

**ESTUDO DAS VARIACIÓNS DE TEMPERATURA E
PRECIPITACIÓN EN GALICIA NOS ÚLTIMOS TRINTA
ANOS NO CONTEXTO DO CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL**

A. LAGO, A. LAGE, R. CRUZ e V. PÉREZ-MUÑUZURI

Separata

Revista Real Academia Galega de Ciencias. Vol. XXV

ESTUDO DAS VARIACIÓNS DE TEMPERATURA E PRECIPITACIÓN EN GALICIA NOS ÚLTIMOS TRINTA ANOS NO CONTEXTO DO CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

A. LAGO^{2a}, A. LAGE¹, R. CRUZ¹ e V. PÉREZ-MUÑUZURI^{1,2}

¹*Meteogalicia. Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible, Área Central L-31-C, Fontiñas, 15703 Santiago de Compostela, España.*

²*Grupo de Física non lineal, Departamento de física da materia condensada, Facultade de Física, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España*

^a*e-mail: angeles @fmares.usc.es*

RESUMO

Dada a preocupación existente na sociedade ante a posible ocorrencia dun cambio climático, xa comezado nas últimas décadas, fanse necesarios estudos que confirmen a detección ou non do mesmo. Este artigo, nun primeiro lugar, ofrece unha visión da problemática do cambio climático a nivel global. A continuación analízanse as variacións das variables meteorolóxicas temperatura e precipitación a unha escala rexional, concretamente Galicia e o norte de Portugal.

Palabras Chave: tendencias, temperatura, precipitación, Galicia, variabilidade.

ABSTRACT

According to the present concern about the climatic change, already begun in the last decades, studies of the climatic variations in different places are necessary to confirm (or not) the existence of such a climatic change. Therefore in this paper, in a first place, a general vision about the climatic change in a global scale will be shown. Secondly, the observed climatic trends of temperature and precipitation will be analyzed in Galicia and the north of Portugal.

Key words: climatic trends, temperature, precipitation, Galicia region, variability.

INTRODUCCIÓN

Entendemos por clima, unha descripción estatística en termos da media e varianza, de diferentes variables meteorolóxicas, medidas durante un período suficientemente longo (uns 30 anos) nunha localización determinada. O clima, así definido, non se considera como unha entidade estática senón con posibilidade de cambio ó longo dos anos.

Neste traballo presentarase unha visión xeral das influencias do cambio climático en distintos contextos e a distintas escalas. Así, ademais de mostrar unha visión xeral a nivel global e as conclusións dos modelos climatolóxicos, presentarase un estudo dos cambios de temperatura e precipitación do período 1973-2004 en Galicia e no norte de Portugal.

O CAMBIO CLIMÁTICO ACTUAL NO CONTEXTO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NATURAL

O clima da Terra, dende a súa formación, sufriu unha continua evolución, pasando por períodos más estables e por períodos de cambios climáticos más bruscos. Segundo datos obtidos a partir de mostras de xeo antártico, actualmente nos atopamos no cuarto período interglacial dos últimos 400.000 anos (Figura 1).

Fai aproximadamente 20 millóns de anos o leste e o centro de África estaban densamente forestados. Os cambios climáticos resultantes dos movementos das placas tectónicas e episodios de arrefriamento global causaron o reemplazo da foresta por unha sabana adaptada á baixa humidade, mesturada con áreas forestais. Durante o curso da evolución dos homínidos, os periódicos cambios climáticos dispararon cambios que influiron na evolución ou mesmo a extinción.

Os últimos dez mil anos chámense o Holoceno e forman parte do Cuaternario. O Holoceno é unha época interglacial e é a este período ó que nos vamos a restrinxir. Dende a última glaciación, fai uns 10.000 a 15.000 anos, chamada glaciación Wurm, as temperaturas mantivéreronse cunha

tendencia cara ó quecemento progresivo. Fai uns 12.000 años, tras unha etapa fría, seguiu un período húmido e cálido chamado Boreal (8000-5000 a.C.). Posteriormente (5000-3000 a.C.) predominou un período frío de neoglaciación chamado Atlántico onde a temperatura media era entre un e dous grados máis baixa que na actualidade. Este fenómeno está comprobado polo estudo das turbeiras do Xistral (Martínez-Cortizas e Pérez-Alberti, 1999). Ademais, nesta época houbo un avance dos glaciares de montaña europeos e unha baixada do nivel do mar. En torno ó 6000 a.C. cáese unha capa de xeo Laurentide no norte de Canadá que incrementa o nivel do mar e colapsa a circulación oceánica Atlántica. Volta o frío a Europa e Norte de América e as secas ó sueste asiático, o que provoca unha emigración xeneralizada. Arredor do 5600 a.C. dátase a formación do Mar Negro ó aumenta-lo nivel das augas do Mediterráneo. O que era un lago de auga doce (Lago Euxine) converteuse nun mar de auga salgada cunha velocidade de crecemento de 15 cm/día. Cabe pensar se este feito estivo relacionado co coñecido Diluvio Universal.

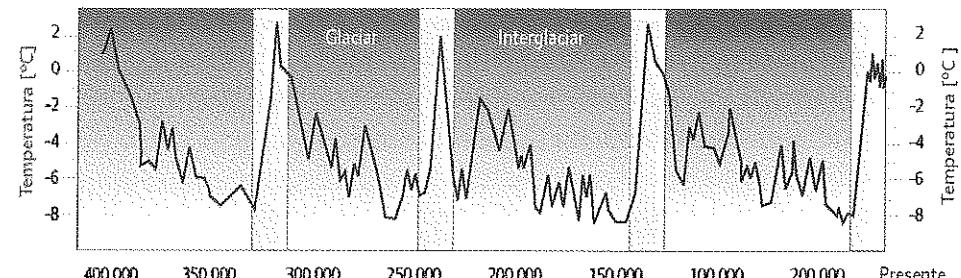


Figura 1: Evolución da temperatura segundo estudos realizados con xeos antárticos (modificado por Petit *et al.*, 1999).

A partir de entón, o clima nas distintas rexións foi bastante similar ó actual. Cabe destaca-lo período húmido e cálido na época do Imperio Romano. Neste período houbo subida do nivel do mar comprobada nos restos dos castros situados preto da costa, por exemplo o de Baroña. Os invernos eran moi suaves e as temperaturas entre 2 e 3 graos más altas que na actualidade.

A etapa anterior foi seguida dunha época fría na que os bárbaros baixaron de latitude fuxindo do avance do xeo sobre as súas terras. Trátase do período

frío Altomedieval. Nesta época a penetración no Mediterráneo de aire moi frío proveniente do continente centroeuropeo provocou considerables perdas nos cultivos destas zonas. Nestes tempos en Galicia deuse unha situación contraposta cun clima moi cálido e húmido de xeito que se puideron cultivar cítricos e aceite. Por outra parte estes cítricos eran de fácil comercialización ó non haber produción mediterránea.

A continuación, entre o 700 d.C. e o 1.200 d.C., predominou unha fase cálida, que coincidiu coa propagación da peste por Europa. Nesta época foi tamén cando os viquingos chegaron a Grenlandia ("Terra Verde") e mesmo encontraron algúna posibilidade de dedicarse alí á agricultura. Por estes anos, houbo grandes secas no oeste de América do Norte, América Central e Sudamérica que provocaron o remate de civilizacións coma a Maia, Tiwanaku, etc.

Nos anos que seguiron, o clima foi arrefriando; é o que se chama Pequena Idade do Xeo, que abrangue dende o século XV ó XVIII, (existen discordancias entre distintos autores en tanto ó comezo e ó remate). Nesta época a temperatura foi ata de 2.5 graos máis baixa que a actual. Producuse o avance de glaciares escandinavos, alpinos e pirenaicos. Nestes anos case tódolos ríos europeos se conxelaban no inverno. É a época dos famosos mercados do xeo que se facían enriba do Támesis. As canles de Holanda tamén resultaron conxeladas. En España, o comercio da neve era un negocio moi rendible, creándose neveiros por toda a xeografía, especialmente na zona mediterránea. Nesta época houbo un aumento das chuvias na zona do Sahel. Tumbuctu resultou inundada a lo menos 13 veces polo río Níxer.

Dende 1840, o clima queceu en xeral, con fases de claro quentamento como entre 1880 e 1950 e con fases de arrefriamento como entre 1950 e 1970. A partir desta década estase producindo un quentamento global.

Comezaremos por aborda-los mecanismos que conducen á variabilidade natural do clima, é dicir, os factores non antropoxénicos. Estes factores naturais pódense dividir en: factores astronómicos e factores terrestres.

Factores naturais

a) Factores astronómicos

O factor último que marca o clima é o Sol. Polo tanto, parece claro que variacións na enerxía interceptada pola Terra poden provocar cambios no

clima. Mílutin Milánkovich, nos anos 20 do século pasado, sinalou como causas das variacións de insolación da terra as seguintes:

- O eixe de rotación terrestre fluctúa entre os 21.5° ata os 24.5° en períodos de 41.000 anos. Canto maior sexa a inclinación, máis extremas serán as estacións nos dous hemisferios

- A forma da órbita terrestre alárgase e encóllese cada 100.000 años. Malia ser este un factor de influencia feble, cómpre sinalar que cando a elipse presenta a súa excentricidade máxima, extrémanse as estacións nun hemisferio e modéranse noutro.

- A precesión do eixe de rotación da Terra, que describe unha circunferencia completa cada 25.790 anos. Prodúcese unha intensificación das estacións cando a máxima inclinación do eixe de rotación da Terra coincide coa máxima distancia ó Sol.

