

Primavera i canvi climàtic

Agustí Jansà Clar

Agència Estatal de Meteorologia
Delegación Territorial a les Illes
Balears
jansa@inm.es

PRIMAVERA I CANVI CLIMÀTIC

Agustí Jansà Clar

RESUM: L'escalfament observat a les illes balears els darrers trenta o quaranta anys, com a conseqüència del canvi climàtic, és més del doble del que s'observa a escala planetària. aquest escalfament presenta, a més, una gran estacionalitat. Concretament, a l'observatori de l'aeroport de palma l'escalfament és bastant feble a ple hivern, però presenta un índex màxim exagerat a la primavera i al principi de l'estiu (abril, maig i juny). el desequilibri radiatiu produït per la intensificació de l'efecte hivernacle no és suficient per explicar un escalfament tan important en aquesta època. hi ha d'haver algun mecanisme meteorològic addicional. per tal d'esbrinar a quin mecanisme meteorològic addicional correspon aquest escalfament exagerat, hem analitzat la dinàmica dels mesos de maig i juny entre el 1973 i el 2009, mitjançant les reanàlisis de ncep/ncar, a més d'alguns índexs de teleconnexió i alguns aspectes complementaris del temps local. el resultat és que el gran escalfament observat al maig i juny a les illes balears, a mallorca concretament, està associat amb un augment del predomini de l'anticicló subtropical en aquesta època, la qual cosa significa que és la prolongació de l'estiu dinàmic cap a la primavera. aquest fet, que és compatible amb la coneguda migració cap al nord del camí de les pertorbacions ciclòniques, seria un fet transitori, que de cara al futur s'hauria de desaccelerar, per permetre el desplaçament cap a ple estiu de l'escalfament màxim, tal com indiquen els escenaris climàtics construïts. el sosteniment d'un escalfament tan gran a la primavera no és compatible amb els escenaris climàtics disponibles.

PARAULES CLAU: canvi climàtic, temperatura, Palma, Illes Balears, primavera, anticicló subtropical.

ABSTRACT: The warming observed in the Balearic Islands during the past decades (i. e. thirty or forty years) is more than double that of the planetary warming associated with climate change. This significant regional warming shows an important annual variability. At Palma Airport, in particular, the observed warming is quite moderate in winter, but presents an exaggerated maximum in spring and the beginning of summer (April, May, June). The radiative disequilibrium induced by the intensification of the greenhouse effect is not enough to explain such substantial warming; an additional meteorological cause is involved. In order to investigate the additional meteorological mechanisms that contribute to this exaggerated warming, the dynamics of the months of May and June between 1973 and 2009 were analysed by using the NCEP/NCAR reanalyses, as well as teleconnection indices and some complementary weather data. The result is that the warming observed in May-June in the Balearics and Mallorca is associated with an increase in the domain of the subtropical anticyclone this time of the year, which is equivalent to a dynamical elongation of summer towards spring. This fact –compatible with the known northward migration of the cyclone track in the Northern Hemisphere– is probably transitory and will be forced to decelerate in the future. Therefore, looking to future climate scenarios, the largest increase in warming will be displaced to the central summer months (July-August). The sustenance of a major warming in spring is not well-matched with available climate scenarios.

KEYWORDS: climate change, temperature, Palma, Balearic Islands, spring, subtropical anticyclone.

1. Tendència observada de les temperatures. El cas de les temperatures d'abril a juny a l'aeroport de Palma

Existeix la percepció popular que, amb el canvi climàtic, un dels efectes que es poden estar produint a les Illes Balears és la pràctica desaparició de la primavera, és a dir, que passem directament de l'hivern a l'estiu gairebé sense transició. Això, que dit així pot semblar una exageració, en part també és veritat. Per il·lustrar aquest fet, ens hem fixat en les dades de temperatura mitjana diària de l'observatori de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) de

l'aeroport de Palma, dins del període en què tenim prou garantida l'homogeneïtat de la sèrie, almenys pel que fa a l'emplaçament i el seu entorn, és a dir, des del 1973 fins a l'actualitat (2009). Aquest últim període recent és el que presenta canvis més ràpids com a conseqüència del canvi climàtic antropogènic actual (IPCC 2007).

El quadre I i la figura 1 mostren les tendències mensuals de temperatura mitjana observades a l'esmentat observatori.

Totes les tendències són positives, és a dir, indiquen escalfament, però al llarg de l'any hi ha diferències ben notables. Per al conjunt de l'any tenim un escalfament de 0,54 °C / 10 anys. Però, en particular, a l'hivern (desembre, gener i febrer) l'escal-

Quadre I. Tendència de la temperatura mitjana mensual a l'observatori de l'aeroport de Palma, 1973-2009, expressada en °C / 10 anys.

| Gen. | Febr. | Març. | Abr. | Maig | Juny | Jul. | Ag. | Set. | Oct. | Nov. | Des. |
|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,28 | 0,20 | 0,56 | 0,86 | 0,86 | 0,82 | 0,62 | 0,57 | 0,33 | 0,79 | 0,42 | 0,11 |

