

VARIABILIDADE E TENDENCIAS NA ESCALA SINÓPTICA

J. J. Taboada¹, M. N. Lorenzo² e L. Gimeno²

¹ Meteogalicia. CINAM - Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible - Xunta de Galicia
Rúa Roma, 6. 15707 Santiago de Compostela. A Coruña.

² Facultade de Ciencias, Campus de Ourense, Universidade de Vigo. E-32004 Ourense, España.
Correo_e: uscfmjth@cesga.es

RESUMO

Os modos de variabilidade atmosférica afectan á variabilidade interanual do clima. Neste estudo caracterízase a influencia de diferentes patróns de teleconexión existentes no Atlántico norte sobre o clima galego tendo en conta catro índices presentes nel: NAO, EA, EA/WR e SCA. Como principal resultado, destaca o feito de que calquera dos catro índices ten importancia ao longo do ano para explicar a variabilidade interanual da chuvia ou da temperatura, poñendo de manifesto a dificultade de caracterizar o clima galego, produto de múltiples influencias cruzadas. Sobresaen as altas correlacións presentes entre o índice SCA e as chuvias do outono e as que existen entre o índice EA e as temperaturas inver nais. En canto ás posibles tendencias dos propios índices, compróbase como ata o de agora soamente é apreciable a variabilidade natural interdecadal, sen que se observen tendencias asociadas ao cambio climático. Nunha clasificación automática de situacións sinópticas para Galicia, tampouco se aprecian tendencias significativas. En conclusión, os cambios analizados ata o momento en Galicia, tanto en temperatura como en chuvia, non son debidos a cambios na circulación global, posto que esta no Atlántico norte non presenta tendencias asociadas ao cambio climático.

SUMMARY

Patterns of variability of atmospheric circulation affect interannual climate variability. In this work we have studied the influence of different teleconnection patterns appearing in the North Atlantic area on Galician climate. Four teleconnection patterns in the North Atlantic area have been taken into account (NAO; EA, EA/WR and SCA). One remarkable result is that the four patterns explain some climate variability throughout the year. This makes the difficulty of characterizing Galician climate evident, the product of many cross-influences. The most outstanding correlations are between SCA and autumn rainfall and between EA and winter temperatures. In terms of possible tendencies of the different index we have found that, up to date, there is only interdecadal natural variability, but no tendencies associated to climate change. We have also developed an automated classification of synoptic weather types for Galicia. Frequency of different weather types does not show significant tendencies. As a conclusion, climate changes found in Galicia in the last decades cannot be explained by changes in the synoptic scale.

1. INTRODUCCIÓN

Ao longo das últimas décadas o concepto das teleconexións gañou importancia e na actualidade constitúe todo un campo de desenvolvemento nas ciencias atmosféricas, o que permitiu unha mellor comprensión das complexas interaccións existentes no sistema climático global.

Seguindo as técnicas dos mapas de correlación e as funcións ortogonais empíricas, varios tipos de teleconexións entre os principais centros de acción da circulación atmosférica global

foron recoñecidos nas últimas décadas (Wallace e Gutzler, 1981), tanto a nivel medio do mar como en niveis medios da troposfera, e cada unha delas asóciase a determinadas anomalías climáticas rexionais. Entender a natureza destas teleconexións e os cambios no seu comportamento é un obxectivo central para a comprensión dos cambios e a variabilidade climática a nivel rexional, tal como se pon de manifesto no último informe do Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007). O exemplo máis coñecido deste tipo de patróns é a oscilación do Atlántico norte (NAO). Este patrón ten unha existencia física, posto que se pode detectar tanto en superficie como en altura, e forma parte dun patrón máis amplo denominado oscilación ártica, que mide a intensidade do vórtice polar, sendo considerado un patrón anular.

Ademais do patrón NAO, neste traballo consideraremos outros patróns que, aínda que posiblemente non teñan unha existencia física (Quadrelli e Wallace, 2004), si poden ser detectados nas capas medias da troposfera mediante a técnica de compoñentes principais (Barnston e Livezey, 1987). Estes patróns de teleconexión explican parte da variabilidade do clima en Galicia, e denomínanse: East-Atlantic (EA), Eastern Atlantic-Western Russia (EATL/WRUS) e patrón Escandinavo (SCA). Anteriores traballos feitos con diferentes índices de teleconexión no hemisferio norte (Lorenzo e Taboada, 2005, DeCastro *et al.*, 2006) demostraron que son estes índices os que explican de xeito estatisticamente significativo a variabilidade interanual da chuvia en Galicia. Cómpre dicir neste momento que Galicia se encontra nunha área de transición polo que respecta ao índice NAO, tal como se pon de manifesto na bibliografía. Así, por exemplo, Zorita *et al.* (1992) deduciron que a relación entre a precipitación invernal e a NAO é máis importante no cuadrante suroeste da península Ibérica, cunha correlación en Galicia entre 0,3 e 0,4. Esteban-Parra *et al.* (1998) obtiveron o mesmo valor para a zona noroeste, con valores máis altos tamén no suroeste e no interior da Península. Este resultado foi confirmado en posteriores traballos (Rodríguez-Puebla *et al.*, 2001, García *et al.*, 2005). Existen tamén estudos que proban a correlación coas temperaturas, polo menos no inverno (Sáenz *et al.*, 2001). Cómpre dicir que os valores obtidos en xeral por estes autores para a correlación entre a NAO e a chuvia invernal en Galicia son algo menores que os obtidos por Lorenzo e Taboada (2005), debido a que na maior parte dos estudos se emprega unha soa estación, normalmente a situada na Coruña, que se corresponde coa parte de Galicia que presenta menor correlación entre a chuvia e a NAO. De calquera xeito, esta baixa correlación entre NAO e chuvia en Galicia fai imprescindible traballar con máis dun índice se queremos explicar a variabilidade climática galega.

