

El clima observat de les conques del Fluvià, de la Tordera i del Siurana (1951-2000)



Introducció

Catalunya és sota un clima mediterrani majoritàriament. Els règims de circulació atmosfèrica de la conca mediterrània mostren un cicle estacional lligat a la circulació temperada i humida de l'oest a l'hivern i a una d'estrictament subtropical a l'estiu. El clima mediterrani s'ubica en una transició geogràfica entre el domini temperat i humit de les latituds mitjanes i l'àrea àrida i desèrtica del cinturó dels anticiclons tropicals.

Segons la classificació climàtica de Köppen-Geiger les tres conques d'estudi tenen una gran diversitat climàtica dins el context mediterrani (Figura 1). Això és a causa de la gran complexitat orogràfica de la conca mediterrània i la seva configuració semitancada a l'Atlàntic. Es poden donar diferents graus de continentalitat segons el gradient de temperatura mar-continent, però la variable més heterogènia espacialment i temporalment és la precipitació. Mentre el clima mediterrani es caracteritza per tenir un màxim pluviomètric a l'hivern, a les àrees d'estudi (a excepció de la capçalera del Fluvià) trobem que els màxims són equinoccials tant en freqüència com en quantitat, essent la tardor més elevada en quantitat, i l'hivern sobrepasant lleugerament l'estiu (Figura 2). Específicament, la franja est de la Península Ibèrica s'ubica a sotavent de la influència atlàntica, fet que afavoreix que la tardor sigui l'estació més plujosa per una ciclogènesi pròpia de la Mediterrània, moment de l'any que les aigües marines es troben més escalfades, mentre l'hivern és relativament sec (Martín-Vide i Olcina Cantos, 2001).

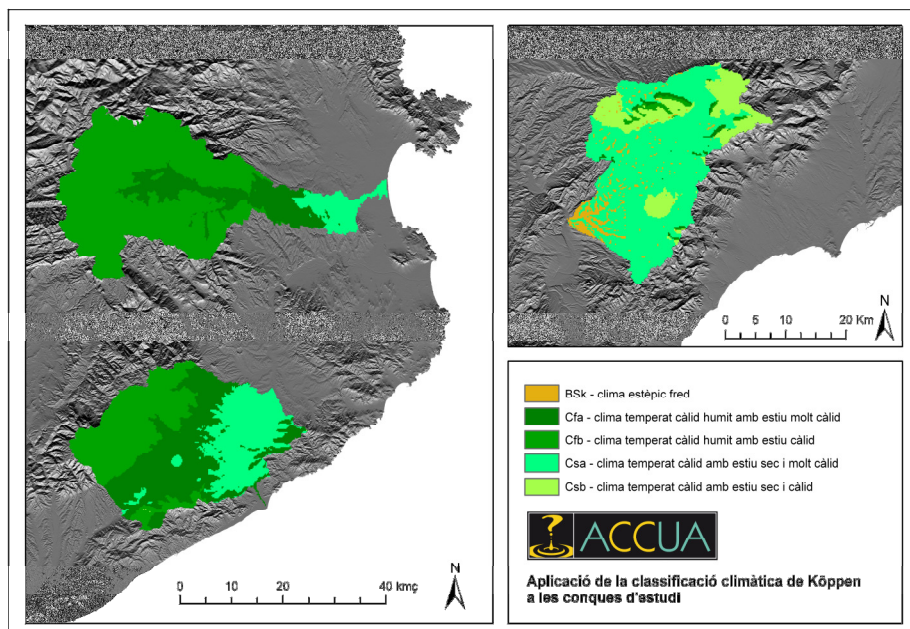


Figura 1. Climes de les conques d'estudi segons la classificació climàtica de Köppen-Geiger. S'ha fet una classificació automàtica mitjançant l'Atlas Climàtic Digital de Catalunya (Ninyerola *et al.*, 2000) segons els criteris actualitzats de Kottek *et al.* (2006).