Font: AEMET

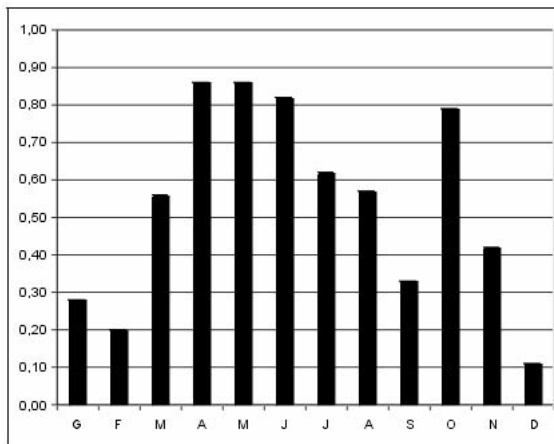


Fig. 1. Tendència de la temperatura mitjana mensual (1973-2009, en °C cada 10 anys), a l'observatori de l'aeroport de Palma (origen de dades AEMET).

fament mitjà és de tan sols de 0,2 °C / 10 anys, mentre que a la primavera i al principi de l'estiu (abril, maig i juny) l'escalfament mitjà és superior als 0,8 °C / 10 anys, de manera que, efectivament, l'estiu ha anat guanyant terreny a la primavera i el contrast entre els mesos de desembre, gener i febrer i els d'abril, maig i juny ha augmentat. Tot i que el març juga un paper intermedi, de pont, breu i relatiu, el pas de l'hivern a l'estiu ha tendit a fer-se més abrupte al llarg dels darrers trenta o quaranta anys.

Com és sabut, l'escalfament global actual del planeta és atribuït majoritàriament, amb una probabilitat d'encert molt alta, al desequilibri o forçament radiatiu que provoca l'augment d'origen antropogènic de la concentració dels anomenats gasos d'efecte hivernacle (IPCC 2007). L'escalfament no és uniforme al planeta, ni al llarg de l'any; primerament, perquè no ho és el forçament radiatiu en si mateix. Els condicionants astronòmics (durada del dia i la nit, distància del sol) provoquen diferències en el forçament radiatiu i són una primera causa de la diversificació espacial i temporal de l'escalfament, però aquesta no és l'única causa de la diferenciació. Com a conseqüència de l'escalfament global es produeixen, també, desajusts en la circulació atmosfèrica, de manera que en resulten diferències locals i regionals de les freqüències de les adveccions fredes i càlides i dels tipus de temps (anticiclònic o pertorbat i, per tant, assolellat i sec o ennuvolat i plujós): aquestes són causes meteorològiques que diversifiquen encara més l'escalfament global.

Entre una cosa i l'altra, les diferències que resulten són realment importants. En l'àmbit planetari s'accepta que l'escalfament mitjà és de prop de 0,7 °C en 100 anys, majoritàriament concentrat en els darrers trenta o quaranta anys (IPCC 2007). Però en trenta o quaranta anys l'escalfament a les Illes Balears ha estat més del doble, de prop

de 2 °C (per exemple, 0,54 °C / 10 anys, com hem vist, a l'aeroport de Palma). També hem vist que l'escalfament a l'aeroport de Palma, a més de ser globalment important, presenta una exagerada fluctuació estacional. En trenta o quaranta anys, als mesos del final de la primavera i el principi de l'estiu, l'escalfament ha superat àmpliament els 3 °C, mentre que hi ha mesos d'hivern que no s'ha arribat al mig grau, per davall de la mitjana planetària anual. És fàcil pensar que hi ha d'haver causes meteorològiques, no alienes al canvi climàtic, que, sumades al forçament radiatiu, poden ser la causa de l'exagerat escalfament observat a les Balears i, més concretament, a l'observatori de l'aeroport de Palma durant els mesos del final de la primavera i el principi de l'estiu.

Volem relacionar les anomalies tèrmiques observades els mesos del final de la primavera i el principi de l'estiu a l'aeroport de Palma amb anomalies d'algun tret definidor del tipus de temps, en el context del canvi climàtic. La relació del temps local amb els tipus de circulació i les pulsacions planetàries del clima va ser un tema d'estudi preferit per Mercedes Laita (Laita, Grimalt 1994, 1997; Laita 1995, 1998), tot i que la problemàtica considerada no era exactament la mateixa que afrontem aquí. Laita va triar periodicitats de dos mesos (ni massa llargues, ni massa curtes) per esbrinar fluctuacions anuals en alguns del seus estudis. Imitarem aquest detall i estudiarem el període bimestral de maig i juny, com a època de transició de la primavera a l'estiu.

2. Dades utilitzades. Primers resultats

Per als mesos de maig i juny, considerats conjuntament per al període 1973-2009, a més de les temperatures a l'aeroport de Palma, hem analitzat els tipus de temps

predominantment presents a la nostra regió, a través dels mapes mitjans, bimensuals, de geopotencial i vent (components u i v) en els nivells de 500 i 250 hPa. Complementàriament, també hem considerat alguns índexs de teleconnexió (NAO i SCAND), així com dades locals de nuvolositat, insolació i nombre de dies de pluja.