Na década dos noventa, a NAO experimentou unha forte tendencia cara a valores positivos, o que fixo sospeitar que puidese ser o inicio dunha tendencia asociada ao cambio climático (IPCC, 2001). Non obstante, na última década parece adoptar novamente valores próximos á media (IPCC, 2007), polo que as tendencias nesta primeira década do século XXI non parecen tan claras como na anterior. A variabilidade da NAO semella ir ligada á variabilidade do Atlántico norte. Nestes últimos anos apareceu na literatura científica a chamada *Atlantic multidecadal oscillation* (AMO). Esta oscilación caracteriza unha variabilidade entre anomalías positivas e negativas da temperatura superficial da auga do mar cun período entre 50 e 70 anos (Kerr, 2000). Deste xeito, é necesario observar as series de datos cunha perspectiva temporal adecuada.

Polo tanto, neste traballo caracterizarase a influencia dos diferentes índices sobre a variabilidade da chuvia e temperatura nas diferentes estacións do ano e comprobarase se esta influencia é estable ao longo do tempo ou varía. Os resultados serán importantes de cara a estudos posteriores de impactos do cambio climático no vindeiro século. A continuación veremos como os diferentes índices non presentan ata o momento tendencias significativas.

Ademais de traballar cos índices que caracterizan os diferentes patróns de teleconexión, utilizaremos unha clasificación automática de tipos de tempo sinóptico desenvolvida para Galicia,



posto que, aínda que os patróns de teleconexión non mostren tendencias significativas, isto non quere dicir que os centros de acción, é dicir, as altas e baixas presións, no teñan cambiado de posición e que, xa que logo, este cambio puidese explicar, polo menos en parte, as tendencias en temperatura e chuvia observadas na actualidade en Galicia e asociadas ao cambio climático antropoxénico.

2. MÉTODOS

Os datos de chuvia e temperatura utilizados neste estudo foron obtidos da base de datos xeral de MeteoGalicia. Todas as estacións foron sometidas a un proceso de análise e validación. Escolléronse aquelas que pola súa lonxitude e calidade eran aptas para un estudo de tendencias. No tocante aos patróns de teleconexión, utilizáronse os índices obtidos polo Climate Prediction Center da NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) dos Estados Unidos. Estes índices son obtidos mediante unha análise de compoñentes principais a 500 hPa, e están dispoñibles na páxina web www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml.

Para a obtención do catálogo de situacións sinópticas utilizáronse os datos de presións superficial da reanálise da NOAA. Empregouse o método de clasificación automático desenvolvido para as illas Británicas por Jenkinson e Collison (1977) e posteriormente aplicado a Portugal por Trigo e DaCamara (2000).

Para a caracterización da influencia dos patróns de teleconexión e os diferentes tipos de tempo sinóptico sobre a variabilidade do clima, calculáronse os coeficientes de correlación de Pearson entre as diferentes variables. As chuvias e temperaturas estacionais foron correlacionadas cos diferentes índices que caracterizan os patróns de teleconexión e coa frecuencia de aparición dos diferentes tipos de tempo sinóptico. Para os valores destas correlacións establecéronse dous niveis de significancia estatística, marcados con * para $P < 0,05$ e ** para $P < 0,01$, e dicir, significativos ao 95% e 99% respectivamente.

A división do ano en catro estacións fíxose desde un punto de vista climatolóxico e non astronómico. Deste xeito, o inverno abarca os meses de decembro, xaneiro e febreiro; a primavera tería en conta os meses de marzo, abril e maio; xuño, xullo e agosto caracterizarían o verán; e, por último, o outono quedaría delimitado polos meses de setembro, outubro e novembro.

3. RESULTADOS

3.1. Influencia dos diferentes índices sobre a chuvia en Galicia

Neste estudo utilizáronse diferentes estacións meteorolóxicas en Galicia que, tras unha análise, foron consideradas de boa calidade. As estacións foron agrupadas dependendo da lonxitude dos datos. Así, comezamos tratando as estacións que tivesen datos polo menos desde 1960, logo as que tivesen datos desde 1970 e, finalmente, as que partisen de 1980. Esta agrupación tiña como obxectivo comprobar se existen variacións decadais nas correlacións entre a chuvia e os diferentes índices. Consideráronse neste estudo as correlacións lineais entre os índices de teleconexión que teñen influencia sobre as chuvias en Galicia (Lorenzo e Taboada, 2005) e as chuvias acumuladas nas diferentes estacións meteorolóxicas, distinguindo inverno, primavera, verán e outono. As estacións seleccionadas dividíronse en función da súa lonxitude. Na táboa I aparecen as diferentes correlacións para dúas estacións representativas con datos polo menos desde 1960.

Peinador

	NAO	EA	EA/WR	SCA
Inv.	-0,45**	0,42**	-0,51**	0,46**
Prim.	-0,30**	0,17	0,08	0,13
Ver.	-0,18	0,02	0,17	0,10
Out.	-0,22*	0,23*	0,04	0,66**

A Coruña - Completa

	NAO	EA	EA/WR	SCA
Inv.	-0,36**	0,39**	-0,52**	0,36**
Prim.	-0,36**	0,15	0,16	0,20
Ver.	-0,35**	0,03	0,05	0,11
Out.	-0,24*	0,35**	-0,09	0,66**

Táboa I. Correlacións dos diferentes patróns de teleconexión coa chuvia en dous puntos de Galicia para as catro estacións do ano. Niveis de significancia: *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$.