Ademais, hai que sinalar tamén como factor astronómico a variación no brillo do Sol. Os ciclos de actividade solar dependen das manchas solares, que son zonas escuras e relativamente frías na superficie do Sol. O número de manchas solares non é constante e aumenta e diminúe en ciclos de aproximadamente 11 anos. A actividade solar presenta outro ciclo de 80 anos chamado ciclo de Gleissberg. Consecuentemente, a enerxía que alcanza a superficie externa da atmosfera, chamada constante solar, non é constante.

b) Factores terrestres

Comezarase aquí por explicar o efecto invernadoiro: en condicións de equilibrio radiativo, a enerxía recibida do Sol e a irradiada en forma de ondas máis largas infravermellas é a mesma. Os gases que citaremos a continuación, chamados gases de efecto invernadoiro, captan esta radiación infravermella de forma que o equilibrio radiativo vese alterado e, como consecuencia, a temperatura da Terra aumenta. Os principais gases de efecto invernadoiro son o vapor de auga e o CO₂ xunto coas partículas das nubes: gotas de auga, aerosois e cristais de xeo. Outros menos importantes son o ozono, o metano e o óxido nitroso.

Mención aparte merecen os aerosois. Os aerosois son partículas microscópicas existentes no aire. Os aerosois troposféricos poden reflecti-la radiación solar e levar a un arrefriamento. Teñen unha vida moito menor que os gases de efecto invernadoiro polo que as súas concentracións responden de forma moito más rápida ós cambios nas emisións.

Como xa se comentou, un dos gases de maior relevancia é o CO₂. Neste apartado tratarase a produción e destrucción do CO₂ de forma natural, sen intervención humana.

A diminución da concentración do CO₂ na atmosfera débese principalmente ó océano. É maior a cantidade de CO₂ que pasa á atmosfera canto maior sexa a temperatura. Os seres vivos na superficie fixan o carbono para a formación do seu esqueleto; ó morreren, descenden ó fondo do mar e, con eles, o carbono, pasando a formar parte da cortiza terrestre. As plantas tamén fixan o carbono.

Debido ás erupcions volcánicas, as cinzas entran en suspensión na atmosfera e permanecen durante anos. Estas partículas e gases son transportados por ventos troposféricos e estratosféricos sobre grandes zonas do globo e filtran unha parte da radiación solar incidente, ocasionando descensos da temperatura media da atmosfera. Un efecto similar conseguiríase tralo impacto dun meteorito. Por último, sinalar que as erupcions volcánicas aumentan tamén as concentracions de CO₂ na atmosfera.

As inversións magnéticas provocarían tamén un arrefriamento da Terra porque, no proceso de inversión debilitase o campo magnético e a maior presencia de raios cósmicos levaría a un aumento da nubosidade na troposfera, chegando menos radiación solar á Terra o que se reflicte nun arrefriamento.

A disposición dos continentes e a tectónica de placas inflúen tamén na variabilidade climática. Se os continentes se mantienen baixos en latitude, o océano tende a dulcifica-lo clima, porque a auga, ó ter meirande capacidade calorífica, conserva mellor a calor e evita a aparición de xeos permanentes.

Factores antropoxénicos

De todo o anteriormente exposto, dedúcese que sempre houbo cambios froito da variabilidade natural do clima. A continuación móstranse algúns factores de carácter antropoxénico.

Nos últimos anos vense detectando un aumento da concentración dos gases de efecto invernadoiro (CO₂, CH₄ e N₂O) debido as emisións antropoxénicas que se suman ós que están presentes de xeito natural. Pero tamén xurdiron emisións de gases que non forman parte natural da composición do aire, como son os clorofluorocarbonados e o ozono troposférico.

Tamén existen aerosois troposféricos que derivan dos combustibles de orixe fósil e da combustión de biomasa, podendo levar a un arrefriamento ó reflecti-la radiación solar, como xa se indicou anteriormente.

De tódolos xeitos, non hai que esquece-la enorme complexidade do sistema atmosférico e dos procesos de retroalimentación que teñen lugar no seu seo. Son estes factores os que rodean de incerteza ó cambio climático.

CAMBIOS FUNDAMENTAIS DETECTADOS NA ATMOSFERA, O MEDIO BIOLÓXICO E O CLIMA A NIVEL GLOBAL

Segundo o terceiro Informe do Panel Intergubernamental para o Cambio Climático (IPCC; 2001a), algúns dos cambios fundamentais detectados durante o século XX na atmosfera, no clima e no medio biolóxico aparecen citados a continuación:

- Aumento do nivel medio do mar en 0.1-0.2 metros.
- Aumento da temperatura media global da Terra en 0.6 ± 0.2 °C no século XX. A década dos 90 foi a máis cálida. O ano máis cálido foi 1998, seguido polo 2002 e o 2003.
- Europa tivo un quecemento maior có global: 0.95 °C desde 1990. As temperaturas aumentaron máis en inverno ca no verán. Onde foi máximo este aumento foi en Rusia, na Península Ibérica e na Europa Ártica. Concretamente, o aumento nas zonas árticas foi de 5 °C.
- O número de días fríos e con xeadas diminuíu na meirande parte de Europa mentres que o número de días con temperatura superior ós 25 °C e as ondas de calor aumentaron.
- A frecuencia de días moi húmidos diminuíu nas últimas décadas no sur de Europa, pero aumentou no norte e en Europa Central.
- Oito de cada nove glaciares en Europa están en retroceso. Os únicos que están en avance localízanse en Noruega.
- Dende 1850 a 1980 os glaciares dos Alpes perderon 1/3 da súa área e a mitade da súa masa. Dende 1980 perdeuse entre un 20% e un 30% do xeo que quedaba. O verán do 2003 levou a unha perda do 10%.
- Diminución das capas de xeo en ríos e lagos en dúas semanas no século XX nas latitudes medias e altas no Hemisferio Norte.
- Fusión, quentamento e degradación nas zonas polares, subpolares e rexións montañosas.
- Diminución da extensión da capa de neve nun 10% dende que se rexistraran observacións por satélite nos anos 60.

- Diminución na extensión e espesor do xeo mariño no Ártico. No Antártico non se observaron tendencias significativas.
- Maior frecuencia de fenómenos asociados co “*El Niño*”.
- Desprazamentos de plantas, insectos e paxaros cara latitudes más altas.
- As especies cambiaron a diferente velocidade, causando ás veces desarranxos na relación depredador – presa.
- Adianto da floración, da chegada das primeiras aves, da época de cría e aparición de insectos no Hemisferio Norte.
- Na década dos 90, os desastres climatolóxicos foron o dobre que na década anterior, mentres que os debido a outras causas, por exemplo os movementos sísmicos, mantivérонse estables.
- As enfermidades transmitidas polas carrapatas, por exemplo a encefalite, aumentaron en Centroeuropa e na rexión báltica polo aumento das temperaturas.

A agricultura e a explotación forestal que tanto dependen do clima, non evidencian grandes cambios, porque hai algúns factores que interfieren na sinal, como poden se-las políticas de subsidios, cambios técnicos, etc.

Na Figura 2 pódense aprecia-las anomalías de temperatura media europea con respecto á media 1961-1990 (IPCC, 2001a).

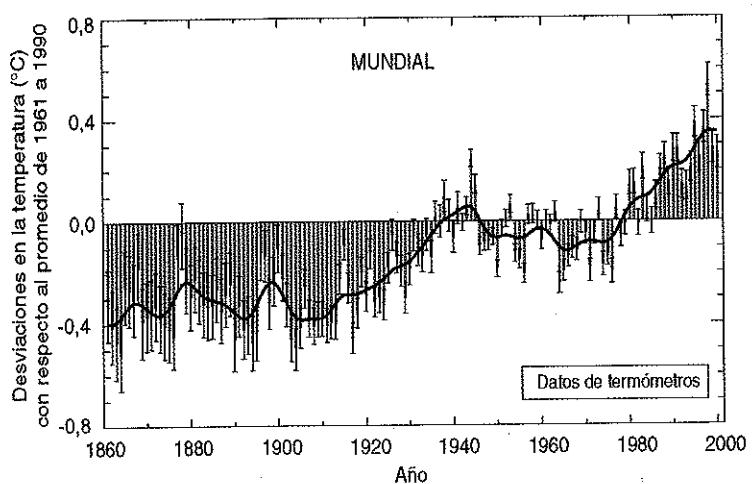


Figura 2: Anomalías da temperatura media anual en Europa no período 1961-2000 con respecto á temperatura media rexistrada no período 1961-1990. Datos do Centro de Distribución de Datos do IPCC (Fonte: IPCC, 2001a).

Non obstante, áinda que se coñeceran os resultados dun cambio climático a nivel global, o paso destes resultados ás consecuencias a un nivel rexional é aínda un paso de xigante, sendo tema actual de investigación.

CAMBIOS FUNDAMENTAIS DETECTADOS NO CLIMA DE GALICIA E NORTE DE PORTUGAL.