Els mapes mitjans a 500 i 250 hPa els hem obtingut a partir de les reanàlisis NCEP/NCAR, mitjançant l'aplicació interactiva que la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) té disponible a través d'Internet (NOAA/ESRL/PSD 2009). Els índexs de teleconnexió estan disponibles al Climate Prediction Center del National Weather Service de la NOAA (NOAA/NWS/Climate Prediction Center 2009). Les altres dades són de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET).

La inspecció visual dels mapes mitjans a 500 i 250 hPa ens mostra, en primer lloc, una bona coherència entre ambdós nivells i, en segon lloc, diferències clares de configuració entre els anys. Alguns anys, sobre la nostra regió, malgrat que es tracta d'una mitjana de dos mesos d'anàlisi i que això implica una forta suavització, la configuració arriba a ser de falca anticiclònica ben definida, mentre que en altres anys s'hi arriba a dibuixar o s'insinua amb prou claredat un tàlveg ciclònic (fig. 3). Hi ha anys en què la circulació és més ambigua, bastant zonal, amb vents forts situats cap al nord o cap al sud o a ambdues bandes, la qual cosa fa pensar en la presència simultània propera dels raigs polar i subtropical. Tot això és mal de sintetitzar i hem optat pel més simple, que és emprar el geopotencial i/o la component zonal del vent (u) sobre la vertical de Mallorca com a possibles indicadors del tipus de circulació, tant a 500 hPa com a 250 hPa.

Entre les temperatures de l'aeroport de Palma i el geopotencial i component zonal de vent a sobre, a 500 i 250 hPa, hem analitzat tendències i hem obtingut

correlacions directes i correlacions corregides de tendència (sobre sèries diferenciades). Finalment, també hem analitzat tendències i hem obtingut alguna correlació amb els índexs NAO i SCAND, així com amb els elements climatològics ja esmentats (nuvolositat, sol i dies de pluja). Per als càlculs estadístics, i en particular pel que fa a les significacions de tendències i correlacions, ha estat emprat el programa en R (R Development Core Team 2008).

Al quadre II no es mostren els valors originals mitjans (per a maig i juny) de les diverses magnituds considerades, sinó els valors mitjans de les *anomalies* de temperatura, geopotencial a 500 i 250 hPa i component zonal del vent als mateixos nivells. Per facilitar la comparació numèrica directa de les dades incloses, les anomalies de geopotencial es presenten en decàmetres, i encara dividint per 2, i les anomalies de vent, en decàmetres per segon. Les anomalies de temperatura es refereixen a valors homogeneïtzats per al període 1971-2000, obtinguts per J. A. Guijarro a la Delegació Territorial de l'AEMET a les Illes Balears. Les altres anomalies es refereixen a la mitjana de la mateixa sèrie (1973-2009). Al mateix quadre 2 s'inclouen les tendències observades, per dècada, amb la mateixa unitat en què es presenten els valors, així com els coeficients de correlació de Pearson entre la columna corresponent i la temperatura i també el coeficient de correlació entre la corresponent sèrie diferenciada o corregida de tendència (no mostrada) i la temperatura.

Les tendències són positives per al geopotencial a 500 i 250 hPa (la qual cosa indica reforçament del geopotencial o del caire anticiclònic) i són negatives per a la component zonal del vent. Totes aquestes tendències són estadísticament significatives amb un nivell de confiança del 95%, excepte la de vent a 500 hPa que sols és significativa a un nivell del 90%. Les tendències de geopotencial són fortes, de 13,8 m cada 10

anys a 500 hPa i de 20,4 m cada 10 anys a 250 hPa. La disminució de vent és relativament feble, 1,75 m s⁻¹ cada 10 anys al nivell de 250 hPa i la meitat al nivell de 500 hPa.

A la figura 2 es poden veure, gràficament, les seqüències de valors mitjans (per a maig i juny) de les anomalies de temperatura a l'aeroport de Palma (en °C) i de les anomalies de geopotencial a 500 hPa sobre Mallorca (en decàmetres geopotencials, dividint per 2). La tendència ascendent d'ambdues sèries és ben clara, així com el paral·lelisme que hi ha entre totes dues. La correlació és molt alta (0,84) i es manté gairebé invariable (0,82) si passem a sèries diferenciades, sense tendència. Si enlloc de geopotencial a 500 hPa fem geopotencials a 250 hPa, els resultats són gairebé idèntics (0,84 i 0,83 són els coeficients de correlació directa i després de corregir la tendència).

Entre la component zonal del vent i la temperatura no tenim tan bones correlacions amb les sèries directes, amb la qual cosa els resultats empitjoren sensiblement per a les sèries corregides de tendència. En qualsevol cas, pel que fa al vent, els resultats són millors a 250 hPa que a 500 hPa. La moderada correlació entre el vent zonal a 250 hPa i la temperatura a l'observatori de l'aeroport de Palma (amb un valor de 0,41) és significativa estadísticament (amb un nivell de confiança del 90%), mentre que la correlació amb el vent zonal a 500 hPa no és només més dèbil (0,23), sinó que a més no és significativa. A més, la correlació entre temperatura i vent zonal a 250 hPa minva clarament quan diferenciem les sèries, per eliminar tendències. La correlació corregida així baixa de 0,41 a 0,24.