Como dato máis significativo, cómpre destacar a alta correlación que presentan as chuvias do outono en Galicia co patrón escandinavo. Por outra banda, vemos como as chuvias do inverno en Galicia amosan unha correlación significativa co patrón NAO, pero este non é o patrón que explica a maior parte da variabilidade. Este factor é importante principalmente canto máis nos movemos cara ao sur da comunidade. Así, se tomamos a estación da Coruña, a correlación das chuvias invernais co patrón NAO é do -0,36, mentres que na estación do aeroporto de Peinador a correlación sería do -0,45. No terzo norte de Galicia cobra máis importancia o patrón EA/WR. Outro factor importante que debe ser tido en conta é que na estación da primavera as correlacións cos diferentes índices, aínda que poidan resultar significativas, particularmente no caso da NAO, non ofrecen valores moi altos, polo que explican soamente unha pequena parte da variabilidade inter-anual. Isto é máis importante no verán, posto que as correlacións son tan baixas que non resultan estatisticamente significativas.



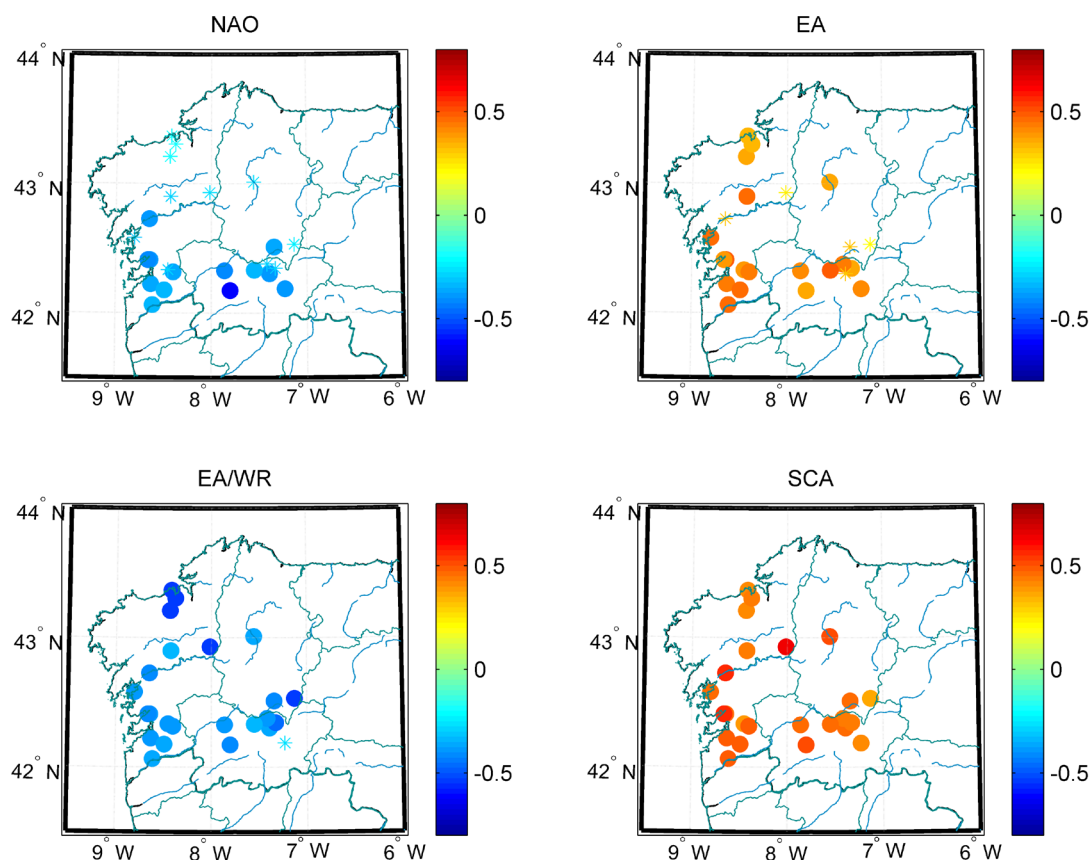


Figura 1. Correlacións dos diferentes patróns coa chuvia invernal, en función da posición das estacións meteorolóxicas e para os diferentes índices de teleconexión. Os asteriscos significan que as correlacións teñen unha significancia por debaixo do 95%.

Co fin de observar máis claramente a variabilidade espacial das correlacións en Galicia, escolléronse todas as estacións con datos polo menos desde 1980 e coa suficiente calidade para ter unha boa cobertura espacial. Na figura 1 pódense apreciar as diferentes correlacións en función da posición das estacións no territorio galego e do patrón de teleconexión. Só se sinalan as correspondentes ao período invernal, posto que noutros períodos as correlacións non son tan intensas e significativas (táboa I) agás para o patrón SCA no outono. Porén, neste caso o patrón non amosa unha variabilidade espacial significativa ao longo de Galicia. Nesta figura apréciase claramente a variabilidade espacial da que falabamos anteriormente, en particular no caso da NAO e EA/WR. Así, a NAO ten correlacións máis altas canto máis ao sur, mentres que EA/WR segue un patrón inverso.

3.2. Variabilidade decadal nos índices de teleconexión e nas correlacións destes índices coa chuvia en Galicia

As correlacións da chuvia acumulada en cada estación do ano cos diferentes patróns de teleconexión cambian en función do período considerado. Isto é particularmente visible nas correlacións invernais. Para capturar esta variabilidade, calculamos as correlacións en períodos de 20 anos, comezando desde 1960 e ata a actualidade.

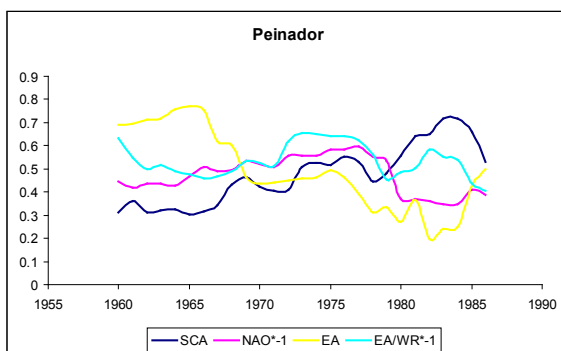


Figura 2. Correlacións en ventás de 20 anos entre a chuvia invernal en Peinador e os diferentes patróns de teleconexión. O eixe x representa o primeiro ano do período de 20 anos.