Área de estudio e series de datos empregadas en Galicia

Galicia no contexto das latitudes medias, encóntrase enmarcada nunha zona de circulación na que prevalecen os “oestes”, sendo o primeiro punto de chegada das perturbacións atlánticas con respecto ó resto de España. Non obstante, a comunidade galega recibe a influencia de distintas masas de aire de características termodinámicas moi dispares. É deste modo, que chegan a Galicia masas de aire cálidas e húmidas como as tropicais marítimas, así como masas de aire, que por ter a súa orixe en latitudes superiores, teñen en común ser frías, aínda que con distinto contido de humidade. Como consecuencia desto, dedúcese, que as conclusións de estudos de variacións climáticas realizadas tanto para o Norte de Europa ou coma por exemplo para o Mediterráneo (Brunet, et al., 2001; Saladié, et al., 2004; Salat et al., 2006; Sigró et al., 2006), non son directamente aplicables para a nosa comunidade, necesitándose pois un estudo individualizado para esta rexión. Estudar as variacións de distintas variables meteorolóxicas no último século está sendo unha tarefa que se está levando a cabo en distintos institutos e centros de investigación de toda España (Aguilar et al., 2006; Abaurrea et al., 2006; Fernández de Sevilla e Rodrigo, 2006; Labajo et al., 2006).

Neste apartado comentaremos as variacións atopadas nas variables temperatura e precipitación nos últimos 30 anos en distintas series de Galicia.

Na elección das series de traballo, tivérонse en conta os seguintes criterios: lonxitude das series, que estas correspondan a unha área o suficientemente poboada e que estean dispersas de forma espacial, sendo representativas, na medida do posible, de toda a rexión galega. Segundo estas pautas, elixíronse as series termopluviométricas que aparecen na Táboa 1, na cal aparece sinalado o ano de comezo de cada unha, chegando todas elas ata a actualidade. Estas series pertenecen ó Instituto Nacional de Meteoroloxía, agás a serie de Lourizán que pertence á Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible da Xunta de Galicia. Os datos diarios de precipitación e temperatura fóron sometidos a un exhaustivo control de

calidade mediante comparación de cada serie co valor predo a partir de un conxunto de series veciñas de referencia. As observacións catalogadas coma "outliers" e os valores perdidos fóron substituidos polo valor estimado. As series mensuais construídas a partir destes datos diarios revisados amosaron unha homoxeneidade aceptable.

O período de estudio foi concretamente 1973-2004 por ser o que presentaba datos de anos completos para todas estas estacións e para as dúas variables estudiadas: temperatura e precipitación. Preferíuse usar as series correspondentes ós aeroportos e non ás das propias cidades para paliar o efecto que puidera ter o crecemento poboacional no cambio de temperatura.

Táboa 1: Series de datos de temperatura e precipitación usadas neste estudio. Móstranse a localización en coordenadas UTM(Universal Transverse Mercator) e a altura de cada unha das estacións, e o período de comezo e finalización de cada unha das series.

Nome da estación	Localización		Ano inicio da serie		
	UTMX-29T	UTMY-29T	Altura (m)	Temperatura	Precipitación
A Coruña (Alvedro)	550422	4794867	97	1971	1971
Santiago (Labacolla)	546787	4749893	364	1961	1943
Pontevedra (Lourizán)	527746	4695497	60	1958	1958
Vigo (Peinador)	530376	4674753	255	1957	1957
Lugo (Colexio Fingoi)	617787	4763148	450	1966	1966
Ourense (Granxa)	593908	4686883	143	1972	1972

Análise de temperatura

O estudo das variacións de temperatura en Galicia ó longo dos últimos anos enfocarase analizando, en primeiro lugar, a temperatura no seu valor medio e posteriormente, distinguindo os posibles efectos observados nas temperaturas máximas e mínimas diárias.

Análises de temperatura media

A continuación, presentarase o estudo dos cambios observados na temperatura media a nivel anual, para ir descendendo a outras escalas más finas.

Temperatura media anual

A Figura 3 mostra as anomalías de temperatura media anual de Galicia no período 1973-2004. O valor medio considerado é o do conxunto dos anos analizados (13.60°C), non o do período 1960-1990 empregado noutros estudos, como o informe do IPCC, por falta de datos antes de 1973 para algunas das series analizadas.

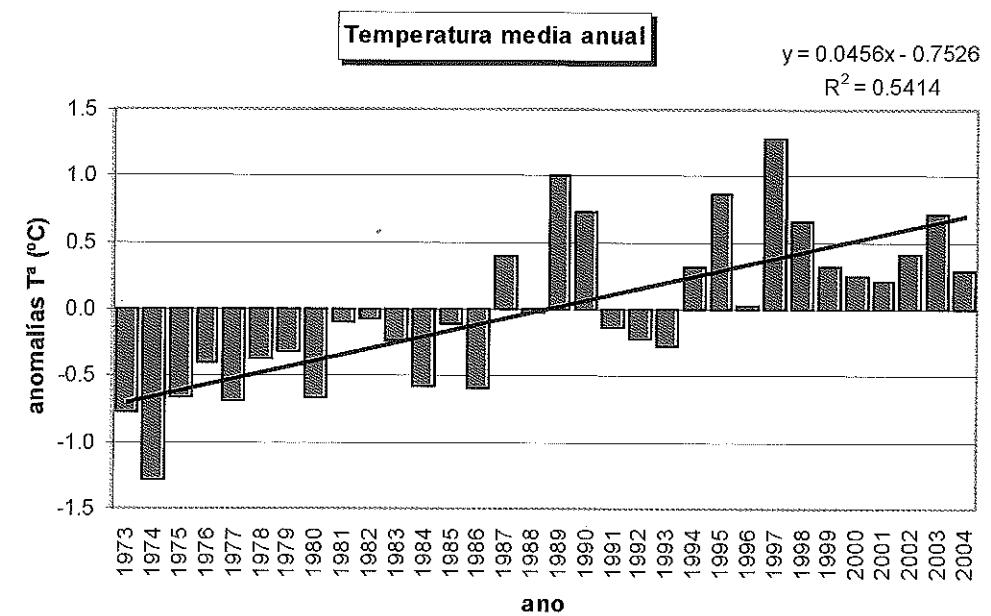


Figura 3: Anomalías de temperatura media anual considerando o promedio das seis series galegas. A media respecto a cal se desviaron os datos é 13.63°C , o promedio anual de toda a gráfica. Móstrase tamén a recta de axuste co seu coeficiente de regresión lineal.

A nivel mundial a temperatura media anual aumentou nos últimos 100 anos ($0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$) sendo a década máis cálida a dos anos 90 (IPCC, 2001a). Pola súa parte, Europa sufriu desde 1900 un quecemento maior ó global (0.95°C), “European Environment Agency”, EEA (2004) e este quecemento foi aínda maior nalgunhas zonas, como na Península Ibérica. En Galicia, aínda que o período analizado é menor, se confirma tamén a existencia dun aumento da temperatura anual, como se aprecia na Figura 3, onde pode observarse un predominio de anomalías positivas desde 1987. É de rigor destacar especialmente a década 1994-2004, de anomalías positivas continuas.

O estudo das anomalías de temperatura media anual en cada serie considerada individualmente revelou un comportamento moi similar. A Táboa 2 mostra a magnitud do incremento da temperatura en cada serie. Considerando o conxunto das series, este incremento é de 1.42°C , valor semellante ó rexistrado a nivel nacional para un período semellante: 1.53°C no período 1971-2000, (Ayala-Carcedo, 2004). Esto tradúcese nunha taxa de aumento incluso superior á das prediccións máximas dos modelos climáticos: 0.4°C por década, (Parry *et al.*, 2001) o que suporía un incremento máximo de 1.2°C nun período de 30 anos. Ademais do incremento de temperatura preséntase tamén, a pendente b da recta de axuste lineal, o coeficiente de regresión lineal R^2 e a significación asociada a esta recta (Prob).

Esta mesma táboa permite corroborar un feito comprobado no resto de España: a maior subida de temperaturas dáse no interior e non na costa. Desta forma, os maiores incrementos danse en Lugo, Ourense e Santiago, todas elas cidades de interior. Non se pode esquecer neste punto o efecto suavizante do mar nas temperaturas, de forma que o mar actúa como axente termorregulador. Este incremento de temperatura observado é significativo estatisticamente tanto se analizamos o conxunto das series como cada unha individualmente (Táboa 2).

Táboa 2: Regresión lineal da temperatura media anual con respecto ó tempo en anos e incrementos da temperatura media anual en cada serie considerada. Tamén se mostran a pendente da recta de regresión, o coeficiente de regresión lineal e a significación do axuste.

	b	Prob.	R^2	Incremento
Galicia	0.05	<0.0001	0.54	1.42
A Coruña	0.04	<0.0001	0.51	1.25
Santiago	0.05	<0.0001	0.50	1.55
Pontevedra	0.04	<0.0001	0.46	1.27
Vigo	0.04	<0.0001	0.46	1.39
Lugo	0.05	0.0006	0.33	1.47
Ourense	0.05	<0.0001	0.45	1.56

Temperatura media estacional

O incremento de temperatura anual observado non é homoxéneo, sen embargo, ó longo do ano.

Cando se analiza a evolución da temperatura media para cada unha das estacións se aprecia unha tendencia positiva común a todos os casos (ver Táboa 3); non obstante, este incremento é estatisticamente significativo en inverno, primavera e verán pero non así en outono.

Táboa 3: Regresión lineal da temperatura media estacional con respecto ó tempo en anos. Tamén se mostran a pendente da recta de regresión, o coeficiente de regresión lineal e a significación do axuste.

	b	Prob.	R^2	Incremento
INVERNO	0.04	0.0119	0.24	1.27
PRIMAVERA	0.07	<0.0001	0.53	2.27
VERÁN	0.05	0.0035	0.25	1.45
OUTONO	0.02	0.1474	0.08	0.74

Ademais, existen diferencias na magnitude da pendente b , destacando especialmente o caso de primavera, que posúe a maior pendente e o mellor axuste do modelo, o que se traduce nun incremento de 2.3°C do promedio en Galicia. Este resultado contrasta co último informe da EEA no que se indica un maior incremento da temperatura no inverno que no verán, o que diminuiría a variabilidade estacional dentro do ano (EEA, 2004). Os resultados confirmanse plenamente cando se analiza cada localidade individualmente, especialmente no caso da primavera, que amosa a maior pendente e o mellor axuste en tódolos casos.

