

EVOLUCIÓ DELS EXTREMS HÍDRICS A CATALUNYA ALS ÚLTIMS 500 ANYS Y LA SEVA MODELITZACIÓ REGIONAL

Antonio Barrera Escoda

Tesi doctoral. Departament d'Astronomia i Meteorologia. Facultat de Física. Universitat de Barcelona.

Resum

L'objectiu de la present tesi doctoral és la caracterització de l'evolució temporal dels extrems hídrics (inundacions i sequeres) i de la precipitació a Catalunya per a un període temporal el més llarg possible. Es pretén amb això posar en perspectiva la situació actual (últims 30 anys) així com proporcionar un nivell de referència per a la variabilitat natural. Els extrems hídrics són el desastre natural que produeix el major impacte socioeconòmic i la seva freqüència d'incidència és molt sensible a petits canvis en l'estat mitjà del clima (per exemple la temperatura). L'escalfament global actual provocat per l'increment en la concentració dels GEHs provocarà una alteració del cicle hidrològic i un canvi en les precipitacions i en l'ocurrència dels extrems hídrics, sent la zona Mediterrània una de les regions de la Terra més afectades (IPCC, 2007). Diversos estudis afirmen que la precipitació ja està disminuint en gran part la Península Ibèrica, sobretot en el sud i la zona mediterrània (Esteban-Parra *et al.*, 1998; Romero *et al.*, 1998; Alpert *et al.*, 2002; Goodess i Jones, 2002; Paredes *et al.*, 2006), però la majoria d'aquests estudis estan basats bé en sèries molt curtes o bé en un nombre petit d'estacions. Existeixen també arguments dinàmics per a suposar que la precipitació disminuirà en les pròximes dècades en tots els cinturons subtropicals, incloent-hi el Mediterrani (IPCC, 2007).

En aquesta tesi s'ha analitzat l'evolució dels extrems hídrics (principalment inundacions) a Catalunya (1301–2005) a partir de diferents tipus d'informació, que engloben des d'informació històrica procedent d'arxius documentals i sèries instrumentals antigues fins a models numèrics de predicció. També s'han analitzat la relació entre les inundacions i la precipitació amb la NAO, la relació entre inundacions i precipitació diària, així com els TPs (patrons de SLP) associats a inundacions per a períodes històrics d'elevada ocurrència d'aquests esdeveniments. Finalment s'hi presenten els resultats de simulacions regionalitzades de la precipitació i dels extrems hídrics recents (últims 30 anys) i passats (últims 500 anys).

La informació històrica utilitzada està formada d'una banda per les cronologies d'inundació de dotze localitats catalanes distingint-se entre inundacions EXT (desbordaments amb lleus danys o sense danys) i CAT (desbordaments amb danys greus o destrucció total) per al període 1301–2005. La sèrie d'índexs hídrics (combinació d'inundacions i rogatives pro pluvia) de la Ciutat de Barcelona per al període 1521–1850 és l'altre tipus de dades documentals utilitzades. La informació instrumental antiga consta de catorze sèries diàries de SLP repartides per tot Europa per al període

1780–1880 i la sèrie de precipitació de Barcelona Ciutat (mensual per a 1786–2005 i diària per a 1854–2005). S'han utilitzat també altres sèries de precipitació llargues, procedents de l'AEMET, per al període 1898–1998 (106 sèries en total) per al conjunt d'Espanya, per a així tenir una visió espacialment més àmplia de l'evolució de la precipitació durant el segle XX analitzant sèries regionals (precipitació areal). El model meteorològic utilitzat per a desenvolupar simulacions regionalitzades és l'MM5 (model d'àrea limitada) niat i forçat a les condicions inicials i de contorn de les Reanàlisis de l'ERA40 de l'ECMWF, així com al model climàtic ECHO-G per a diferents períodes i resolucions: 1971–2000 (135–45–15 km) per a les reanàlisis (ERA40) i 1502–1989 (135–45 km) per al model climàtic (ECHO-G).