Na figura 2 pódese ver o valor destas correlacións na estación de Peinador, sendo moi semellantes no resto de Galicia. Se concentramos a nosa atención na NAO, podemos apreciar como nos períodos que comezan a finais dos anos setenta se produce un cambio moi significativo nas correlacións entre a NAO e a chuvia. Un cambio semellante aparece nas correlacións cos outros índices. Isto suxire a idea de que os réximes de circulación que lle afectan a Galicia poden variar de xeito relativamente brusco, de forma que durante certos períodos poida estar moi influenciada pola NAO e noutros estar máis desconectada deste modo de variabilidade. Para tratar de lle buscar unha explicación a esta variabilidade, seguimos a idea xa publicada anteriormente por un dos autores (L. Gimeno *et al.*, 2003) e comprobamos como existe unha moi alta correlación entre a actividade solar, medida a través do rexistro das manchas solares, e a correlación da chuvia invernal co índice NAO ($r = -0,82$) (figura 3).

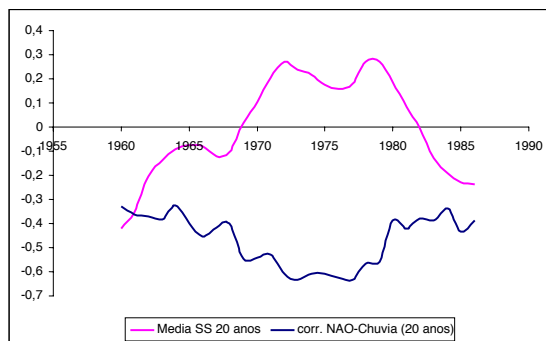


Figura 3. Relación entre as correlacións NAO-Chuvia invernal, coa media das manchas solares ao longo de períodos de 20 anos.



Isto pode ser explicado facilmente se temos en conta que, tal como sinalamos na introdución, a NAO pode ser considerada como unha manifestación local dun índice anular, chamado oscilación ártica (AO). Esta oscilación ártica é o resultado do axuste do vórtice polar estratosférico coa circulación na troposfera. Dado que a actividade do sol ten influencia sobre este vórtice polar (Shindell *et al.*, 2001), en consecuencia, pode ter tamén influencia sobre o modo de oscilación do Atlántico norte.

Influencia dos diferentes índices sobre a temperatura:

Para atopar a influencia dos diferentes patróns sobre as temperaturas, seguimos a mesma estratexia adoptada para as chuvias. As estacións non son exactamente as mesmas, posto que a calidade dos datos de temperatura non coincide de forma exacta coa dos datos pluviométricos. Neste caso non existen variacións moi significativas das influencias dos diferentes índices de teleconexión en función da posición das estacións. Como exemplo representativo dos cálculos, amósanse a continuación (táboa II) as correlacións entre os patróns de teleconexión e as temperaturas nas catro estacións do ano para dúas estacións representativas do norte e o sur de Galicia.

Peinador

	NAO	EA	EA/WR	SCA
Inv.	0,15	0,70**	0,10	-0,24*
Prim.	0,17	0,15	0,16	-0,57**
Ver.	0,04	0,13	-0,37**	-0,46**
Out.	-0,08	0,20	0,16	-0,61**

A Coruña - Completa

	NAO	EA	EA/WR	SCA
Inv.	0,25*	0,73**	0,08	-0,24*
Prim.	0,12	0,29*	0,26*	-0,50**
Ver.	0,03	0,15	-0,27*	-0,33**
Out.	-0,31*	0,35**	0,08	-0,51**

Táboa II. Correlacións dos diferentes patróns de teleconexión coa temperatura en dous puntos de Galicia para as catro estacións do ano.

No caso das temperaturas, podemos ver como as correlacións máis altas se producen no inverno co patrón EA e na primavera e outono co patrón SCA. As temperaturas medias do verán mostran tamén unha correlación estatisticamente significativa ao 99%, aínda que non tan alta co índice SCA. Aparece tamén unha correlación significativa, pero máis baixa que as anteriores, co índice NAO no inverno e no outono na zona norte de Galicia. O patrón EA/WR ten valores de correlación baixos, pero significativos no verán, mentres que EA tamén presenta correlacións significativas no outono na zona norte de Galicia. Igual que sucede no caso das chuvias, estas correlacións tamén varían co tempo, aínda que neste caso a correlación coa actividade solar non aparece tan claramente marcada, posto que a NAO ten unha importancia soamente marxinal para explicar a variabilidade inter-anual das temperaturas en Galicia. Pódese ver, emporiso, unha correlación significativa e bastante

alta (0,55) entre a media das manchas solares e a correlación de EA coas temperaturas invernais. Cómpre dicir que EA é un patrón moi semellante á NAO pero desprazado cara ao sur, polo que posiblemente o mecanismo detrás desta correlación estea tamén determinado pola influencia da actividade solar sobre o vórtice polar estratosférico.

3.3. Variabilidade dos índices de teleconexión

Os índices que caracterizan os diferentes patróns de teleconexión teñen unha variabilidade intrínseca. Ademais desta variabilidade, é posible que nun contexto como o actual de forzamento radiativo antropoxénico, que está ocasionando un aumento nas temperaturas medias, poidamos ver unha tendencia superposta a esta variabilidade. De feito, desde finais da década dos 90 especulouse coa posibilidade de que o índice NAO fose no sucesivo predominantemente positivo como efecto deste cambio climático. Para comprobar esta hipótese, fixemos a media móbil de 10 anos para todos os índices e en todas as estacións do ano. Neste documento inclúense as gráficas para os catro índices no inverno (figura 4). Nesas catro gráficas pódese apreciar claramente a variabilidade decadal, pero en ningún caso, incluído o da NAO, podemos dicir que exista unha tendencia asociada ao incremento dos gases de efecto invernadoiro. Este resultado faise extensivo ao resto das estacións do ano. Daquela, pensamos que é necesario desbotar a hipótese de que os cambios actuais en temperatura ou as tendencias de chuvia atopadas nalgúns períodos do ano sexan debidos á tendencia á alza ou á baixa destes índices.