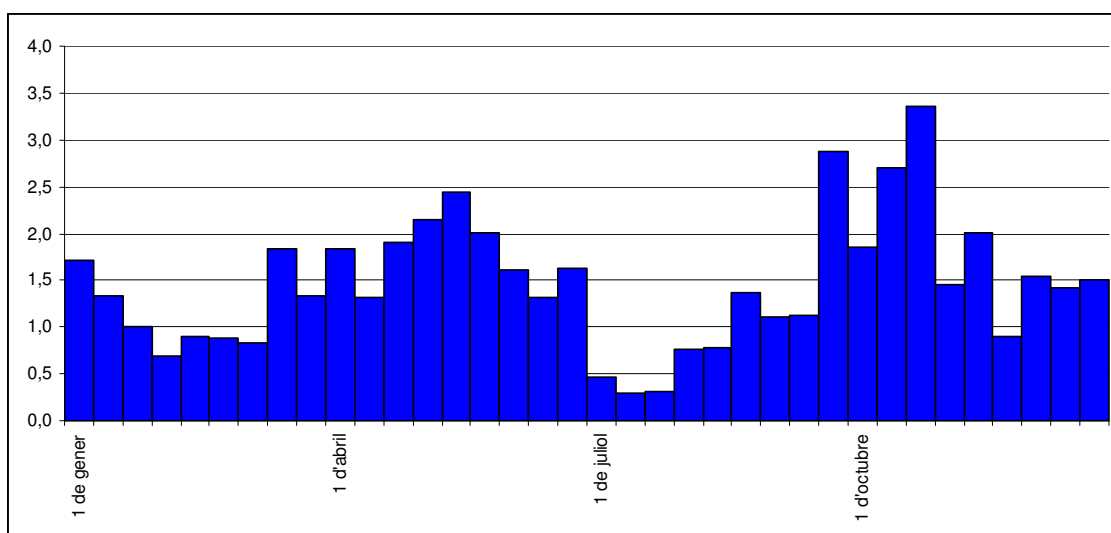


Figura 2. Calendari pluviomètric de Cabacés (el Priorat, conca del Siurana) a partir de les mitjanes de quantitats diàries en 10 dies (mm) segons el període 1971-2000. (Dades diàries de l'Agència Estatal de Meteorologia, AEMET).

Tot i que l'estudi se centra en detectar els canvis climàtics de la segona meitat del segle XX, cal veure l'evolució de la temperatura i la precipitació des d'una perspectiva més àmplia. Els augments tan significatius que ha sofert la temperatura a Catalunya durant les tres darreres dècades (Brunet *et al.*, 2001) es relativitzen si es té en compte un període de temps més llarg. Si es té en compte la integritat del segle XX els increments són més modestos, essent fins i tot no significatius en el cas de la sèrie més propera a la conca del Siurana (Tivissa) (Figura 3). Les sèries de l'Estartit i de Vilobí d'Onyar, la més llarga i propera a la conca del Fluvià i a la conca de la Tordera respectivament, sí mostren un ascens significatiu de la temperatura mitjana (T_{mit}) anual al llarg del segle XX segons el t-test i el test de Mann-Kendall (programa AnClim –Stepanek, 2007–). Tot i que els darrers anys han estat els més càlids mai registrats instrumentalment, a finals dels anys 40 i inicis dels 50 es van mesurar temperatures força elevades, lleugerament inferiors a les actuals.

L'evolució de la T_{mit} anual a l'Observatori Fabra, l'estació meteorològica amb la sèrie més llarga i fiable de Catalunya juntament amb la de l'Observatori de l'Ebre, demostra que hi ha una homogeneïtat espacial quant a la temperatura a Catalunya (Figura 4). Algunes de les sèries de temperatura que es disposen de les conques d'estudi mostren una evolució similar a la sèrie de l'Observatori Fabra. Als anys 70, la comunitat científica estava convençuda que ens dirigíem cap a un nou període glacial, però a principis dels 80 s'inicia un ascens de la temperatura mai registrat anteriorment a Catalunya. Això ha donat un ascens d'1,9 °C aproximadament en el conjunt de les tres conques d'estudi per a les tres darreres dècades. A partir dels anys 90 tenen lloc els anys més càlids a Catalunya i a les conques d'estudi dels darrers 150 anys com a mínim (Brunet *et al.*, 2001).