Temperatura media mensual

Considerando o conxunto de series galegas, encontrouse un aumento da temperatura media significativo nos meses de xaneiro, marzo, maio, xuño e agosto, quedando febreiro, abril e xullo ó borde da significación. Corrobórase

así o incremento observado estacionalmente, especialmente en primavera, xa que os casos de marzo e maio foron os que mostraron unha maior pendente e un mellor axuste do modelo (ver Figura 4).

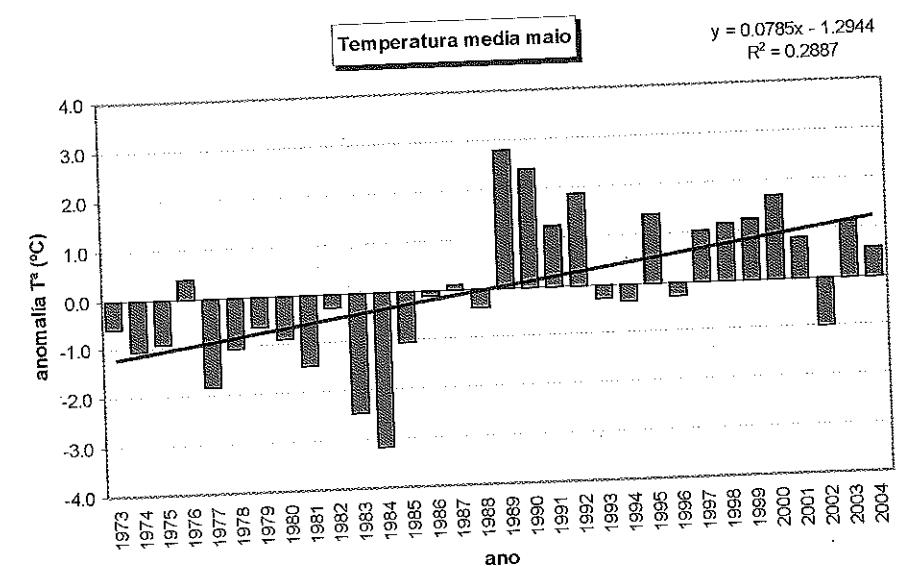
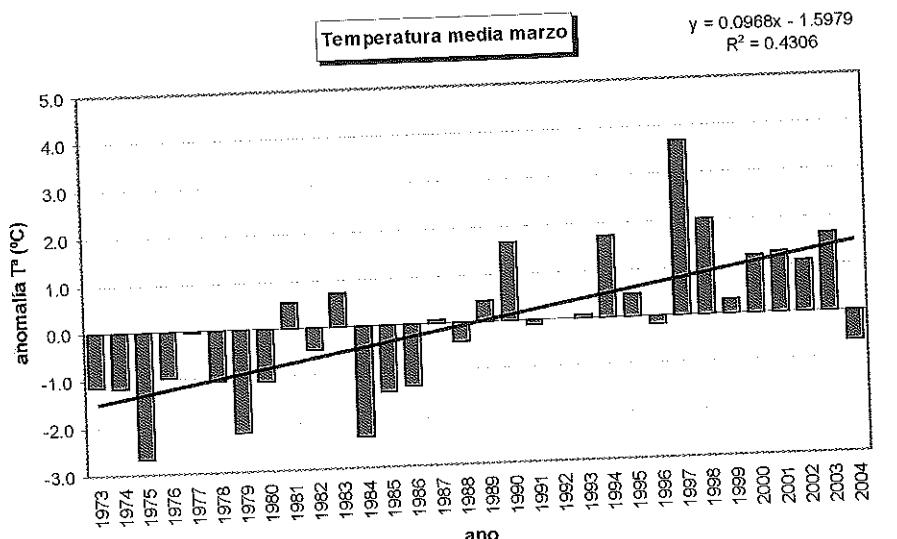


Figura 4: Anomalías da temperatura media para os meses de marzo e maio no promedio das series consideradas. Móstrase tamén a liña de tendencia, a ecuación da recta e o coeficiente de regresión lineal.

Cando se analizou individualmente cada localidade confirmouse en todos os casos que marzo foi o mes co maior incremento, altamente significativo e co mellor axuste, seguido de maio e agosto. As variacións en temperatura nestes meses, pero especialmente no caso de marzo, foron enormemente paralelas nas 6 localidades estudiadas.

Despois de analizar en cada localidade a evolución da temperatura en cada un dos doce meses do ano, expresando sempre a temperatura como anomalía (desviación respecto á media de cada mes e localidade), contabilizouse en cada caso o número de anomalías positivas e negativas nos últimos 10 anos. Para evitar os casos probablemente irrelevantes de anomalía moi próxima a cero, só se consideraron como tales as diferencias maiores de 0.5 °C respecto á media. Finalmente obtívose o valor medio do valor da frecuencia de anomalías positivas (e negativas) nas seis series galegas para cada un dos meses. Estes prómédios mensuais son os mostrados na Figura 5.

En xeral, esta análise revelou un patrón parecido ó da temperatura anual: nestes últimos anos constátase un maior número de anomalías positivas que negativas case todos os meses. Deste modo, pode verse que as anomalías positivas superan o 50% de xaneiro a xuño e en calquera caso superan ás negativas en tódolos meses. Destaca aquí novamente o caso de marzo, presentando a maior frecuencia de anomalías positivas e a menor de negativas, seguido de maio e xuño.

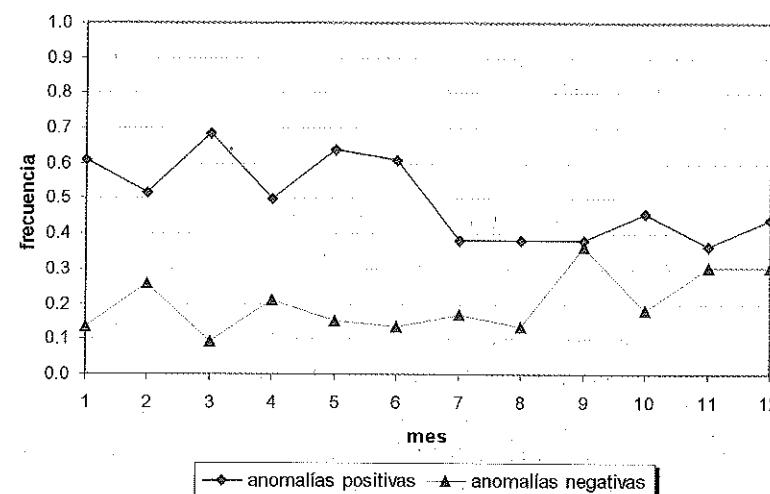


Figura 5: Frecuencia media de anomalías da temperatura media en cada un dos meses do ano durante a década 1994-2004.

Análises de temperaturas máximas e mínimas

A análise das temperaturas máximas e mínimas anuais no conxunto de Galicia mostrou un destacable paralelismo co observado na temperatura media (Figura 6).

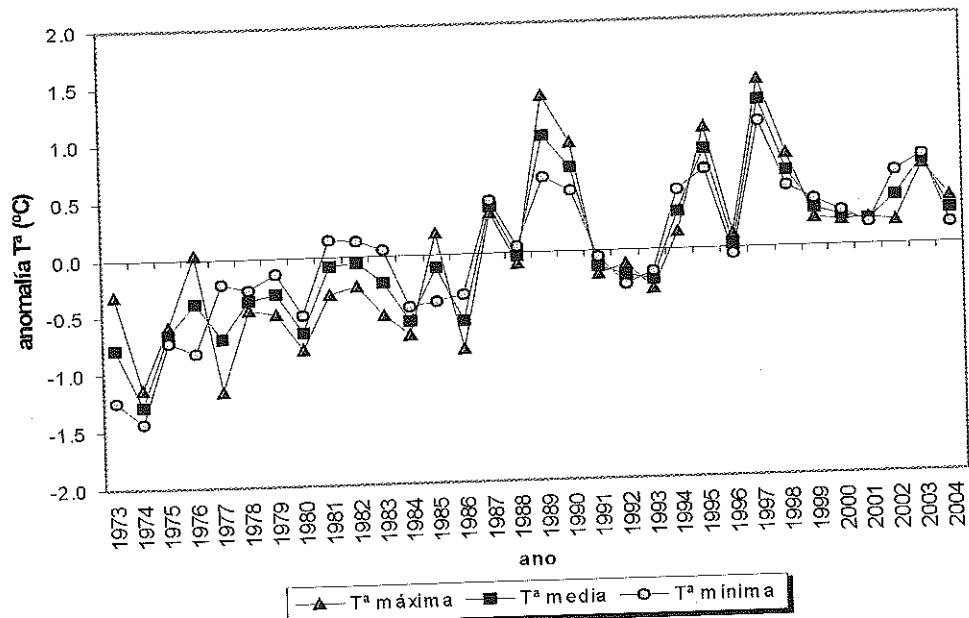


Figura 6: Anomalías de temperaturas máximas e mínimas anuais do promedio das 6 series galegas. Para facilitar a comparación ca Figura 2 móstrase tamén a anomalía de temperatura media.