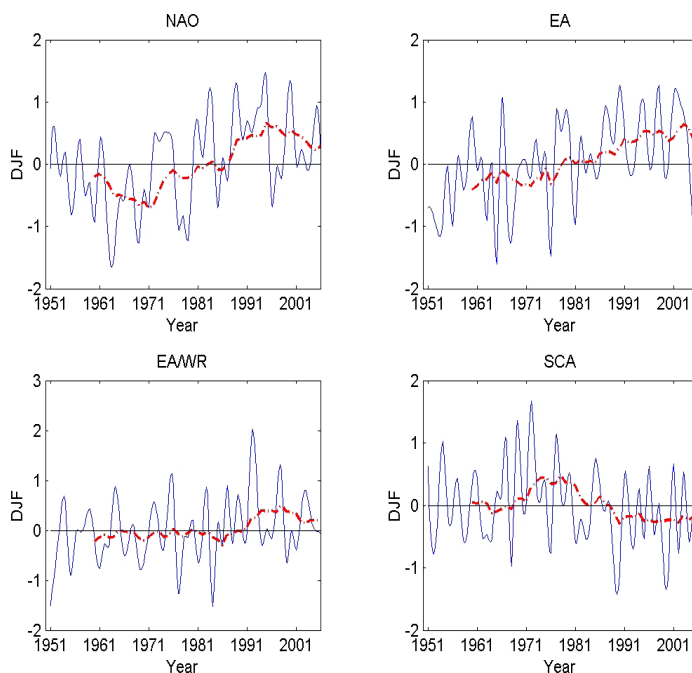


Figura 4. Variabilidade anual (liña azul) e decadal (liña punteada vermella) para a estación do inverno.



Caracterización dos tipos de tempo sinópticos na península Ibérica.

Na anterior sección observamos como os cambios en temperatura e chuvia observados ata o momento en Galicia non son debidos a cambios nos patróns de teleconexión. No entanto, existe a posibilidade de que cambien os centros de acción asociados a estes modos de variabilidade atmosférica e, polo tanto, os patróns de tempo sinóptico e isto achegue diferentes masas de aire a Galicia. Para comprobar ou desbotar esta hipótese, elaborouse un catálogo dos chamados *weather types* que lle afectan a Galicia. O tipo de clasificación automática de tipos de tempo utilizado neste traballo foi inicialmente desenvolvido para as illas Británicas e máis tarde adaptado para outras áreas, particularmente para Portugal por Trigo e DaCamara (2000) e para o sueste da península Ibérica por Goddess e Palutikof (1998). A Unión Europea ten neste momento unha acción COST (European Cooperation in Scientific and Technical Research), concretamente a COST733, co obxectivo de acadar un método estándar para clasificar os tipos de tempo sobre as diferentes rexións de Europa. Non obstante, e seguindo a metodoloxía de Trigo e DaCamara (2000) para Portugal, os autores realizaron unha clasificación para Galicia (M. N. Lorenzo *et al.*, 2008).

Os resultados mostran como os tipos de tempo sinópticos escollidos para Galicia son diferentes entre si (figura 5) e explican distintas cantidades de chuvia en función da estación do ano en que nos atopemos (figura 6).