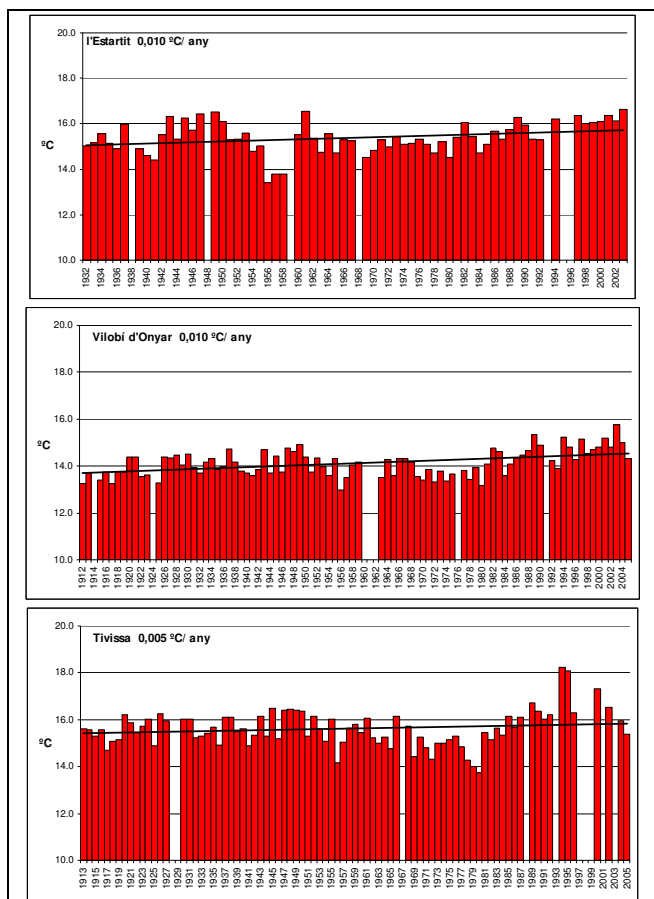


Figura 3. Evolució de la temperatura mitjana (Tmit) anual (°C) al llarg del segle XX i principis del segle XXI a l'Estartit, Vilobí d'Onyar i Tivissa. Es mostren les tendències en °C/ any. (Font: Dades mensuals de la base de dades *North Eastern Spain Air Temperature database* -NESATv2- del Grup de Recerca del Canvi Climàtica de la Universitat Rovira i Virgili).

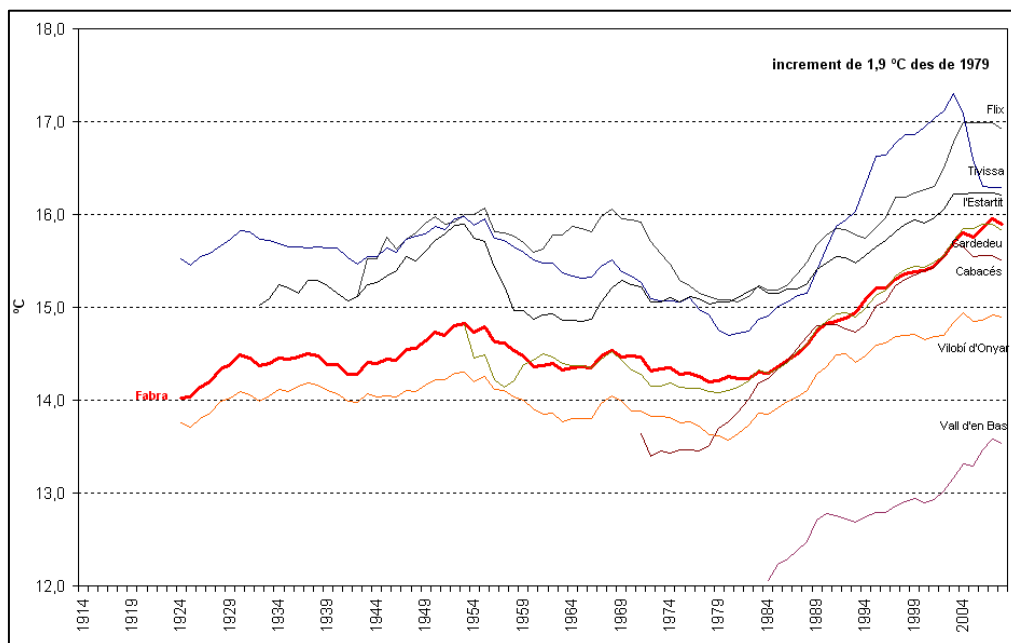


Figura 4. Mitjanes mòbils d'11 anys de diverses sèries de Tmit anual a les conques d'estudi o properes a elles. La sèrie de l'Observatori Fabra és la de referència. Font: AEMET i NESATv2.