A análise estacional (Táboa 4) revelou que o notable incremento da temperatura media en primavera está relacionado con incrementos significativos tanto nas máximas como nas mínimas. Sen embargo, no inverno o incremento de temperatura media anteriormente comentado parece relacionado cun aumento significativo das temperaturas máximas, mentres que a tendencia detectada en verán débese principalmente ó aumento significativo das mínimas. As temperaturas mínimas tamén aumentan de xeito significativo en outono, se ben este aumento non é suficiente para traducirse nun incremento das medias.

Táboa 4: Regresión lineal da temperatura máxima e mínimas con respecto o tempo en anos. Móstranse tamén as pendentes das rectas de axuste lineal, os coeficientes de regresión lineal, e as significacións dos axustes para cada unha das rectas.

	Tª máxima			Tª mínima		
	b	Prob.	R ²	b	Prob	R ²
INVERNO	0.05	0.0008	0.32	0.04	0.1194	0.08
PRIMAVERA	0.08	0.0005	0.34	0.06	0.0001	0.58
VERÁN	0.04	0.0429	0.13	0.05	0.0001	0.40
OUTONO	0.01	0.5340	0.01	0.03	0.0196	0.17

Estas tendencias confirmáronse en xeral na análise mensual. Marzo e maio, os meses de primavera, con maior tendencia en temperatura media, tamén mostran un incremento significativo tanto nas máximas como nas mínimas. Nos meses de inverno vese un aumento significativo soamente das máximas (non chega a ser significativo en decembro) e os meses de verán mostran un aumento significativo das temperaturas mínimas.

As análises en cada unha das localidades separadamente confirmaron en xeral os resultados obtidos a nivel galego. En cada unha estudouse tamén a evolución dos máximos e mínimos absolutos, variables que teñen especial interese a nivel local. Destes estudos, tanto a nivel anual como mensual e a modo de resumo, paga a pena destacar que en A Coruña e Lugo é especialmente importante o incremento de temperatura mínima (media e absoluta) mentres que en Ourense predomina o incremento en temperatura máxima.

Análises de precipitación en Galicia

Tratarase a continuación o estudo do comportamento das variacións da precipitación en Galicia nas distintas escalas temporais nas últimas décadas. No caso da variable precipitación non é tan lícito coma no caso da temperatura, facer un promedio a nivel galego, dada a gran variabilidade espacial que mostra a precipitación na nosa Comunidade. Por este motivo, móstranse os resultados das análises individuais para as seis localidades.

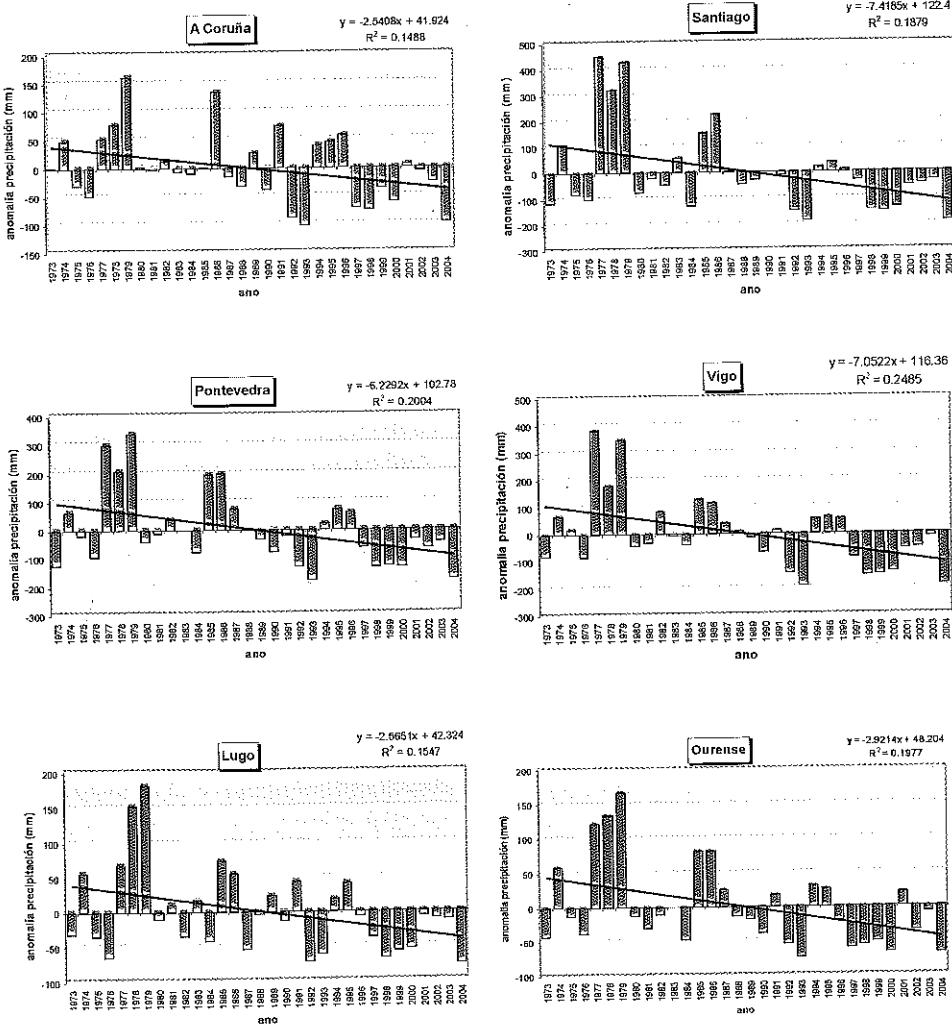


Figura 7: Anomalías de precipitación mensual de febreiro nas seis series galegas. Nos distintos gráficos móstranse as rectas de axuste co seu correspondente coeficiente de regresión lineal.

Se comezamos pola escala anual, os resultados das análises mostran que a precipitación acumulada anual non presenta tendencia significativa en ningunha das series analizadas. Con frecuencia, anos chuviosos son seguidos por anos secos, agrupándose ás veces, pero sen se apreciar tendencia algúnh.

A análise da precipitación acumulada a nivel estacional revelou a existencia dunha tendencia positiva en tódalas localidades no outono, aínda que o incremento ó longo do tempo foi significativo soamente no caso de Santiago ($b = 6.67$, Prob. < 0.05) e Ourense ($b = 3.38$, Prob. < 0.05), quedando Pontevedra moi preto da significación ($b = 6.48$, Prob=0.05). Pola contra, no inverno atopamos unha tendencia negativa, pero o descenso na precipitación non chegou a ser estatisticamente significativo, quedando Vigo preto da significación ($b = -11.67$ Prob. = 0.07). Na primavera e no verán non se observou ningunha tendencia.

Cando se descendeu a nivel mensual, soamente se atopou un patrón moi consistente de descenso significativo da choiva en febreiro en tódalas localidades estudiadas. Como pode verse na Figura 7, a tendencia detectada parece estar relacionada cunha maior frecuencia de anomalías negativas nos últimos anos (practicamente desde 1997 con valores inferiores á media en tódolos casos).

Tomadas en conxunto, as análises de precipitación indican que, se ben non se detectou ningunha tendencia na precipitación anual, a análise estacional parece suxerir un posible cambio na distribución da precipitación ó longo do ano, con outonos más chuviosos e invernos menos húmidos, principalmente debido ó descenso de precipitación observado en febreiro.

Resultados no norte de Portugal

En Portugal continental, estudos realizados sobre toda a rexión no período 1934-2004 revelan que existen unhas tendencias climáticas similares ás atopadas en Galicia, para a temperatura. Anualmente non se observaron cambios significativos na precipitación, sen embargo, primavera presenta tanto no período de estudio completo coma no período de quecemento significativo (mediados dos 70 hasta o 2004) unha reducción destacable na precipitación, (Santos *et al.*, 2002; Santos e Miranda, 2006). Estes resultados para primavera tamén son recollidos por autores como Paredes *et al.* (2006), nun estudio sobre os cambios de precipitación na Península Ibérica. Así

mesmo, considerando só o estudo da variabilidade estacional no período 1970-2004, apréciase no outono un aumento significativo da cantidade de precipitación mentres que se observa unha diminución desta no resto das estacións do ano, (Santos *et al.*, 2002; Santos e Miranda, 2006).

Neste estudo interesa, sen embargo, só a zona norte de Portugal, onde as condicións e variabilidade climáticas son comparables co estudo de Galicia. Así, neste apartado comentaremos os resultados dun estudo semellante ó realizado en Galicia para o norte de Portugal, empregando o período 1973-2003. As series utilizadas e a súa localización aparecen na Táboa 5.

Táboa 5: Localización expresada en coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*) e altura das series portuguesas empregadas, todas elas comezan no ano 1973 e rematan no 2003.

Localización	UTMX-29T	UTMY-29T	Altura (m)
Barcelos	531703	4597745	25
Bragança	688348	4630137	690
Ponte de Lima	534079	4624403	15

No estudo de temperatura escolleuse únicamente a serie de Bragança (Táboa 5) por ser a que maior calidade e continuidade presentaba nos datos. En xeral, no estudo reveláronse conclusións semellantes ás encontradas na comunidade galega. Así, a nivel anual apréciase un aumento significativo tanto na temperatura media, como nas temperaturas máximas e mínimas (Táboa 6). O incremento foi semellante nas temperaturas medias e mínimas e algo máis acusado no caso das máximas (T^a máx: 1.38 °C, T^a media: 1.29 °C, T^a mín: 1.23 °C).