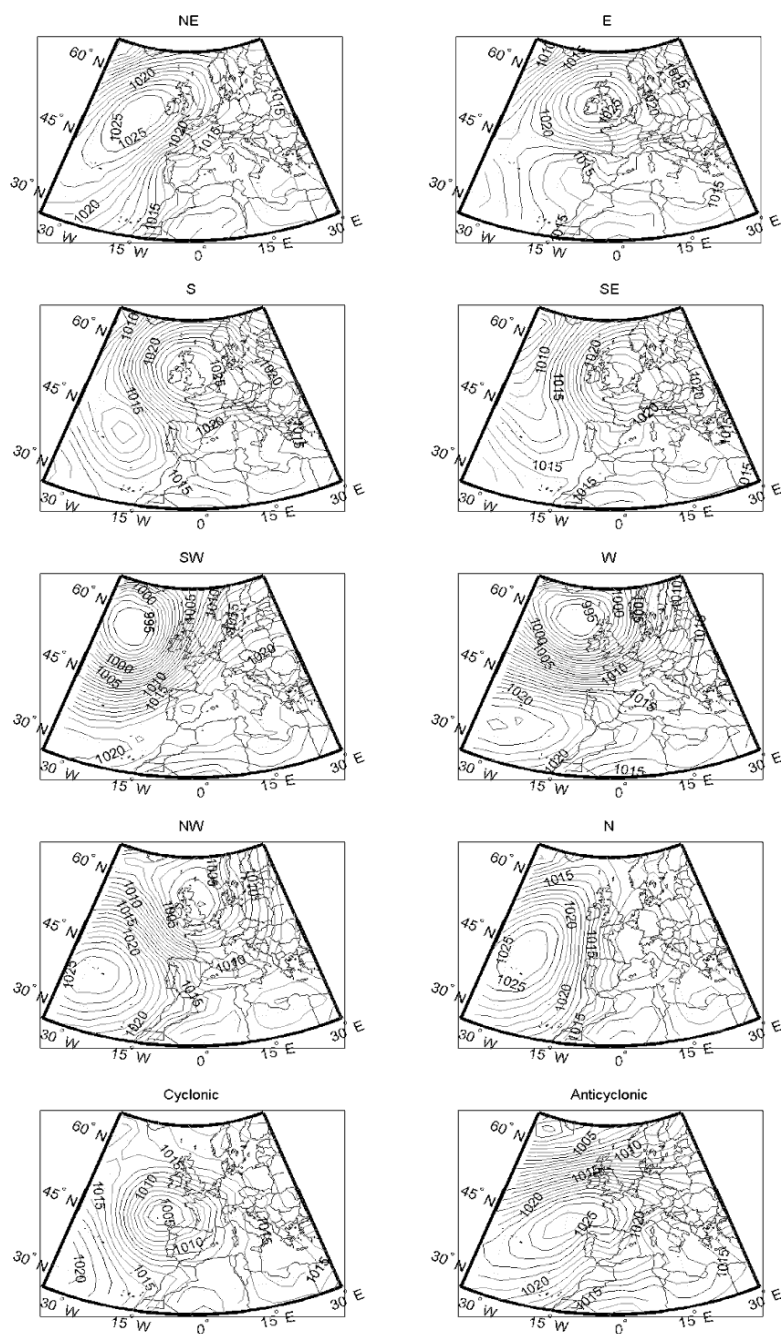


Figura 5: Diferentes tipos de tempo sinópticos obtidos para Galicia, seguindo a metodoloxía de Trigo e DaCâmara (2000).



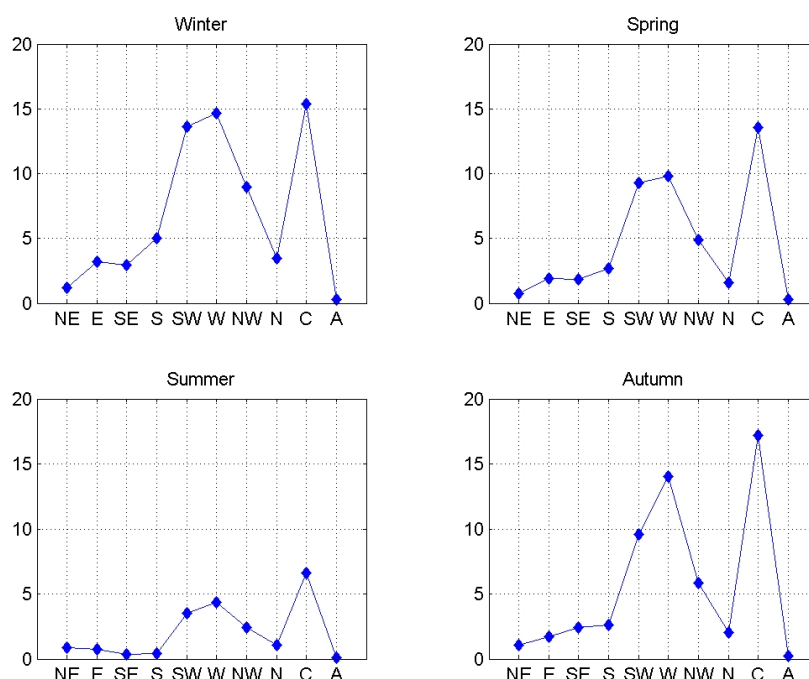


Figura 6. Cantidad de chuva explicada por cada un dos tipos de tempo sinópticos.

Ademais disto, estudáronse as correlacións entre os diferentes tipos de tempo sinóptico e os patróns de teleconexión que explican a variabilidade de chuva e temperatura en Galicia. Os resultados amósanse na táboa III.

INV.	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	C	A
NAO	-0,05	-0,26	-0,40	-0,24	0,04	0,25	-0,10	-0,10	-0,59	0,46
EA	-0,39	-0,01	0,06	-0,01	0,50	0,34	-0,18	-0,45	0,16	-0,43
EA/WR	0,03	0,15	0,30	0,31	0,04	-0,42	-0,57	-0,07	-0,19	0,39
SCA	0,17	0,08	-0,17	-0,02	0,15	0,17	0,19	0,06	0,25	-0,42
PRIM.	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	C	A
NAO	-0,13	0,05	0,03	-0,09	-0,07	-0,08	0,11	-0,16	0,02	0,17
EA	-0,43	-0,35	-0,08	-0,16	0,41	0,24	0,09	-0,08	0,17	0,04
EA/WR	-0,20	0,03	0,15	0,03	0,39	-0,04	-0,08	-0,27	0,07	-0,02
SCA	0,16	-0,30	-0,13	-0,15	-0,02	0,04	0,21	0,12	0,39	-0,25
VER.	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	C	A
NAO	0,37	0,24	-0,05	0,20	-0,05	-0,27	-0,32	0,06	0,10	-0,18
EA	-0,33	-0,53	0,09	0,00	0,23	0,21	0,23	-0,13	-0,15	0,30
EA/WR	0,04	0,18	-0,11	-0,02	0,11	0,00	-0,06	-0,23	0,21	-0,13
SCA	0,20	0,21	-0,09	0,12	-0,11	-0,23	0,08	0,19	0,22	-0,35
OUT.	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	C	A
NAO	0,16	-0,02	-0,01	-0,07	-0,23	-0,20	-0,02	0,05	-0,20	0,31
EA	-0,41	-0,29	-0,22	0,01	0,40	0,38	0,29	-0,22	-0,06	-0,17
EA/WR	-0,19	0,48	0,27	0,33	-0,12	-0,23	-0,29	-0,05	0,34	-0,10
SCA	0,03	-0,31	-0,24	-0,16	0,08	0,32	0,52	0,32	0,27	-0,51

Táboa III. Correlación entre os patróns de teleconexión e a frecuencia de tipos sinópticos para cada estación do ano (os valores en negra representan as correlacións cunha significancia estatística do 99%).

As táboas de correlación amosan que existe unha clara relación entre a aparición dos diferentes tipos de tempo nun determinado ano e o valor dos patróns de teleconexión. Así, por exemplo, as correlacións estatisticamente significativas máis altas co patrón NAO prodúcense cos tipos de tempo anticiclónico e ciclónico respectivamente. Deste xeito, se a NAO é positiva, teremos máis situacións anticiclónicas e, se a NAO é negativa, as situacións serán predominantemente ciclónicas. Isto pódese ver resumido na figura 6, onde se representan de forma gráfica as correlacións encontradas entre os diferentes patróns de teleconexión e a aparición dos diferentes tipos de tempo.