L'anàlisi de totes les dades i informació utilitzades permet concloure que la variabilitat observada els últims 30 anys, així com durant el segle XX, no és destacable respecte a altres períodes passats anòmals en els quals hi va haver una major variabilitat (gran ocurrència d'inundacions i sequeres). Tampoc és destacable la variabilitat actual a l'analitzar sèries pluviomètriques llargues, tant de Catalunya com de la resta de l'Estat Espanyol. En referència a les tendències presentades pels extrems hídrics, cal comentar la dificultat que presenta la seva anàlisi, ja que és fàcil confondre entre augment d'incidència i augment de vulnerabilitat. No s'han trobat tendències destacades estadísticament significatives per a les inundacions CAT, que al ser les produïdes pels episodis meteorològics més extrems, no estan tan influenciades pels canvis en la vulnerabilitat. En canvi, sí que s'ha produït un augment de les inundacions EXT per als últims 150 anys aproximadament (~1850–2005), encara que aquest augment és degut en gran part a l'increment de la vulnerabilitat de la zona per l'ocupació de zones inundables.

Les sèries regionals de precipitació areal analitzades no mostren una tendència a llarg termini estadísticament significativa durant el segle XX per al conjunt d'Espanya. A més a més s'ha observat que la tendència és altament dependent de la longitud i període d'estudi de la sèrie, arribant fins i tot a canviar de signe. Només es troben tendències estadísticament significatives per a la primavera a la regió CS ($-0,51 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$) i la regió BAL presenta una tendència de $-0,28 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ per a l'estiu. La tendència anual més gran s'observa per a la regió NW amb un augment estadísticament significatiu de $1,50 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$. Per una altra banda, només cal destacar com a tendència recent estadísticament significativa una disminució de la precipitació de $4,0 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ per al període 1968–1997 que presenta la sèrie de precipitació areal de la zona NE de la Península Ibèrica (encara que comparable a tendències de curt termini anteriors), en la qual s'hi troba Catalunya. En canvi, la sèrie llarga de precipitació de la Ciutat de Barcelona (1786–2005) no presenta cap tendència recent ni a llarg termini. Tampoc presenta tendència l'evolució de la precipitació extrema diària a Barcelona (1854–2005), sent significatiu solament un augment en el nombre total de dies amb precipitació apreciable ($\geq 0,1 \text{ mm}$) acompanyat d'un augment en el nombre de dies amb precipitacions febles ($\leq 1 \text{ mm}$).

En referència a la relació entre precipitació i inundacions, la comparació entre les inundacions ocorregudes a la Ciutat de Barcelona i la seva sèrie de precipitació diària ha mostrat el valor de 50 mm com un llindar de precipitació diària a partir del qual solen produir-se inundacions. Aquesta estació urbana a més ofereix la possibilitat d'estudiar en detall com els canvis en la vulnerabilitat

(ocupació de zones inundables, millores en la xarxa de drenatge i clavegueram...) influeixen en el canvi en la freqüència de les inundacions i sobretot en la de les inundacions sobtades. Tant les inundacions EXT com les sobtades augmenten considerablement a mitjan segle XIX coincidint amb l'enderrocament de les muralles que protegien la ciutat i l'ocupació de zones inundables, circumstància que va coincidir amb un augment d'inundacions a tot Catalunya. En canvi, les inundacions CAT no mostren cap tendència i apunten cap a una disminució durant els últims anys gràcies en gran part a les millores en la xarxa de drenatge de la ciutat.

La relació entre la NAO i la precipitació areal per al període 1898–1998 per al conjunt de l'Estat Espanyol presenta una correlació variable segons l'època de l'any, sent màxima durant l'hivern, amb valors de $-0,7$ per a la regió CS de la Península Ibèrica i valors per sota de $-0,5$ en les regions NE, LEV i CN d'Espanya. És interessant fer notar que la correlació NAO-precipitació no és estacionària durant el període 1898–1998, sent màxima per als últims 30 anys de les sèries considerades (1968–1998). Les correlacions aquí trobades són superiors que les obtingudes en treballs anteriors per altres autors. D'altra banda, la relació de les inundacions amb índexs de circulació, com la NAO, mostra una correlació feble. Per tant és descartable una relació directa entre ambdues variables. També és feble la correlació entre inundacions a Catalunya i l'activitat solar.