3. Discussió. Prolongació dinàmica de l'estiu cap a la primavera. Teleconnexions. Temps present

El clima mediterrani es caracteritza per una alternança entre els períodes

d'influència de l'anticicló subtropical i els períodes en què són freqüents les pertorbacions ciclòniques associades al front polar o raig polar. L'anticicló subtropical domina pràcticament tot l'estiu i fa que en aquesta estació dominin les masses d'aire càlid, sense gairebé precipitacions i amb poca nuvolositat i insolació.

Com és sabut, l'alternança estacional entre el domini de l'anticicló subtropical i les pertorbacions del front polar es deu a la migració latitudinal d'ambdós grans sistemes de la circulació general atmosfèrica al llarg de l'any. A l'estiu, ambdós sistemes migren cap a latituds més altes, de manera que l'anticicló subtropical queda plenament establert a la nostra regió, mentre que a l'hivern ambdós sistemes (l'anticicló subtropical i el cinturó de les pertorbacions) baixen de latitud, de manera que el domini de l'anticicló a la nostra regió es fa només ocasional, no permanent.

Hi ha un consens força generalitzat en la teoria que, a l'hemisferi nord, el canvi climàtic provocaria una migració global, cap al nord, del cinturó de les pertorbacions del front polar (o raig polar) (Yin 2005; IPCC 2007). És bastant lògic pensar que a les regions mediterrànies això hauria de comportar una extensió temporal del període anual de predomini quasi permanent de l'anticicló subtropical, és a dir, un allargament de l'estiu, definit com l'època en què predomina clarament l'anticicló subtropical.

Creiem que això és el que ens mostra l'anàlisi dels mesos de maig i juny, del període 1973-2009, que hem fet referit a Mallorca. El ple estiu ha tendit a envair els mesos de maig i juny, que han sofert un gran augment de temperatura i, al mateix temps, un notable augment del geopotencial a nivells mitjans i alts, és a dir, un clar reforçament de l'anticicló subtropical. La relativa disminució del vent zonal a 250 hPa també seria consistent amb la migració cap

Quadre II. Anomalies de temperatura a l'aeroport de Palma i de geopotencial i component zonal de vent a 500 i 250 hPa, sobre Mallorca, 1973-2009, maig-juny.

| <i>Any</i> | <i>d temp °C</i> | <i>d geop500 Dm / 2</i> | <i>d geop250 Dm / 2</i> | <i>d vent500 Dm / s</i> | <i>d vent250 Dm / s</i> |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1973 | 0,2 | 0,9 | 1,3 | 0,2 | 0,2 |
| 1974 | -0,7 | -0,3 | 0,1 | 0,5 | 0,5 |
| 1975 | -1,8 | -2,6 | -3,7 | 0,0 | 0,3 |
| 1976 | -0,1 | -0,6 | -1,7 | -0,6 | -0,9 |
| 1977 | -1,6 | -2,8 | -4,2 | 0,2 | 0,6 |
| 1978 | -1,3 | -2,1 | -3,2 | 0,3 | 0,8 |
| 1979 | 0,0 | 0,7 | 0,6 | -0,2 | -0,4 |
| 1980 | -1,0 | -2,1 | -2,4 | 0,4 | 0,8 |
| 1981 | -0,4 | -0,1 | 0,6 | 0,2 | -0,3 |
| 1982 | 0,5 | 1,4 | 1,8 | 0,1 | 0,0 |
| 1983 | 0,4 | -0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,8 |
| 1984 | -1,5 | -3,1 | -4,7 | 0,4 | 0,7 |
| 1985 | -0,5 | -1,1 | -1,7 | 0,2 | 0,3 |
| 1986 | 0,4 | 1,7 | 2,3 | -0,1 | -0,3 |
| 1987 | -0,5 | -0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,6 |
| 1988 | 0,5 | -1,3 | -1,7 | 0,3 | 0,7 |
| 1989 | 0,6 | 0,2 | -0,9 | -0,6 | -0,5 |
| 1990 | 0,9 | 0,9 | 1,8 | 0,1 | 0,2 |
| 1991 | -1,6 | -1,1 | -1,7 | -0,1 | -0,5 |
| 1992 | -0,4 | -1,8 | -2,9 | -0,7 | -0,3 |
| 1993 | 0,9 | 0,2 | -0,2 | 0,1 | 0,3 |
| 1994 | 0,9 | 1,4 | 2,6 | 0,2 | 0,0 |
| 1995 | 0,5 | -0,3 | -0,4 | 0,1 | 0,1 |
| 1996 | 0,0 | -0,6 | -1,2 | -0,3 | -0,3 |
| 1997 | 1,7 | -0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 1998 | 1,3 | 0,2 | 0,6 | -0,3 | -0,3 |
| 1999 | 2,1 | 1,9 | 2,6 | 0,4 | 0,3 |
| 2000 | 2,1 | 1,7 | 2,1 | -0,3 | -0,5 |
| 2001 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | -0,1 | -0,1 |
| 2002 | 1,1 | 0,9 | 1,1 | 0,1 | 0,0 |
| 2003 | 2,8 | 2,7 | 3,8 | -0,5 | -0,8 |
| 2004 | 0,3 | -0,6 | -1,2 | -0,4 | -0,6 |
| 2005 | 2,4 | 2,4 | 3,8 | 0,0 | -0,5 |
| 2006 | 2,2 | 2,4 | 3,1 | 0,0 | -0,3 |
| 2007 | 1,8 | 0,2 | 0,6 | 0,1 | 0,2 |
| 2008 | 0,6 | -1,1 | -1,2 | -0,1 | 0,0 |
| 2009 | 2,2 | 1,7 | 2,8 | -0,2 | -0,3 |
| Tendència / 10 anys | 0,84 | 0,69 | 1,02 | -0,09 | -0,17 |
| Correlació amb temp. | 0,84 | 0,84 | -0,23 | -0,41 | |
| Correlació corregida | 0,82 | 0,83 | -0,10 | -0,24 | |