Mentre la temperatura mostra un augment força contundent, l'evolució de la precipitació al llarg del segle XX ha estat més diversa. No hi ha una tendència clara de la precipitació. La variació de la pluviometria anual durant els darrers 100 anys en

quatre de les sèries més llargues de Catalunya és gairebé nul·la tot i que comprenen períodes lleugerament diferents (Figura 5). Hi ha hagut períodes humits i de sequera com els que han tingut lloc recentment entre el 2007 i 2008. Els últims 5 anys de la dècada dels 40 foren anòmalament secs, amb registres pluviomètrics més baixos que els de 2007. D'altra banda, els registre tan elevats de finals dels 60 no s'han tornat a enregistrar. En general, es tracten d'uns cicles naturals de la precipitació que caracteritzen el clima mediterrani.

Caldria comprovar quina evolució ha tingut estacionalment la precipitació, anàlisi que es porta a terme en aquest estudi per al període 1951-2000. A grans trets, diversos treballs apunten a una davallada de la pluviometria anual al llarg de les darreres dècades a la façana oriental de la Península Ibèrica (Norrant i Douguédroit, 2006; De Luis *et al.*, 2009), i sobretot a l'estiu (Millán *et al.*, 2005), però per a l'hivern no hi ha un consens espacial (González-Hidalgo *et al.*, en premsa). El darrer Informe d'Avaluació del IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) de 2007 assenyala la Mediterrània com una de les àrees del planeta on hi ha un clar consens entre els models i els escenaris d'una reducció de precipitació a la meitat càlida de l'any per a finals del segle XXI. Pel que fa a l'hivern resten força incògnites.

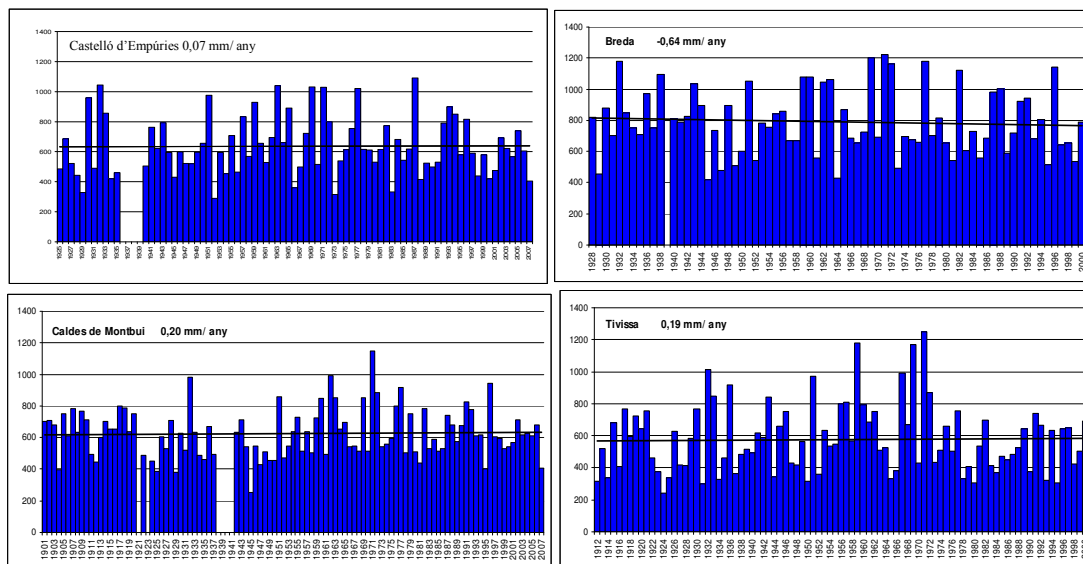


Figura 5. Evolució de la precipitació mitjana anual (mm) al llarg del segle XX i principis del segle XXI a Castelló d'Empúries (el Fluvià), Breda (la Tordera), Caldes de Montbui i Tivissa (el Siurana). Es mostren les tendències en mm/ any. (Dades mensuals de la base de dades *North Eastern Spain Adjusted Precipitation dataset* -NESAP- del Grup de Recerca del Canvi Climàtica de la Universitat Rovira i Virgili). (La sèrie de Castelló d'Empúries s'ha complementat amb el període 1995-2007 amb dades de l'AEMET, i a la sèrie de Caldes de Montbui s'ha afegit el període 2001-2007 amb dades de la Torre Marimon).

2. Dades i mètodes

Per calcular les mitjanes pluviomètriques i termomètriques de les conques s'ha utilitzat l'Atlas Climàtic Digital de Catalunya (Ninyerola *et al.*, 2000). La resolució espacial de l'atles és de 180 m x 180 m i té un format ràster. Per fer la cartografia de l'atles es van emprar 160 estacions meteorològiques amb registres de temperatura (1 estació per 200 km²) i 257 estacions meteorològiques amb registres de precipitació (1 estació per 125 km²) que tenien dades entre 15 i 20 anys durant el període 1951-1999.