En relació amb els TPs (patrons de SLP) associats a inundacions per a un període d'elevada ocurrència d'inundacions (1840–1870), concloem que aquests són comparables als identificats per al segle XX per altres autors, però la seva distribució al llarg de l'any és diferent, amb un increment d'inundacions produïdes durant la primavera. A més, aquest període presenta un major percentatge d'inundacions CAT, d'un 52%, enfront del 18% del període actual (1971–2000) i una elevada ocurrència del TP més favorable a produir precipitacions intenses i inundacions CAT (fluxos de vent del S en superfície). En referència a la circulació atmosfèrica diària durant el període 1840–1870, no sembla haver-hi cap anomalia significativa que pogués explicar la gran ocurrència d'inundacions registrades, tot i que s'observa un predomini de la circulació meridional. Una possible explicació a l'anomalia observada durant aquest període podria trobar-se en el fet que aquest període va tenir lloc en el Final de la PEG. En aquesta època s'hi acumulava una major quantitat de neu en cotes mitjanes i altes dels Pirineus respecte a l'actualitat. Aquest fet junt amb el predomini de la circulació càlida meridional durant la primavera podria ser la raó principal de l'elevada ocurrència d'inundacions a la primavera.

Les simulacions climàtiques realitzades amb el model mesoescalar MM5, niat i forçat a les condicions de contorn d'un MCG (downscaling o redimensionat dinàmic), han mostrat la importància de la resolució espacial dels dominis d'integració per a poder reproduir la distribució espacial de la precipitació a Catalunya. Sobretot és important per a reproduir el màxim pluviomètric que s'observa a la zona NE de la regió. En canvi, per a l'anàlisi de l'evolució temporal de la precipitació no existeixen diferències apreciables entre diferents resolucions. Les simulacions també han mostrat ser una bona tècnica per a reproduir els patrons espacials de precipitació (anual, semianual, primavera i estiu), l'evolució de les anomalies mitjanes anuals i la de variables derivades de la precipitació extrema (nombre de dies amb precipitació $> 50 \text{ mm}$). D'una banda, la simulació del MM5 niat i forçat a les Reanàlisis de l'ERA40 (1971–2000) també permet definir TPs associats

als episodis causants d'inundacions consistents amb els obtinguts amb l'ERA40 (condicions observades). D'altra banda, la simulació del MM5 niat i forçat al model acoblat atmosfera-oceà ECHO-G (1502–1989) produeix un rang de variabilitat multidecadal consistent amb l'observat (precipitació areal de la zona NE de la Península Ibèrica i la precipitació de Barcelona) per als últims 100–200 anys del període d'estudi. També existeix un acord entre l'evolució dels valors simulats i els observats per al període 1898–1989. Aquesta simulació també reproduïx en part l'evolució de les inundacions CAT a Catalunya des de finals del segle XVI fins a principis del segle XVIII. D'aquest estudi es desprèn que seria necessària una simulació no forçada del clima passat per a trobar si en absència de forçaments externs, la variabilitat interna multidecadal en el model és fonamentalment diferent (freqüència o/i amplitud). Per a totes les variables comentades anteriorment el model MM5 niat i forçat a un MCG serà una bona tècnica per a la generació d'escenaris climàtics regionalitzats bé siguin passats o futurs. En canvi, no estan bé simulats els cicles estacional i anual mitjos, així com la distribució espacial de la precipitació mitja de tardor i hivern. Per a aquestes variables la tècnica aquí presentada no serà útil per a la generació d'escenaris climàtics regionalitzats.

Finalment, en aquesta tesi a través de l'anàlisi exhaustiva que s'ha realitzat a sèries d'extrems hídrics i precipitació amb una gran extensió temporal, superior a la de molts estudis anteriors, es pot concloure que els canvis previstos en la precipitació per les simulacions IPCC-ARS deguts a l'increment en la concentració de GEHs encara no s'han produït a Catalunya ni a la resta de l'Estat Espanyol.