Font: AEMET i NOAA/ESRL/PSD-NCEP/NCAR

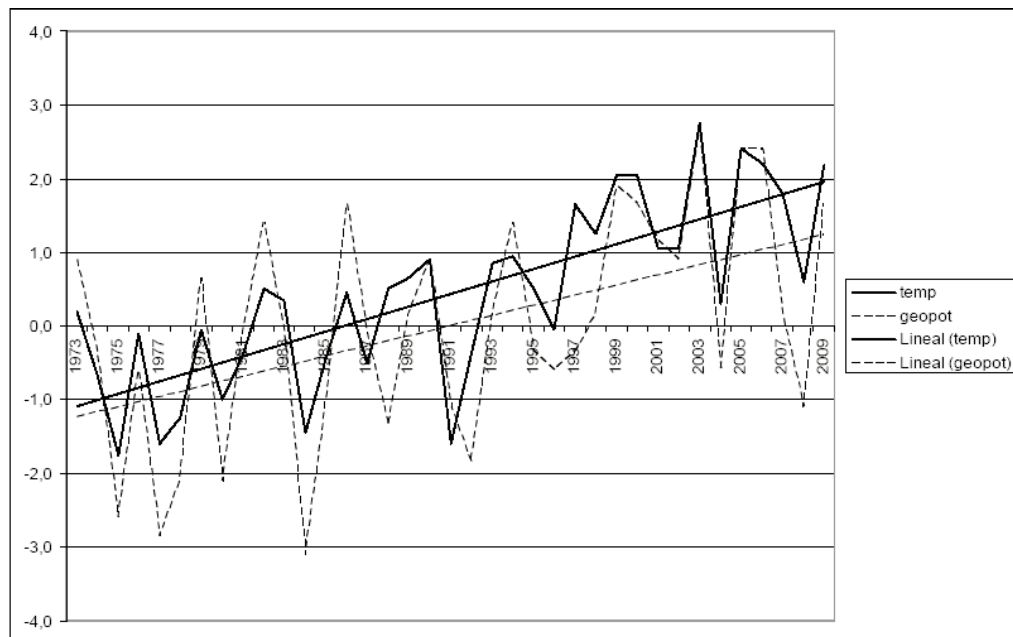


Fig. 2. Tendències simultànies de les anomalies de temperatura a l'observatori de l'aeroport de Palma (en °C, respecte de 1971-00) i de geopotencial a 500 hPa sobre Mallorca (en dm², respecte de 1973-09), durant els mesos de maig i juny (origen de dades AEMET i NCEP/NCAR, a través de NOAA/ESRL/PSD).

al nord del raig polar, als mesos de maig i juny.

Com a constatació addicional, en els períodes de maig i juny més càlids de la història recent (com 2003, 2005 o 2009), no sols és que el geopotencial presenti una clara anomalia positiva, sinó que el domini anticiclònic és ben palès als mapes mitjans de 500 hPa, que mostren una falca anticiclònica (fig. 3). El contrari succeeix en els períodes maig-juny més freds (com 1975, 1977 o 1991), quan la configuració dominant mostra un tàlveg més o menys clar.

La migració cap al nord de la trajectòria de les pertorbacions ciclòniques condueix a una menor freqüència de la presència de pertorbacions ciclòniques de certa importància a la Mediterrània (se n'exceptuarien les

baixes tèrmiques, molt breus) (Lionello et al. 2002; Guijarro et al. 2005). Això hauria de succeir tot l'any, però no hi ha dubte que s'hauria de notar més —o s'hauria d'haver notat més— en les èpoques marginals: en ple estiu ja hi havia predomini de l'anticicló subtropical i en ple hivern no arriba a desaparèixer la incidència freqüent de les depressions polars.

La minva de vent zonal a 250 hPa sobre la nostra regió també podria anar associada a la migració de la trajectòria de les pertorbacions o, el que és equivalent, a la migració cap al nord del raig polar. La relativa ambigüïtat dels resultats, probablement es deu al fet que, de la mateixa manera que el predomini de la situació a la regió es fa anticiclònic, els

vents forts es desplacen cap al nord d'aquesta regió. Mentrestant, quan el predomini es fa molt ciclònic, arribant a haver-hi tàlveg gairebé permanent, els vents forts tampoc són a la regió, sinó que poden ser cap al sud.