Per fer una anàlisi de tendències i canvis en les variables climàtiques cal estudiar l'evolució temporal de les sèries. S'han emprat 6 sèries de temperatura de la base de dades *North Eastern Spain Air Temperature database* (NESATv2) (Brunet *et al.*, 2001), tenint en compte que l'evolució temporal de la temperatura és força homogènia espacialment (Figura 6). En canvi, la base de dades de precipitació s'ha elaborat a partir de 49 sèries que es troben dins un *buffer* de 10 km de la conca d'estudi: 44 de la base MOPREDAMES (*Monthly Precipitation Dataset, Mediterranean Spain*) (González-Hidalgo *et al.*, en premsa), 4 de *North Eastern Spain Adjusted Precipitation dataset* (NESAP) (Saladié *et al.*, 2007) i 1 de Météo-France (Figura 6). La irregularitat espacial de la precipitació requereix un major nombre de sèries per determinar zones localitzades amb determinats comportaments pluviomètrics. En aquest estudi també s'aprofundeix en l'estudi de la variabilitat pluviomètrica perquè la disponibilitat de recursos hídrics és clau en el projecte ACCUA. El període d'estudi d'evolució temporal és el 1951-2000 que coincideix amb el de l'Atlas Climàtic Digital de Catalunya. No obstant, l'hivern comprèn el període 1951/52-1999/2000 i té un valor menys que les altres estacions en algunes anàlisis de l'estudi. Les estacions de l'any en climatologia convencional es consideren de la següent forma: primavera (març, abril i maig), estiu (juny, juliol i agost), tardor (setembre, octubre i novembre) i hivern (desembre, gener i febrer).

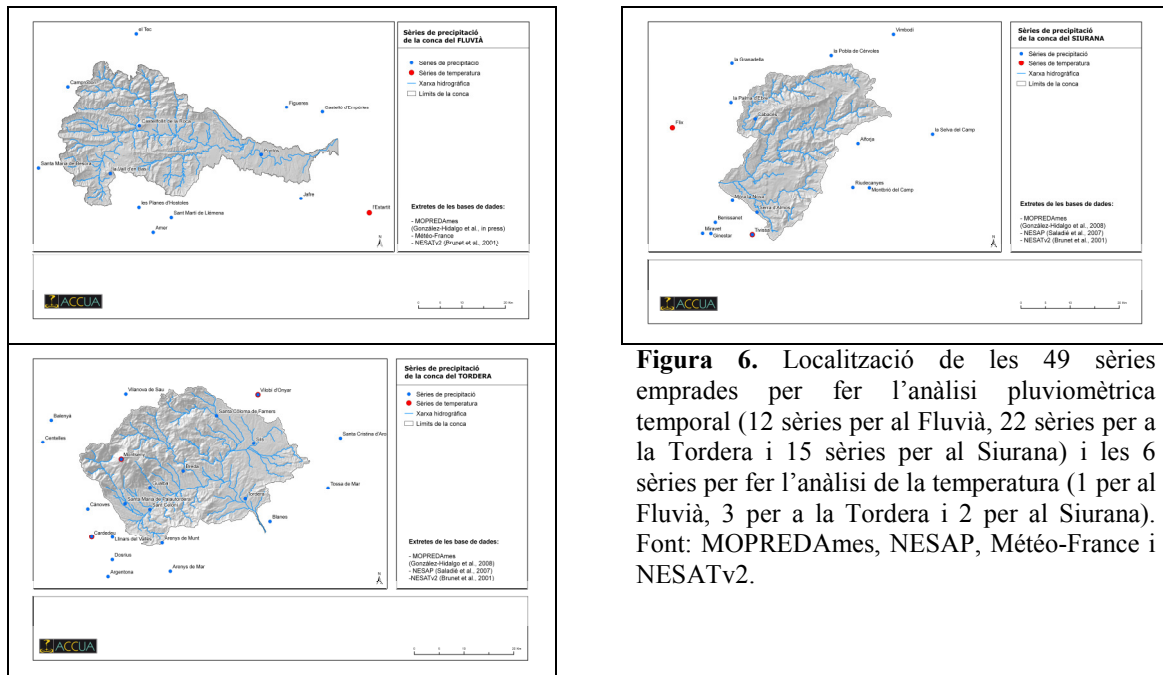


Figura 6. Localització de les 49 sèries emprades per fer l'anàlisi pluviomètrica temporal (12 sèries per al Fluvià, 22 sèries per a la Tordera i 15 sèries per al Siurana) i les 6 sèries per fer l'anàlisi de la temperatura (1 per al Fluvià, 3 per a la Tordera i 2 per al Siurana). Font: MOPREDAMES, NESAP, Météo-France i NESATv2.