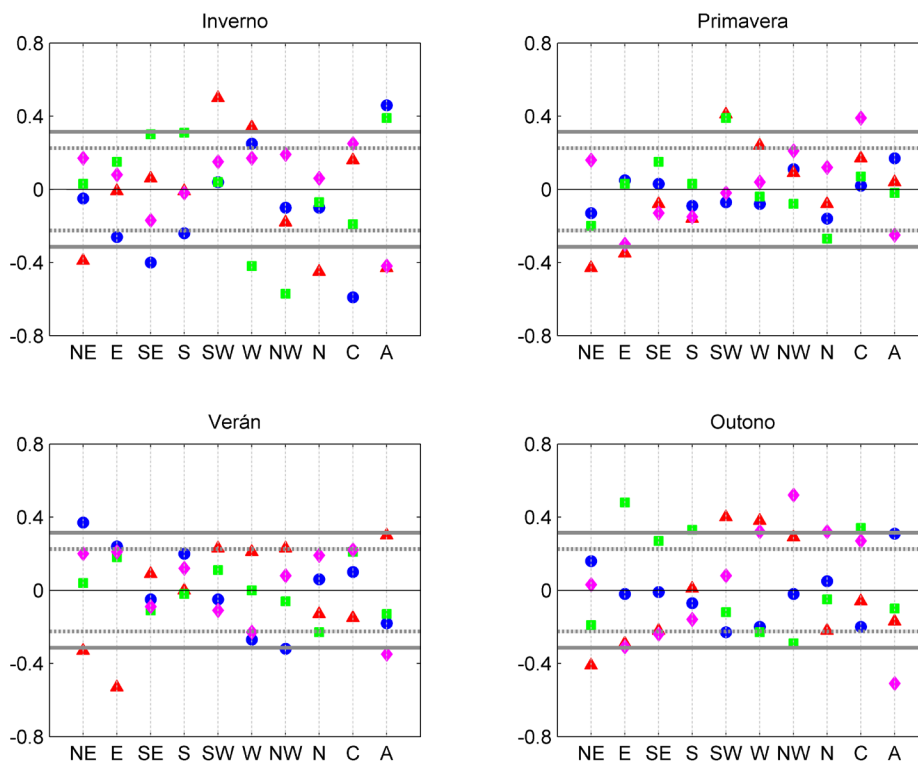


Figura 7. Correlacións de NAO (●), EA (▲), EA/WR (■) e SCA (◆) cos diferentes tipos de tempo para as diferentes estacións do ano. As liñas grises indican o límite da significancia estatística ao 95% (liña punteada) e ao 99% (liña continua).

A cuestión máis importante neste estudo é saber se a frecuencia de aparición destes tipos de tempo ten algunha tendencia significativa, ademais da variabilidade decadal inherente. Na figura 7 compárase a frecuencia de aparición dos diferentes tipos de tempo no período 1950-1977 co período 1978-2005. Escolleuse o ano 1977 como ano de corte, xa que se ten comprobado na bibliografía que ese ano tivo lugar un reordenamento xeral da atmosfera no hemisferio norte (Trenberth, 1990). Tal como era de esperar, debido á relación entre estes tipos de tempo e os índices de teleconexión, estes patróns non presentan a día de hoxe tendencias estatisticamente significativas asociadas ao cambio climático antropoxénico. Repetiuse o cálculo sen ter en conta este corte en 1977, pero as tendencias dos diferentes tipos sinópticos non resultaron significativas.



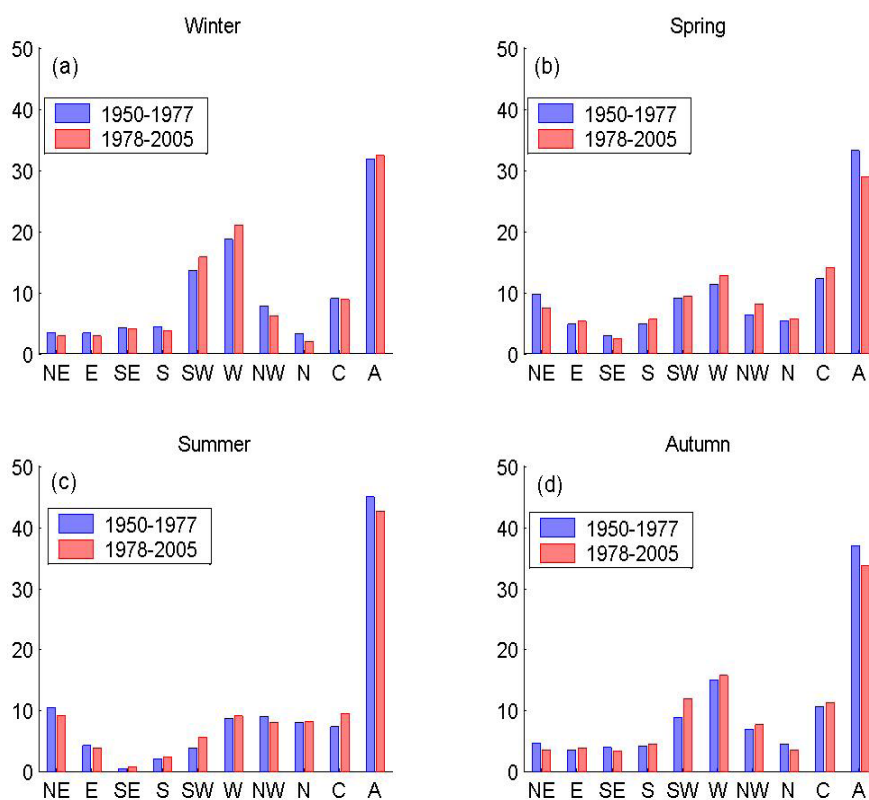


Figura 8. Frecuencia de aparición das diferentes situacións sinópticas nas catro estacións do ano.