En principi, podríem pensar que el reforçament anticiclònic sobre la nostra regió, especialment al maig i juny, que és ben clar i sens dubte està associat al gran augment de temperatures que hi ha hagut, també podria anar associat a canvis en els índexs de teleconnexió. Per esbrinar alguna cosa sobre aquest punt hem analitzat el comportament de les sèries de dos índexs de teleconnexió que ens són propers, relativament, el NAO (o oscil·lació nord-atlànica) i l'SCAND (o índex escandinau). El NAO relaciona anomalies de geopotencial cap a les illes Açores i cap a Islàndia i l'SCAND, cap a Ibèria-Mediterrània i cap a Escandinàvia. La fase positiva de l'SCAND consisteix en l'anomalia positiva cap a Escandinàvia i l'anomalia negativa cap a Ibèria-Mediterrània.

A part del fet que la correlació entre el NAO i la temperatura a l'aeroport de Palma és pràcticament nul·la, el NAO no presenta cap tendència estadísticament significativa en els darrers trenta o quaranta anys. L'SCAND, en canvi, sí que mostra una tendència apreciable. Al llarg dels darrers trenta anys i escaig, l'índex SCAND ha anat minvat, la qual cosa significa que la regió ibericomediterrània ha anat perdent caire ciclònic (o ha anat guanyant caire anticiclònic), mentre que Escandinàvia guanyava caire ciclònic, la qual cosa és, altra vegada, consistent en relació amb la migració de les pertorbacions cap al nord repetidament esmentada. Si ens referim al maig i juny la tendència es fa més clara que per al conjunt de l'any i resulta significativa estadísticament en un nivell de confiança del 90% (tot i que no ho és al nivell del 95%). Tot i això, l'índex SCAND presenta una

escassa correlació negativa, no significativa estadísticament, amb la temperatura a l'aeroport de Palma (-0,24). La correlació amb el geopotencial a 500 hPa sobre Mallorca sí que és significativa, amb un valor de 0,40.

La presència gairebé permanent de l'anticicló subtropical suposa la presència gairebé permanent d'aire càlid, subtropical, que és la massa d'aire constitutiva d'aquests anticiclons, i, per tant, suposa la presència gairebé permanent de temperatures altes. Així, el reforçament de l'anticicló al maig i juny ja és raó suficient per explicar l'augment de temperatures exagerat observat en aquesta època. Emperò, a més, la presència anticiclònica reforçada, quan succeeix al final de la primavera i al principi de l'estiu, en època de forta irradiació extraterrestre i de nits curtes, encara podria suposar més augment de temperatura, si implica, com es podria pensar, més bon temps, és a dir, temps més assolellat, menys plujós.

Hem utilitzat les dades de nuvolositat mitjana a 7, 13 i 18 hores UTC, la insolació eficaç, en hores, i el nombre de dies de pluja apreciable per comprovar aquest aspecte, amb resultats poc espectaculars. De fet, a l'aeroport de Palma, als mesos de maig i juny considerats en conjunt, no hi ha tendències significatives, ni de la nuvolositat mitjana a 7, 13 i 18 hores, ni del nombre de dies de pluja apreciable (igual o superior a 0,1 mm). La insolació eficaç sí que presenta una certa tendència negativa, de 5,6 hores per mes cada deu anys. De totes maneres, el nivell de significació no supera el 85%. La correlació entre el temps (nuvolositat, insolació, dies de pluja) i la temperatura és bastant acceptable pel que fa a la insolació (+0,46) i al número de dies de pluja (-0,43) i més reduïda per a la nuvolositat (-0,29), però és significativa estadísticament (al 90%) en el tres casos. Encara són més bones les correlacions entre el temps a l'aeroport de