Es valoraran les tendències temporals de temperatura per mesos, estacional i anualment a partir de les 6 sèries de la base de dades NESATv2 tot i que la majoria de les sèries no es trobin dins les conques d'estudi.; emperò ja s'ha comentat que la temperatura té un comportament temporal més extrapolable espacialment. S'utilitzarà el programa AnClim (Stepanek, 2007) per estudiar les tendències. A partir de les dades de precipitació, també es calcularan les tendències i el coeficient de variació (CV), les mitjanes dels valors per conca es faran mitjançant tècniques GIS. Aquesta eina també ens permetrà cartografiar les tendències de precipitació per tal de poder detectar aquelles àrees que han experimentat un canvi pluviomètric significatiu. Les tendències s'estudiaran per mesos, estacionalment i anualment, però els CV només estacionalment i anualment. Totes aquestes anàlisis es complementaran amb la realització de calendaris

pluviomètrics per als subperíodes 1951-1975 i 1976-2000 per veure canvis en l'estacionalitat de la precipitació.

En un aprofundiment de l'estudi pluviomètric, es calcularà una sèrie mitjana de precipitació de cada conca a partir dels valors estandarditzats de les sèries compreses en el *buffer* de 10 km. Aquesta sèrie mitjana és correlacionarà amb diferents índexs de teleconnexió com per exemple l'oscil·lació de l'Atlàntic Nord (NAO), l'oscil·lació de la Mediterrània Occidental (WeMO) i l'oscil·lació de l'Àrtic (AO). Aquests índexs mesuren la variabilitat dels principals patrons de circulació sobre Europa. N'hi ha diversos però aquests, sobretot els dos primers, són els que en principi tenen una influència més directa en la precipitació de la Península Ibèrica (Martin-Vide i Lopez-Bustins, 2006). Això permetrà deduir si algunes de les evolucions recents de precipitació a les conques d'estudi és a causa de canvis en la circulació atmosfèrica a Europa.

Per últim, s'estudiaran quins episodis torrencials extrems han tingut lloc al llarg de la segona meitat del segle XX. Aquells que hagin superat els 200 mm en 24 h a partir de la base de dades de Gázquez *et al.* (2004). Al mateix temps, es compararà amb les majors crescudes de cabals que s'han registrat a la Tordera per part de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

3. Anàlisis

3.1. Clima de les conques

3.1.1. Temperatura

La Tmit anual de les tres conques és similar i es troba al voltant dels 13°C. S'emmarquen en un clima mediterrani relativament fred. No segueixen un gradient latitudinal. La conca més freda és el Fluvià i la més càlida és la Tordera (Figura 7). Al tram mitjà i baix de la Tordera la Tmit anual supera en extenses àrees els 15°C i a la conca del Siurana només sobrepassa aquest llindar a les parts més baixes. A la conca del Fluvià no hi ha pràcticament zones per sobre els 15°C. La distribució espacial de la temperatura segueix amb molta fidelitat l'orografia de la conca. La conca del Fluvià es distingeix per tenir una temperatura mínima (Tmín) anual un grau més baixa que les altres conques, que s'accentua a l'estiu. En canvi, la temperatura màxima (Tmàx) anual és més elevada a la conca de la Tordera, però superada per la de la conca del Siurana a l'estiu. La continentalitat més elevada la trobem a la conca del Fluvià, on la diferència entre les Tmín i Tmàx anuals és de 11.4°C, mentre a la conca de la Tordera i del Siurana és de 10.6°C i 10.0°C, respectivament. Tot i que el Fluvià desguassa directament al mar té una extensa àrea de capçalera molt endinsada en el continent amb relleus molt notables que pronuncien aquesta continentalitat.

