costa galega.

O segundo factor explica 34,4% da variância. Os valores da Tabela II indicam que esta estação do

ano está associada aos meses de Maio, Junho e Julho. Os valores mais significativos correspondem aos dois primeiros períodos decendiais de Junho. É, pois, natural associar este período do ano ao final da primavera/início do verão. A figura 5 mostra a distribuição espacial da precipitação referente a este período do ano.

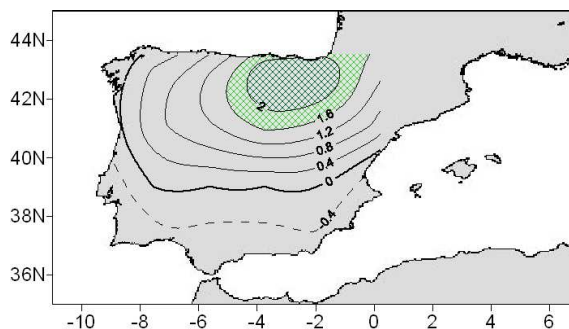


Figura 5 - Distribuição espacial dos valores decendiais da precipitação: PC2.

No final da primavera/início de verão, os valores máximos da precipitação registam-se no norte oriental da PI (País Basco, Navarra e Rioja) e os mínimos na costa sul portuguesa e costa sul mediterrânica espanhola.

Durante o verão verifica-se que o anticiclone dos Açores está deslocado para norte e há um enfraquecimento da actividade da depressão subpolar da Islândia. Paralelamente, no interior da PI, desenvolve-se uma depressão de origem térmica. A associação destes factores induz ventos intensos dos quadrantes norte e nordeste. Na costa ocidental da PI, estes ventos são advectores de ar frio e seco e, na zona oriental da PI, predominam os ventos dos quadrantes sul e leste, advectores das massas de ar do Mediterrâneo e do Norte de África.

A terceira EOF explica 9,9% da variância e refere-se ao período entre o segundo decêndio de Setembro e o segundo decêndio de Outubro (Tabela II). A figura 6 mostra que, durante o outono, a

quantidade máxima de precipitação é registada na costa leste mediterrânica, na região da Catalunha e na região valenciana.

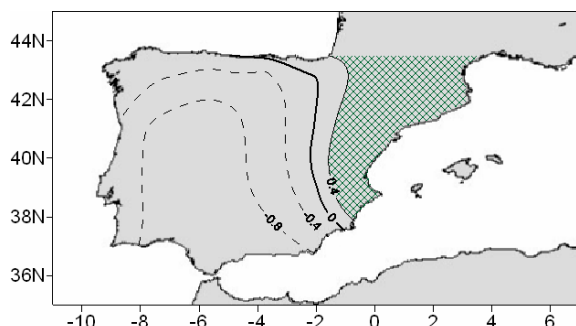


Figura 6 - Distribuição espacial dos valores decendiais da precipitação: PC3.

Neste período do ano, a precipitação, na região da Catalunha, resulta fundamentalmente de actividade convectiva local em regiões de elevada altitude, e da convergência de circulação de meso-escala (brisas marítimas), em regiões localizadas ao longo da costa mediterrânica.

Na costa leste e sudeste de Espanha, segundo Sumner et al. (2001), as trovoadas são geradas mais facilmente, e são mais severas, durante a transição entre o verão e o outono, ou seja, entre o final de Agosto e o final de Outubro, quando os ventos de oeste se intensificam.

4. Conclusões

Relativamente à variabilidade intra-anual na PI, a precipitação apresenta características bem definidas em três estações astronómicas. A estação de Inverno, que ocorre durante os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro e, é bem definida numa região localizada no noroeste peninsular. A estação de verão inicia-se em Maio prolongando-se por Junho e Julho e, está relacionada com uma região situada no norte peninsular. Finalmente,

podemos associar a estação de outono aos meses de Setembro e Outubro, cujas características são evidentes numa zona situada na costa leste mediterrânica.