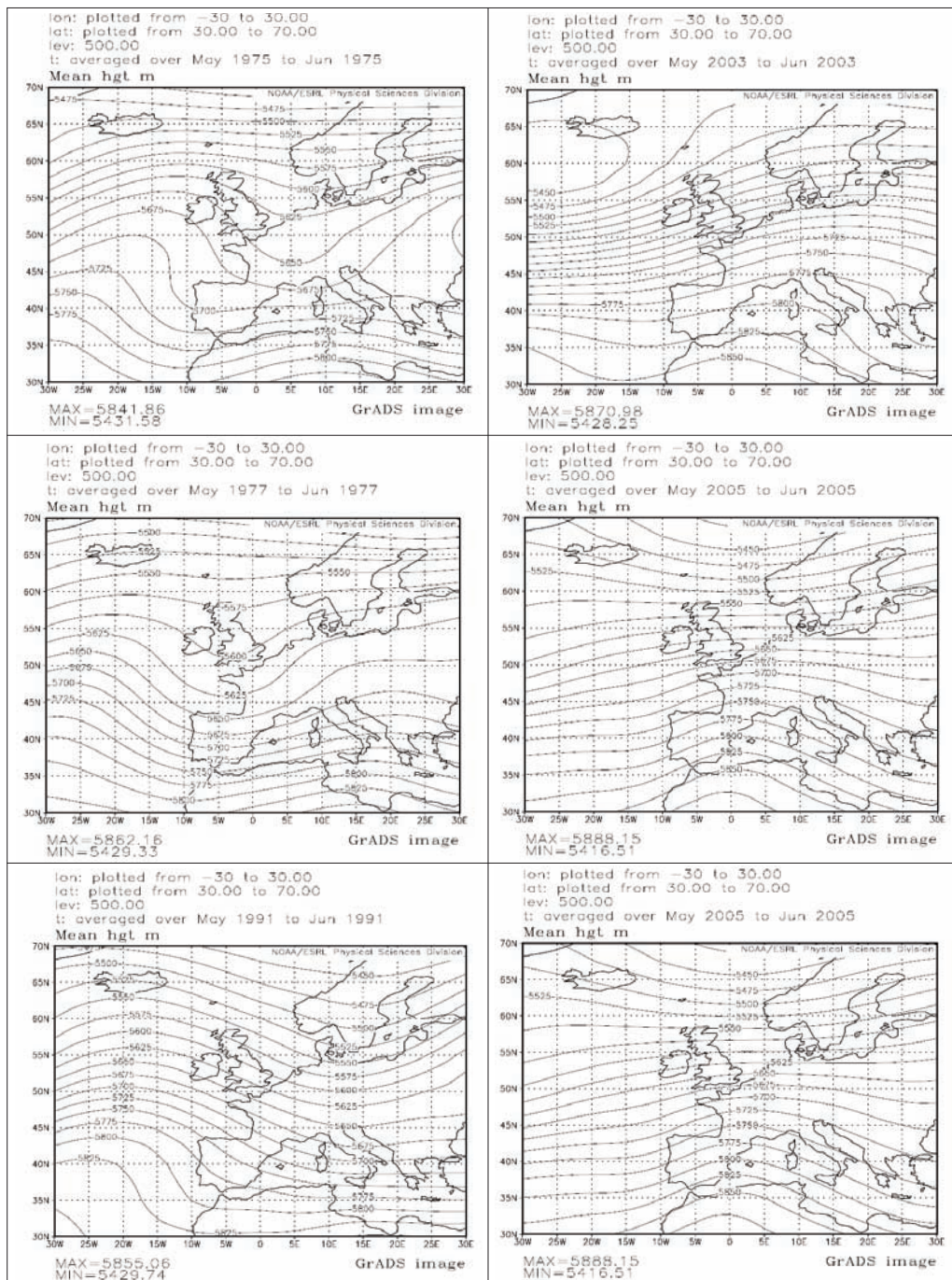


Fig. 3. Mapes mitjans de geopotencial a 500 hPa per a alguns dels períodes bimensuals (maig i juny) més freds (esquerra) i més càlids (dreta). Esquerra, de dalt a baix, anys 1975, 1977 i 1991. Dreta, de dalt a baix, anys 2003, 2005 i 2009 (origen de dades NCEP/NCAR a través de NOAA/ESRL/PSD).

Palma i el geopotencial a 500 hPa; aquestes correlacions són -0,52, +0,63 i -0,70 per a nuvolositat, insolació i dies de pluja, la qual cosa no diu altra cosa sinó que els anticiclons tendeixen a donar bon temps. D'una manera o altra, es pot donar per confirmat que la major temperatura en terra que comporta un major geopotencial en altura es deu no només al fet que aquest major geopotencial estigui relacionat amb la major presència de les masses d'aire subtropicals, sinó que també al bon temps associat a la presència anticiclònica.

4. Una mirada cap al futur: transitorietat de l'exagerat escalfament primaveral

Al llarg dels darrers trenta o quaranta anys, en relació amb el canvi climàtic antropogènic, al final de la primavera i al principi de l'estiu (maig i juny) s'ha produït a les Illes Balears un escalfament especialment fort, que sembla que estigui bàsicament lligat a un gran augment del predomini de l'anticicló subtropical en aquesta època. Què succeirà en el futur? Continuarà aquest comportament singular del final de la primavera i el principi de l'estiu, aquestes tendències particulars?

La manera d'esbrinar-ho és utilitzar models climàtics i, més concretament, els escenaris climàtics regionalitzats futurs, construïts d'acord amb els models climàtics. Hem emprat el material elaborat i recopilat per l'Agència Estatal de Meteorologia, parcialment publicat (AEMET 2008) i disponible per Internet (AEMET 2009).

De l'abundant material disponible, hem pogut consultar un total de vuit combinacions de diversos mètodes de regionalització estadística (anàlegs INM, SDSM i anàlegs FIC) i diversos models globals (CGCM2, ECHAM4, HadAM3 i

HADCM2SUL), que inclouen projeccions diferenciades per mesos, separades per temperatures màximes i temperatures mínimes i disponibles per als períodes 2071-00 (les vuit combinacions) i també 2011-40 i 2041-70 (sis combinacions).

Hi ha prou varietat de projeccions i, si ens fixem en Palma o Mallorca, podem comprovar que els màxims escalfaments, tant per a màximes com per a mínimes, no són en cap cas, ni en cap període, en el mesos d'abril, maig o juny, sinó que sempre són al juliol o agost o al juliol i agost. En algunes projeccions el màxim escalfament s'estén també cap a la tardor (setembre, fins i tot octubre), però mai cap a la primavera.