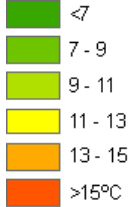
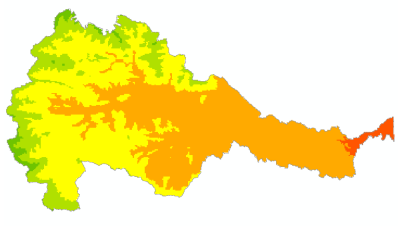
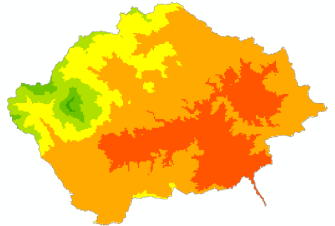
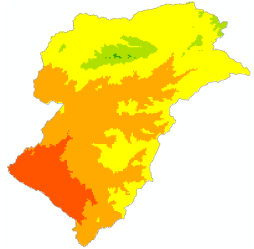
Temperatura	Fluvià	Tordera	Siurana
Anual 	 Tmín 7.1°C Tmàx 18.5°C Tmit 12.8°C	 Tmín 8.3°C Tmàx 18.9°C Tmit 13.6°C	 Tmín 8.3°C Tmàx 18.3°C Tmit 13.3°C
Hivern	Tmín 0.8°C Tmàx 11.6°C Tmit 6.2°C	Tmín 2.0°C Tmàx 12.0°C Tmit 7.0°C	Tmín 2.1°C Tmàx 10.1°C Tmit 6.1°C
Primavera	Tmín 5.5°C Tmàx 17.1°C Tmit 11.3°C	Tmín 6.5°C Tmàx 17.3°C Tmit 11.9°C	Tmín 6.2°C Tmàx 17.0°C Tmit 11.6°C
Estiu	Tmín 13.9°C Tmàx 26.2°C Tmit 20.1°C	Tmín 15.2°C Tmàx 26.7°C Tmit 20.9°C	Tmín 15.4°C Tmàx 27.1°C Tmit 21.2°C
Tardor	Tmín 8.2°C Tmàx 19.2°C Tmit 13.7°C	Tmín 9.6°C Tmàx 19.8°C Tmit 14.7°C	Tmín 9.3°C Tmàx 18.8°C Tmit 14.1°C

Figura 7. Temperatura mitjana (Tmit), temperatura mínima (Tmín), temperatura màxima (Tmàx) anual i per estacions segons l'Atlas Climàtic Digital de Catalunya (període d'estudi: 1951-1999) utilitzant tècniques GIS a les conques del Fluvià, la Tordera i el Siurana. Es mostra la distribució espacial de la Tmit anual per a cada conca d'estudi.

3.1.2. Precipitació

La precipitació mitjana anual de les conques justifica la selecció d'aquestes. Totes tres mostren mitjanes pluviomètriques atribuïbles a un clima mediterrani però amb matisos latitudinals força diferenciats tot i la proximitat geogràfica entre elles. Si observem la Figura 8 podem detectar que les aportacions hídriques són molt distintes entre la conca del Fluvià i la del Siurana. Mentre la primera es troba totalment dins el domini que podem considerar la Catalunya humida (llindar 700 mm), la conca del Siurana és representativa de la Catalunya seca. La conca de la Tordera en ubicar-se en una latitud intermitja de les altres dues conques té una capçalera més similar a la conca del Fluvià però un tram baix típic del clima mediterrani més sec com la conca del Siurana.

El clima mediterrani es caracteritza per tenir una equinoccialitat de la pluviometria, amb un màxim tardorenc en el cas de la vessant oriental de la Península Ibèrica, amb un mínim estival que es reflecteix amb exactitud a les conques de la Tordera i el Siurana (Figura 8). En canvi, la conca del Fluvià tot i estar sota un àmbit mediterrani, té forts trets de clima de muntanya en trobar-se la seva capçalera en el Pirineu Oriental. Una prova evident és el fet que l'estiu sigui l'estació més plujosa juntament amb la tardor. Martín-Vide i Olcina (2001) van arribar a comptabilitzar fins a 13 règims de precipitació dels 24 possibles a la Península Ibèrica, que resulten de l'ordenació decreixen de les quantitats mitjanes de les quatre estacions de l'any. De les 3 conques d'estudi, obtenim ja 2 règims diferents. La conca Mediterrània es caracteritza precisament per tenir un ampli ventall de règims de precipitació.