Referências

- Cahalan RF, 1983. EOF spectral estimation in climate analysis. In Proceedings of Second International Meeting in Statistical Climatology, Lisbon, Portugal: 4.1.5-4.5.7.
- Cuadras CM, 1991. Métodos de Análisis Multivariante, P.P.U.
- Drosdowsky W, 1993. An analysis of Australian seasonal rainfall anomalies: 1950-1987. II: Temporal variability and teleconnection patterns. *International Journal of Climatology* 13: 111-149.
- Esteban-Parra MJ, Rodrigo FC, Castro-Díez Y. 1998. Spatial and temporal patterns in Spain for the period 1880-1992. *International Journal of Climatology* 18: 1557-1574.
- Flury B, 1988. Common Principal Components and Related Multivariate Models, John Wiley and Sons
- Fraedrich K, Muller K, 1992. Climate anomalies in Europe associated with ENSO extremes. *International Journal of Climatology* 12: 25-31.
- Hogg WD, 1995. Cycles and trends in time series of Canadian extreme rainfall. In Proceedings of Sixth International Meeting in Statistical Climatology, University College, Galway: 257-278.
- Hurrell JW, van Loon H, 1995. Decadal Trends in the North Atlantic oscillation and relationships to regional temperature and precipitation. In Proceedings of Sixth International Meeting in Statistical Climatology, University College, Galway vol 1, 185-188.
- Jackson JE, 1991. A user Guide to Principal Components, John Wiley and Sons
- Jolliffe IT, 1986. Principal Component Analysis. Nova York, Springer-Verlag.
- Kutiel H, Maheras P, Guika S, 1996. Circulation and extreme rainfall conditions in the eastern Mediterranean during the last century. *International Journal of Climatology* 16: 73-92.
- Lana X, Martínez MD, Serra C, Burgueño A, 2004. Spatial and temporal variability of the daily rainfall regime in Catalonia. *International Journal of Climatology* 24: 613-641.
- Marshall J, Kushnir Y, Batisti D, Chang P, Czaja A, Dickson R, Hurrell J, McCartney M, Saravanan R, Visbeck M, 2001. North Atlantic climate variability: phenomena, impacts and mechanisms. *International Journal of Climatology* 21: 1863-1898.
- Matayo I, Semazzi FHM, Ogallo LJ, 2000. ENSO signals in East African rainfall seasons. *International Journal of Climatology* 20: 19-46.

Nieto S, Frías MD, Rodríguez-Puebla C, 2004. Assessing two different climatic models and the NCEP-NCAR reanalysis data for description of winter precipitation in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology* 24: 361-376.

Papineau JM, 2001. Wintertime temperature anomalies in Alaska correlated with ENSO and PDO. *International Journal of Climatology* 21: 1577-1592.

Preisendorfer RW, 1988. *Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography. Developments in Atmospheric Sciences* 17. Amsterdam, Elsevier.

Rodó X, Baert E, Comin FA, 1997. Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation. *Climate Dynamics* 13: 275-284.

Rodríguez-Puebla C, Encinas AH, Nieto S, Garmendia J, 1998. Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology* 18: 299-316.

Rodríguez-Puebla C, Encinas AH, Saénz J, 2001. Winter precipitation over the Iberian Peninsula and its relationships to circulation indices. *Hydrology and Earth System Sciences* 53: 233-244.

Sáenz J, Zubillaga J, Rodríguez-Puebla C, 2001. Interannual Variability of Winter Precipitation in Northern Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology* 21: 1503-1513.

Sumner G, Homar V, Ramis C, 2001. Precipitation Seasonality in Eastern and Southern Coastal Spain. *International Journal of Climatology*. 21: 219-247.

von Storch H, 1994. *Spatial patterns: EOFs and C.C.A., Analysis of Climate Variability Precipitation*, Berlin, Springer-Verlag.

von Storch H, Zwiers HW, 1998. *Statistical Analysis in climate research*, Berlin, Cambridge University Press.

Yin ZY, 1999. Winter temperature anomalies of the North China Plain and macroscale extratropical circulation patterns. *International Journal of Climatology* 19: 291-308.

Zhou J, Lau KM, 2001. Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America. *International Journal of Climatology* 21: 1623-1644.

Zorita E, Kharin V, Storch H, 1992. The Atmospheric Circulation and Sea Surface Temperature in the North Atlantic Area in Winter: Their Interaction and Relevance for Iberian Precipitation. *Journal of Climate* 5: 1097-1107.