Cando se realizou o estudo a nivel estacional, a primavera foi a estación que mostrou unha maior significación e o mellor axuste do modelo en tódalas temperaturas.

No caso da temperatura media, obsérvase un aumento significativo especialmente relevante en primavera pero tamén no inverno e no verán. As análises feitas a nivel mensual mostraron un aumento significativo no mes de marzo ($b= 0.109$, Prob.= 0.0001) e no mes de maio ($b= 0.073$, Prob. = 0.028), que foron os dous meses que mostraron unha tendencia máis relevante en Galicia.

Para as temperaturas mínimas, ademais da primavera, é significativo o verán, mentres que a estación de outono quedase ó borde da significación. Neste caso, a nivel mensual apréciase un aumento significativo da temperatura mínima nos meses de marzo ($b=0.085$, Prob.=0.001), maio ($b=0.054$, Prob.=0.026) e outubro ($b=0.065$, Prob.=0.015) quedando o mes de abril ó borde da significación ($b=0.046$, Prob.=0.054).

Para as temperaturas máximas, tódalas estacións agás o outono son significativas. Apreciándose, a nivel mensual, un aumento significativo da temperatura máxima durante os meses de febreiro ($b=0.083$, Prob.=0.011), marzo ($b=0.133$, Prob.=0.003) e maio ($b=0.090$, Prob.=0.048).

Na Táboa 6 preséntanse estes resultados para os períodos anual e estacional, mostrando coma no caso de Galicia, a pendente (b) de cada recta de regresión lineal da temperatura con respecto ó tempo en anos, a súa significación asociada (Prob) e o coeficiente de regresión lineal (R^2) do modelo.

Táboa 6: Parámetros das rectas de regresión lineal para as temperaturas, máxima, mínima e media no norte de Portugal. Considéranse significativas as tendencias cunha probabilidade menor a 0.05.

Período	T^a mínima (°C)			T^a media (°C)			T^a máxima (°C)		
	b	Prob	R^2	b	Prob	R^2	b	Prob	R^2
ANUAL	0.04	<0.0001	0.42	0.04	<0.0001	0.42	0.05	0.0003	0.37
INVERNO	0.03	0.2080	0.05	0.03	0.0220	0.17	0.04	0.0100	0.45
PRIMAVERA	0.06	<0.0001	0.57	0.08	<0.0001	0.45	0.09	0.0010	0.33
VERÁN	0.04	0.0340	0.15	0.05	0.0150	0.19	0.07	0.0120	0.20
OUTONO	0.04	0.0500	0.13	0.02	0.4290	0.02	-0.01	0.8370	0.00

Na Figura 8 preséntanse as anomalías (os valores de temperatura desviados con respecto ó valor medio) para as temperaturas media, máxima e mínima no período de estudo. Destaca, coma no caso de Galicia, o incremento das anomalías positivas na última década do período.

En tanto ó estudo da precipitación para o norte de Portugal utilizáronse as 3 series mostradas na Táboa 5, para o mesmo período que o considerado para o estudo de temperatura.

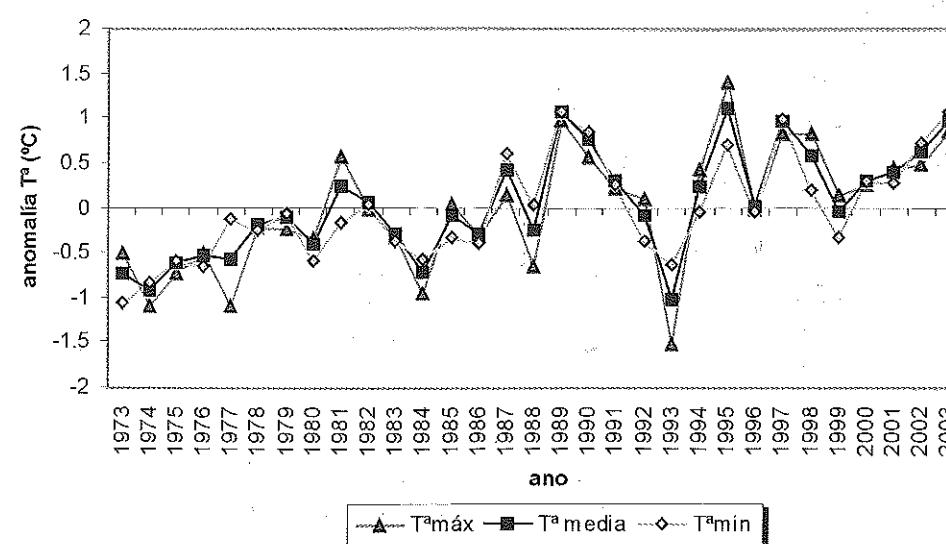


Figura 8: Anomalías de temperaturas máximas e mínimas anuais no período de estudo para a serie de Bragança.

A análise dedobres masas, (Peinado, 1985), que se aplicou a estas series, revelou pendentes moi distintas, polo que se fixo necesario un estudo individual para cada unha das series de estudo.

Anualmente, a pendente positiva de cada unha das series non resultou significativa en ningunha de elas, pero sen embargo, apreciáronse cambios significativos a nivel mensual e estacional. Así, a nivel estacional, a serie de Bragança, que pertence a unha rexión de interior, presenta un aumento significativo da precipitación durante a estación de outono, e en Ponte de Lima, situada máis preto do litoral e moi próxima a Galicia, outono quedase ó borde da significación. A nivel mensual é saliente o descenso da precipitación durante o mes de febreiro en tódalas localizacións estudiadas, resultado idéntico ó atopado en Galicia. A Táboa 7 mostra os resultados significativos das análises de regresión da precipitación sobre o tempo en anos.

Na Figura 9 pódense apreciar as anomalías no mes de febreiro, para cada unha das series de precipitación estudiadas coa recta de axuste correspondente.

Táboa 7: Coeficientes das rectas de axuste lineal resultantes das análises de precipitación para o norte de Portugal durante outono e para o mes de febreiro para as series de Barcelos, Bragança e Ponte de Lima.

Localización	Outono		
	b	Prob	R ²
Barcelos	5.36	0.1080	0.09
Bragança	3.71	0.0440	0.13
Ponte de Lima	6.81	0.0530	0.12

Localización	Febreiro		
	b	Prob	R ²
Barcelos	-4.79	0.0350	0.15
Bragança	-2.50	0.0400	0.14
Ponte de Lima	-5.36	0.0240	0.16

Tendo en conta todos estes resultados, conclúese para o norte de Portugal que anualmente se aprecia un aumento significativo da temperatura, tanto na media como na máxima e a mínima. Este ascenso é significativo nas estacións de inverno, primavera e verán para a temperatura media e para a temperatura máxima, mentres que para a temperatura mínima este aumento é significativo en primavera, verán e outono. Ademais, en precipitación é salientable que durante o mes de febreiro obtívose un descenso da precipitación significativo nas tres series de estudo. Esto tradúcese en invernoss cada vez mais secos. Nas series de Bragança e Poñte de Lima, a distribución de precipitación tamén mostra unha tendencia con outonos cada vez más chuviosos.

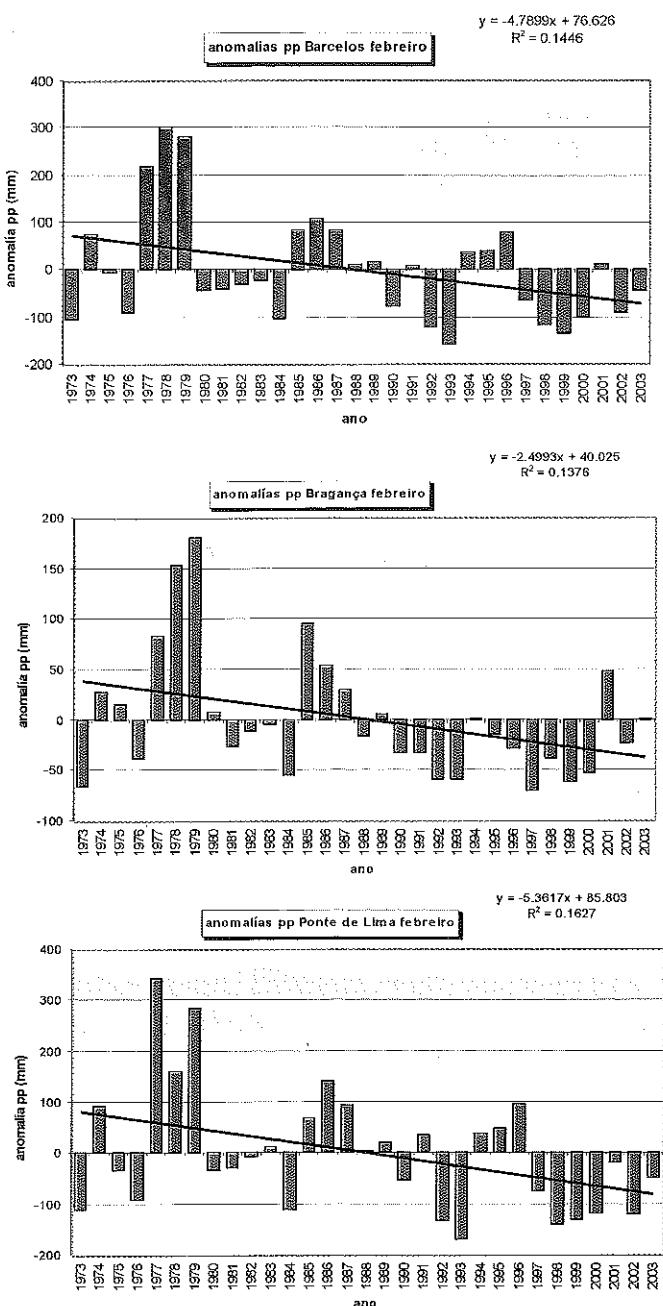


Figura 9: Anomalías de precipitación para o mes de febreiro das series de Barcelos, Bragança e Ponte de Lima. Móstranse en cada unha das gráficas, as rectas de axuste cos seus correspondentes coeficientes de regresión lineal.