Hauríem de concloure que l'escalfament singular màxim dels mesos d'abril, maig i juny que s'ha observat durant els darrers trenta o quaranta anys, juntament amb la consolidació d'un major predomini de l'anticicló subtropical, almenys durant els mesos de maig i juny, seria o hauria estat una fase transitòria dins de l'evolució climàtica antropogènica. En altres paraules, aquesta seria una fase del canvi que ja no aniria gaire a més, sinó que es desacceleraria, tot i que no s'aturaria, ni, encara menys, tornaria enrere. A partir d'ara –o molt prest– el major escalfament s'hauria d'anar desplaçant cap al ple estiu; l'escalfament de final de primavera i principi d'estiu hauria de començar a minvar. El ritme de canvi recent en aquesta època és exagerat i no s'adiu amb el que donen les projeccions climàtiques pessimistes.

El gran escalfament observat al final de la primavera, associat a la sensació de desaparició de la primavera com a tal, hauria estat, no solament transitori, sinó bastant ràpid i concentrat: els sis bimestres de maig i juny més càlids són tots de després de 1998 (vegeu el quadre II).

5. Conclusions i perspectives

La variació de les temperatures els darrers trenta o quaranta anys a la regió de les Illes Balears, analitzada a través de les dades de l'observatori de l'aeroport de Palma, mostra un singular i potent escalfament als mesos d'abril, maig i juny. Hem analitzat el comportament de l'atmosfera en aquesta regió durant els mesos de maig i juny i hem pogut concloure que el gran i singular escalfament ha anat lligat a la consolidació del predomini de l'anticicló subtropical, predomini que ja existia en ple estiu i que, per tant, pot ser considerat una extensió de l'estiu cap a la primavera, amb el conseqüent escurçament, gairebé desaparició, de la primavera pròpiament dita. Aquest fenomen hauria de ser considerat una fase transitòria del canvi climàtic. De cara al futur, l'escalfament del final de la primavera i el principi de l'estiu perdria importància, es desacceleraria, mentre que augmentaria l'escalfament a ple estiu.

L'existència de fases transitòries en el canvi climàtic pot ser un tret ben interessant a tenir en compte i faria recomanable una vigilància molt continuada d'aquest canvi climàtic.

Agraïments

A José Antonio Guijarro, company de la Delegació Territorial de l'AEMET, per alguns comentaris i per la seva ajuda, amb els quals s'han pogut millorar alguns aspectes d'aquest treball.

Bibliografia

AEMET (2008). *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España*. Con contribuciones de Brunet, M.; Casado, M. J.; De Castro, M.; Galán, P.;

López, J. A.; Martín, J. M.; Pastor, A.; Petisco, E.; Ramos, P.; Ribalaygua, J.; Rodríguez, E.; Sanz, I.; Torres, L., Agencia Estatal de Meteorología.

AEMET (2009). *Escenarios de cambio climático*. <http://www.aemet.es/es/elclima/cambio_climat/escenarios>.

GUIJARRO, J. A., JANSÀ, A., CAMPINS, J. (2005). «Time variability of cyclonic geostrophic circulation in the Mediterranean». *Advances in Geosciences*, núm. 7, pàg. 45-49.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. A: Salomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller, K. L. (eds.). Cambridge University Press, Regne Unit i New York, EUA.

LAITA, M.; GRIMALT, M. (1994). «Análisis objetivo del campo de presión en el Mediterráneo Occidental y clasificación del mismo para meses secos en las Islas Baleares». A: Justicia, A.; Domínguez, R.; García, E. (eds.) *Perfiles actuales de la geografía cuantitativa en España*. Universidad de Málaga / AGE, pàg. 117-128.

LAITA, M. (1995). *El fenómeno del Niño y su influencia climática en el Mediterráneo Occidental*. Tesi doctoral. Universitat de les Illes Balears.

LAITA, M.; GRIMALT, M. (1997). «Vorticity and pressure anomalies in the Western Mediterranean during El Niño / Southern Oscillation extremes». *International Journal of Climatology*, núm. 17, pàg. 475-482.

LAITA, M. (1998). «El Niño y su influencia en el régimen de lluvias en Baleares». *Territoris*, núm. 1, pàg. 189-201.

LIONELLO, P.; DALAN, F.; ELVINI, E. (2002). «Cyclones in the Mediterranean

region: the present and the doubled CO₂ climate scenarios». *Climate Research*, núm. 22, pàg. 147-159.

NOAA/ESRL/PSD, 2009. *The NCEP/NCAR Reanalysis Projecta at the NOAA/ESRL Physical Sciences Division*. <<http://www.cdc.noaa.gov/data/reanalysis/reanalysis.shtml>>.

NOAA/NWS/Climate Prediction Center (2009). *Northern Hemisphere Teleconnection Patterns*. <<http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>>.

YIN, J. H. (2005). «A consistent poleward shift of the storm tracks in simulations of 21st century climate». *Geophysical Research Letters*, núm. 32, L18701, doi: 10.1029/2005GL023684.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0. Vienna, Austria. <<http://www.R-project.org>>.