4. CONCLUSIÓN

A atmosfera presenta uns modos de variación preferidos dentro dunha dinámica esencialmente caótica. Estes patróns poden ser caracterizados por diferentes índices. A variabilidade interanual de chuva e temperatura pode ser explicada en parte pola variabilidade neste índices. Neste traballo calculáronse as correlacións entre os diferentes índices que inflúen sobre o clima galego e as chuvias e temperaturas estacionais. As correlacións máis significativas preséntanse en xeral durante o inverno, cando os patróns tamén aparecen máis marcados na atmosfera. Ademais, temos correlacións moi significativas do patrón SCA coa chuva e a temperatura do outono e o patrón EA coa temperatura invernal. Constátase que estas correlacións varían co tempo e compróbase que a variabilidade solar é en parte responsable, polo menos se consideramos as correlacións da NAO coa chuva invernal.

Tamén se comproba que os índices que caracterizan os diferentes modos de variabilidade oscilan de xeito decadal, pero non presentan tendencias significativas asociadas co cambio climático antropoxénico. Dada a dispoñibilidade dun catálogo de situacións sinópticas para Galicia desde 1950, buscouse tamén a posible existencia de tendencias nestas situacións, con resultado tamén negativo.

Deste xeito, débese concluír que os cambios observados na actualidade, tanto de chuvía como de temperatura, non son debidos a cambios na escala sinóptica. A súa explicación virá dada polo cambio no balance radiativo ocasionado pola presenza de gases de efecto invernadoiro na atmosfera por mor das actividades humanas, ou ben pola achega de masas de aire con características diferentes debido a estes cambios na atmosfera.

AGRADECEMENTOS

Este traballo foi financiado en parte pola Xunta de Galicia baixo o proxecto PGIDIT06PXIB383288PR. Nieves Lorenzo agradece o financiamento do programa Ramón y Cajal.

BIBLIOGRAFÍA

- Barnston A. G. and Livezey R. E. (1987). Classification, seasonality and persistence of low frequency atmospheric circulation patterns. *Monthly Weather Review*, **115**, 1083-1126.
- DeCastro M., Lorenzo M. N., Taboada J. J., Sarmiento M., Álvarez I. and Gómez-Gesteira M. (2006). Teleconnection patterns influence on precipitation variability and on river flow regimes in the Miño River basin (NW Iberian Peninsula). *Climate Research*, **32**, 63-73.
- Esteban-Parra M. J., Rodrigo F. S. and Castro-Díez Y. (1998). Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992. *International Journal of Climatology*, **18**, 1557-1574.
- Gimeno L., De la Torre L., Nieto R., García R., Hernández E. and Ribera P. (2003). Changes in the relationship NAO-Northern hemisphere temperature due to solar activity. *Earth and planetary Science Letters*, **206**, 15-20.
- Goodess C. M. and Palutikof J. P. (1998). Development of daily rainfall scenarios for southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling. *International Journal of Climatology*, **18**, 1051-1083.
- Goodess C. M. and Jones P. D. (2002). Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall. *International Journal of Climatology*, **22**, 1593-1615.
- IPCC (2001). Climate Change. The scientific basis. In: *Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*, Houghton J. T. et al. (eds.), Cambridge University Press, UK, pp: 881.
- IPCC (2007). *Climate Change. The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Cambridge University Press, UK.
- Jenkinson A. F. and Collison F. P. (1977). *An initial climatology of gales over the North Sea*. *Synoptic Climatology Branch Memorandum*, 62, Meteorological Office, London.
- Jones P. D., Hulme M. and, Briffa K. R. (1993). A comparison of Lamb circulation types with an objective classification scheme. *International Journal of Climatology*, **13**, 655-663.
- Kerr R. (2000). A North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science*, **288**, 1984-1986.



- Lorenzo M. N. and Taboada J. J. (2005). Influences of atmospheric variability on freshwater input in Galician Rias in winter. *Journal of Atmosphere and Ocean Sciences*, **10**(4), 377-387.
- Lorenzo M. N., Taboada J. J. and Gimeno L. (2007) Links between circulation weather types and teleconnection patterns and their influence on precipitation patterns in Galicia (NW Spain). *International Journal of Climatology* (in press 2008). Published online in Wiley InterScience. <http://www.interscience.wiley.com> DOI: 10.1002/joc.1646
- Quadrelli R. and Wallace J. M. (2004). A simplified linear framework for interpreting patterns of Northern Hemisphere wintertime climate variability. *Journal of Climate*, **17**(19), 3728-3744.
- Rodríguez-Puebla C., Encinas A. H. and Sáenz J. (2001). Winter precipitation over the Iberian Peninsula and its relationship to circulation indices. *Hydrology and Earth System Sciences*, **5**, 233-244.
- Sáenz J., Rodríguez-Puebla C., Fernández J. and Zubillaga J. (2001). Interpretation of interannual winter temperature variations over southwestern Europe. *J. Geophys Res.*, **106**, 20641-20651.
- Shindell D. T., Schmidt G. A., Miller R. L. and Rind D. (2001). Northern Hemisphere winter climate response to greenhouse gas, ozone, solar and volcanic forcing. *J. Geophys. Res.*, **106**, 7193-7210., doi:10.1029/2000JD900547.
- Trenberth K. E. (1990). Recent Observed Interdecadal Climate Changes in the Northern Hemisphere. *Bulletin of American Meteorological Society*, **71**, 988-993.
- Trigo R. M. and Da Camara C. C. (2000). Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal. *International Journal of Climatology*, **20**, 1559-1581.
- Wallace J. M. and D. S. Gutzler (1981). Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 784-812.
- Zorita E., Kharin V. and Von 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**, 1097-1108.