PROTOCOLO DE KYOTO E MODELOS CLIMÁTICOS

En 1992 desenvolveuse a Conferencia sobre Ambiente e Desenvolvemento das Nacións Unidas, celebrada en Río de Janeiro, coñecida como cume de Río e que entre outros resultados fixou a Convención Marco sobre Cambio Climático. Foi firmada por 165 estados e comprometía ós seus asinantes á “estabilizar a concentración de gases invernadoiro na atmosfera a niveis que eviten interferencias antrópicas co sistema climático”. Sen embargo, este acordo non contemplou ningún mecanismo para asegurar o seu cumprimento, polo que a mediados dos 90 pensouse noutro protocolo que levase consigo a obrigatoriedade do seu cumprimento por parte dos diferentes países firmantes. Este protocolo quedou finalmente establecido na cidade xaponesa de Kyoto en decembro de 1997, na séptima conferencia das partes asinantes da Convención e por elo coñéceselle como protocolo de Kyoto. O protocolo fixa unha lixeira redución das emisións globais de CO_2 para o período 2008-2012 tomando como base as emisións de 1990 e soamente para os países industrializados. De tódolos xeitos, o feito de que os Estados Unidos, China e outros países non ratificasen o protocolo fai dubidar da efectividade dos seus resultados a nivel global.

A capacidade dun modelo para simular as respostas do sistema climático depende, en grande medida, do grao de comprensión dos procesos físicos, xeofísicos, químicos e biolóxicos que rixen o sistema climático. Os principais componentes deste sistema deben representarse en submodelos (atmosfera, océanos, a superficie terrestre, a criosfera e a biosfera) xunto cos procesos que ocorren entre eles e dentro de cada un deles.

Para intentar sistematizar os pronósticos realizados con modelos numéricos, o IPCC (*International Panel for Climate Change*) elaborou os posibles escenarios para o século XXI. Estes escenarios son os seguintes:

A1: Rápido crecemento económico, con uso intensivo de enerxías de orixe fósil (A1F1), de orixen non fósil (A1T), ou con un equilibrio entre todas as fontes (A1B).

A2: Crecemento sostido da poboación e lento crecemento económico.

B1: Poboación que diminúe a partir de mediados de século e menor utilización de enerxía debido a cambios rápidos nas estruturas económicas que levarían cara a unha economía da información e os servizos.

B2: O escenario B2 presenta un mundo cunha poboación que crece continuamente, pero de unha forma lenta e o desenvolvemento económico é tamén más lento.

Nas Figuras 10, 11 e 12 poden verse os cambios previstos nos distintos escenarios. O máis importante nestes gráficos é o feito de que en calquera dos 4 escenarios comentados, tanto a temperatura media do planeta coma o nivel do mar tenden a ascender. Eso sí, os valores diferenciarán bastante en función do escenario seguido durante o próximo século: a temperatura aumentará entre 1.5 °C e 5.5 °C e o nivel do mar entre 10 e 90 cm. Lóxicamente, esto fai que as consecuencias e os costes de adaptación e mitigación sexan tamén moi diferentes.

Pero é necesario ter en conta que nestes modelos existen unha serie de incertidumes, xa que os escenarios de emisións poden variar dependendo do crecemento económico e poboacional de xeito que, a propia realidade podería superar as previsións. Ademais, tamén é necesario ter en conta a sensibilidade e vulnerabilidade das poboacións, así como que se descoñecen, moitas das partículas contaminantes que se atopan na atmosfera. Isto conleva a imposibilidade de establecer unha estimación cuantitativa do risco que poden xerar.

Nun estudo posterior o realizado durante o ano 2001 polo IPCC, sobre as consecuencias do cambio climático en Europa, levado a cabo pola Axencia Europea de Medio Ambiente sinalábase que a proxección para o século XXI é algo más elevada en Europa. Así, a temperatura aumentará entre 2.0 e 6.3 °C en función dos diferentes escenarios. As proxeccións para Europa en canto a precipitacións mostran unha continuidade no comportamento durante o século XX, é dicir, un aumento sostido de 1-2% por década nas áreas máis ó norte e unha diminución do 1% por década na Europa do sur.

Tomando un escenario intermedio de emisións proposto para o século XXI, realizado a través dun proxecto Europeo denominado ACACIA (Parry *et al.*, 2001), pode verse o aumento de temperatura para diferentes áreas xeográficas de Europa no 2080, con respecto á temperatura media promedio no período 1961-1990. Na área de Galicia este aumento de temperatura sería aproximadamente de 3.6 °C. Este valor é bastante elevado, posto que é aproximadamente 4 veces maior que o rexistrado de media en Europa durante o século anterior, e polo tanto os efectos deste cambio poderían tamén multiplicarse.

Ademais, utilizando o mesmo escenario, pode verse cómo a chuvia durante o verán cara final de século reduciríase un 29%. Estes dous pronósticos presentannos un futuro climático para Galicia con temperaturas moito más

altas que as actuais e chuvias moi escasas durante o verán. É dicir, que a tendencia futura do clima en Galicia sería a de cambiar cara un clima máis árido.

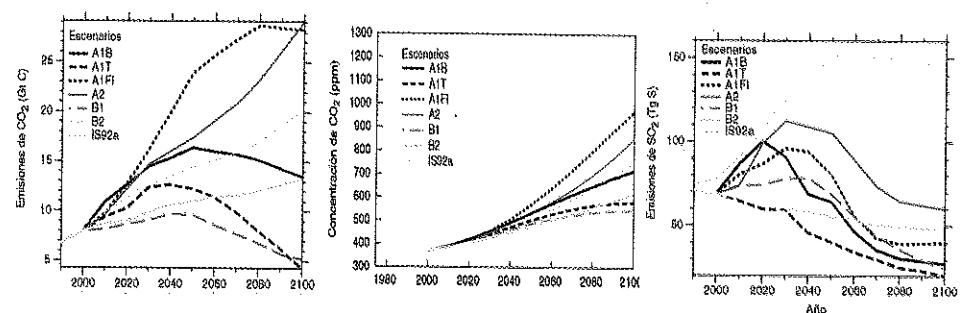


Figura 10: Evolución das emisións globais de CO₂ e SO₂ e das concentracións de CO₂ con orixe antropoxénico na atmosfera, previstas para o século XXI nos distintos escenarios que empregan os modelos climáticos. (Fonte: IPCC, 2001a).

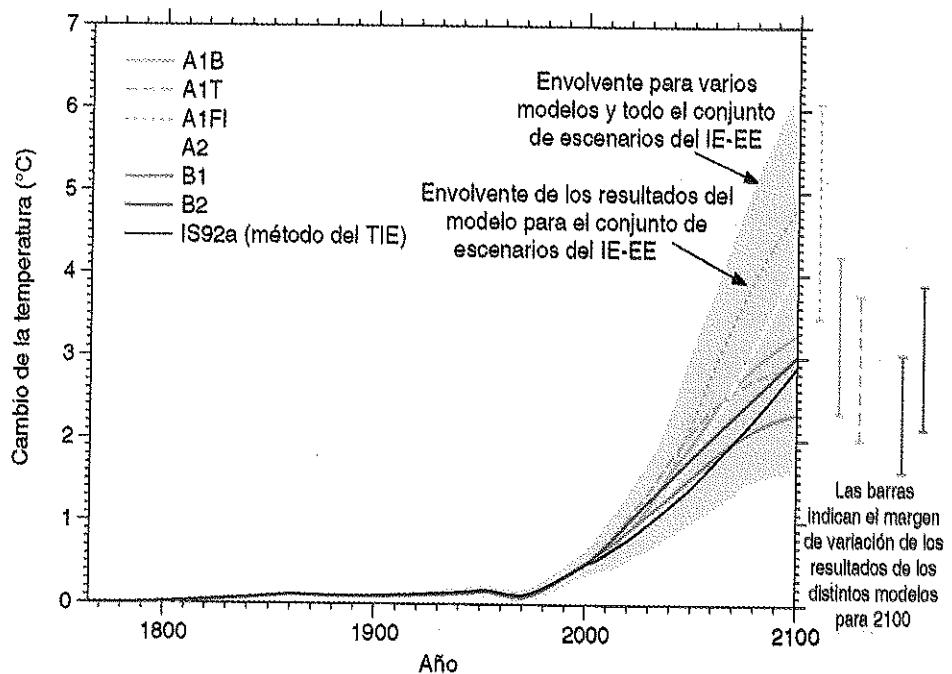


Figura 11: Cambio de temperatura previsto a nivel mundial durante o século XXI. As liñas representan os distintos escenarios propostos por un modelo climático sinxelo. A envolvente recolle todos os posibles escenarios previstos por distintos modelos climáticos. (Fonte: IPCC, 2001a).

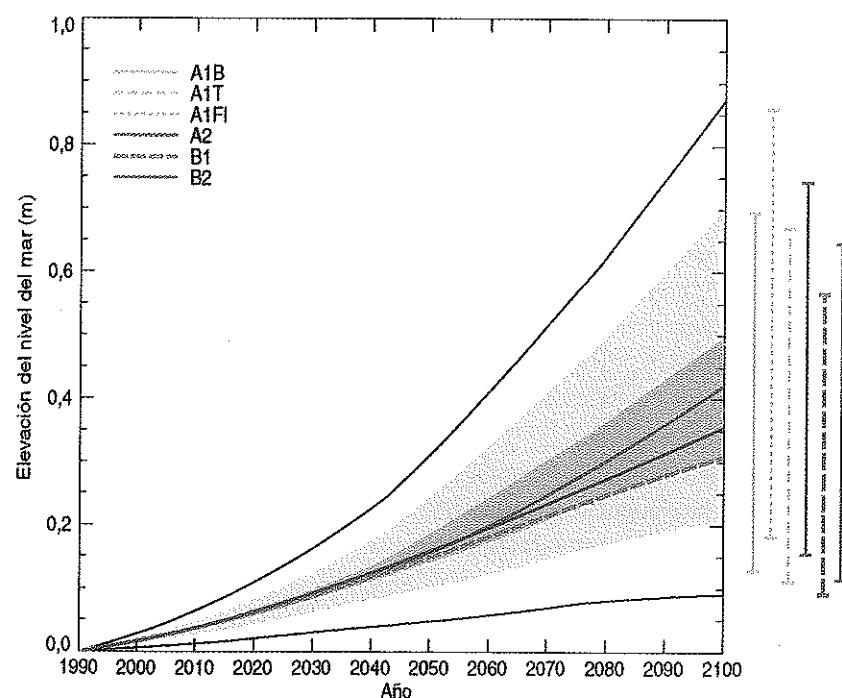


Figura 12: Cambio proxectado do nivel medio do mar polos modelos climáticos para o século XXI, a envolvente recolle a evolución de todos os posibles escenarios. (Fonte: IPCC, 2001a).

CONCLUSIÓN E DISCUSIÓN

O cambio climático actual atópase no contexto da variabilidade climática natural. A esta variabilidade conducen os factores naturais tanto astronómicos coma os terrestres.

Ademais de estes factores, as emisións de gases de efecto invernadoiro están a aumentar pola crecente actividade antropoxénica.

Durante o século XX detectáronse cambios globais na atmosfera, medio biológico e mariño a nivel global.

En Galicia encontrouse un aumento da temperatura media anual de 1.42°C en promedio durante o período 1973-2004. Este aumento foi maior nas rexións do interior que nas do litoral. Os meses que mostraron un aumento significativo da temperatura son os pertencentes ós meses de primavera.

En canto ós cambios na precipitación en Galicia, non se observan variacións a escala anual, aínda que se aprecia unha tendencia de descenso significativo da precipitación en febreiro (que ademais mostraba un incremento significativo da temperatura), esto fai que o incremento da evapotranspiración para este mes sexa elevado.

No norte de Portugal, obtivérонse tendencias similares ás observadas en Galicia para a temperatura e a precipitación.

Asemade, compre sinalar que estanse a facer estudos sobre outras variables relacionadas coas variacións climáticas en Galicia. Así, por exemplo, nun traballo recente, Marcos *et al.* (2005) constatouse un aumento no nivel do mar en Coruña e Vigo, de 2,12 mm/año e 2,91 mm/año respectivamente, durante o período 1943-2001. Este incremento, maior ó encontrado noutros traballos que consideraban a totalidade do século, parece ser debido principalmente á expansión térmica. Este aumento do nivel de mar podería ter importantes impactos sobre os ecosistemas e a habitabilidade das zoas costeiras (Nicholls and Leatherman, 1994).

As repercusións do cambio climático detectado variarán non só en función da súa evolución no futuro (cal sexa finalmente o escenario máis acertado) senón tamén da resposta e a capacidade de adaptación da sociedade. Deste xeito, as melloras tecnolóxicas (maior eficiencia dos aparellos eléctricos e dos illamentos térmicos da vivenda, por exemplo) e o cambio de actitude fronte as emisións, poden contribuír a diminuir ou ralentizar o cambio. Sen embargo, compre sinalar que haberá sen dúbida grandes diferencias na capacidade de adaptación ó cambio entre distintos países, non só pola variabilidade espacial na intensidade do cambio, senón pola diferente situación económica e social. É previsible que os países do terceiro mundo sufrirán en maior medida o cambio climático, ó depender en grande medida dos recursos naturais. En moitos deles a deficiencia de auga xa é un feito case constante, coas súas repercusións sobre a agricultura e polo tanto sobre a alimentación, e calquera pequena variación pode ter gran relevancia. Noutros países con maior capacidade de adaptación (mellor economía, melloras tecnolóxicas, cambios no tipo de cultivos...), a repercusión do cambio na poboación –con independencia dos impactos sobre o medio natural- poderá ser moito menor.

É necesario continuar e intensificar a investigación sobre o cambio climático, as súas causas e as súas consecuencias, como tamén compre estudar as formas de minorar os seus efectos.

BIBLIOGRAFÍA

- ABAURREA J., ÁLVAREZ E., ASÍN J., CEBRIÁN A.C., CENTELLES A., 2006. Evolución de las temperaturas máxima y mínima diaria en Zaragoza, Barcelona y Madrid en la segunda mitad del siglo XX. En: *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Asociación Española de Climatología. Serie A, nº5.
- AGUILAR M., SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ E., PITA M.F., 2006. Tendencia de las precipitaciones de marzo en el sur de la Península Ibérica. En: *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Asociación Española de Climatología. Serie A, nº5.
- AYALA-CARCEDO, F. J. 2004. La realidad del cambio climático en España y sus principales impactos ecológicos y socioeconómicos. En: *Revista del Aficionado a la Meteorología* (RAM), nº21 (Mayo).
- BRUNET M., AGUILAR E., SALADIE O., SIGRÓ J., LÓPEZ D., 2001. The variations and trends of the surface air temperature in the northeastern of Spain from middle nineteenth century onwards. En: M. BRUNET e D. LÓPEZ, (Eds.), *Detecting and Modelling Regional Climate Change*. Springer. Pag: 81-94.
- EEA. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2004. Report. N° 2/2004, Copenhagen. Impacts of Europe's changing climate. An indicator-based assessment.
- FERNÁNDEZ DE SEVILLA M.A., RODRIGO F.S., 2006. Tendencias en índices de temperaturas diarias extremas en España, 1951-2002. En: *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Asociación Española de Climatología. Serie A, nº5.
- IPCC, 2001a. Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- LABAJO J.L., LABAJO A.L., MARTÍN Q., PIORNO A., MORALES C., ORTEGA M.T., 2006. Análisis del comportamiento reciente de las frecuencias de los valores extremos de temperatura en la zona Madrid-Castilla La Mancha. En: *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Asociación Española de Climatología. Serie A, nº5.
- MARCOS M., GOMIS A., MONSERRAT S., ÁLVAREZ-FANJUL E., PÉREZ B., GARCÍA-LAFUENTE J., 2005 Consistency of long sea-level time series in the northern coast of Spain. *Journal of Geophysical Research.* **110**, C03008. DOI:10.1029/2004JC002522
- MARTÍNEZ-CORTIZAS, A., PÉREZ-ALBERTI, A., 1999. *Atlas climático de Galicia*.Xunta de Galicia. Santiago de Compostela. 207 pp.
- NICHOLLS, R. J., LEATHERMAN S.P., 1994. Global sea level rise, in As Climate Changes: Potential Impacts and Implications. Edited by K. Strzepek and J.B. Smith, pp 92-123, Cambridge Univ. Press, New York.
- PAREDES, D., TRIGO, R.M., GARCÍA-HERRERA, R., TRIGO, I. F., 2006. Understanding Precipitation Changes in Iberian in Early Spring: Weather Typing and Storm-Tracking. *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 7, nº1: 101-113.
- PARRY, M., PARRY, C., LIVERMORE, M., 2001. Valoración de los efectos potenciales del cambio climático en Europa (Informe ACACIA de la Comisión Europea, Resumen y conclusiones).Universidad de Castilla-La Mancha – Iberdrola, Toledo.
- PEINADO, A., 1985. *Lecciones de Climatología*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- PETIT, J. R., 1999. Climate and atmospheric history of the past 420.000 years from the Vostock ice core, Antarctica. *Nature*, 339: 429-436.
- SALADIÉ, O., BRUNET, M., AGUILAR, E., SIGRÓ, J y LÓPEZ, D., 2004. Variaciones y tendencia secular de la precipitación en el sistema mediterráneo catalán (1901-2000). En: El clima entre el mar y la montaña. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Serie A, nº4. Santander.

- SALAT J., PASCUAL J., 2006. Principales tendencias climatológicas en el Mediterráneo noroccidental, a partir de más de 30 años de observaciones oceanográficas y meteorológicas en la costa catalana. En: *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Asociación Española de Climatología. Serie A, nº5.
- SANTOS, F.D., FORBES, K., MOITA, R., 2002. *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures-SIAM Project*. Ed. Gradiva. Portugal.
- SANTOS, F. D., MIRANDA, P., 2006 *Alterações climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e medidas de Adaptação*. Ed. Gradiva. Portugal.
- SIGRÓ J., BRUNET M., AGUILAR E., SALADIÉ O., LÓPEZ-BONILLO D., 2006. Variabilidad de la temperatura estival en Cataluña (1950-1998). En: *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Asociación Española de Climatología. Serie A, nº5.