El CV és una mesura de dispersió relativa per comparar les variabilitats pluviomètriques de diferents observatoris i es defineix com el simple quocient entre la desviació típica i la mitjana, i es pot optar per expressar-ho en percentatge: $CV = (S/X) \cdot 100 (\%)$. Aquest indicador del comportament de la precipitació també mostra que la variabilitat de la precipitació segueix un gradient latitudinal nord-sud. Les variabilitats més elevades de precipitació a la Península Ibèrica s'han detectat a la conca del Segura (Martín-Vide, 1996). El caràcter mediterrani de la precipitació segueix un gradient nord-sud i oest-est en el context ibèric. A la Figura 9 és palès l'increment de la variabilitat de la precipitació tant anual com estacional en disminuir la latitud. Anualment, la conca del Fluvià es caracteritza per una variabilitat moderada de la precipitació, mentre la conca de la Tordera per una de moderadament elevada. L'Empordà i les Terres de l'Ebre es caracteritzen per tenir els CV més elevats de Catalunya (Cernocky *et al.*, 2008), això és coherent amb el CV obtingut a la desembocadura del Fluvià i a la part més meridional de la conca del Siurana.

Estacionalment, els valors del CV són més elevats òbviament en haver-hi una major dispersió dels totals pluviomètrics. Per exemple, l'hivern obté uns valors molt alts perquè en alguns anys la precipitació pot ser molt reduïda com a l'estiu mediterrani sota situacions dominades per anticiclons, tèrmics principalment, o donar-se episodis de pluja intensa com a la tardor. Les altres estacions tenen uns valors moderadament elevats a les conques del Fluvià i la Tordera, i alts i molt alts a la del Siurana.

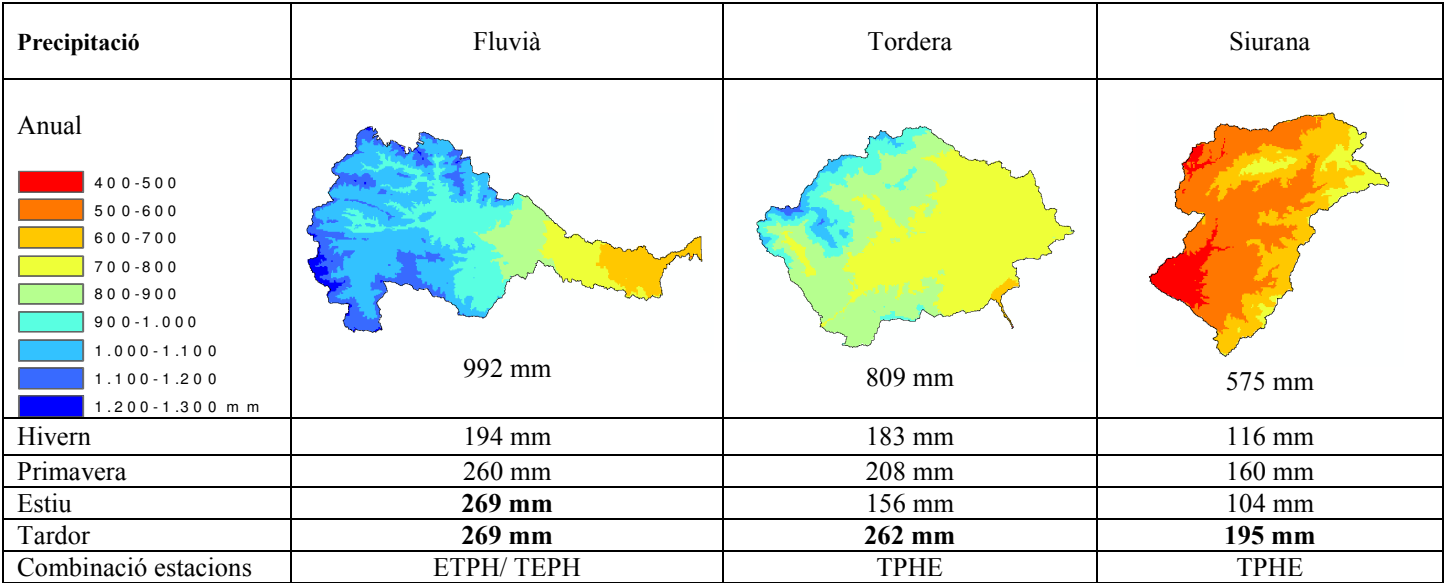


Figura 8. Precipitació mitjana anual i per estacions segons l'Atlas Climàtic Digital de Catalunya (període d'estudi: 1951-1999) utilitzant tècniques GIS, i règims pluviomètrics a les conques del Fluvià, la Tordera i el Siurana. Es mostra la distribució espacial de la precipitació mitjana anual per a cada conca d'estudi.

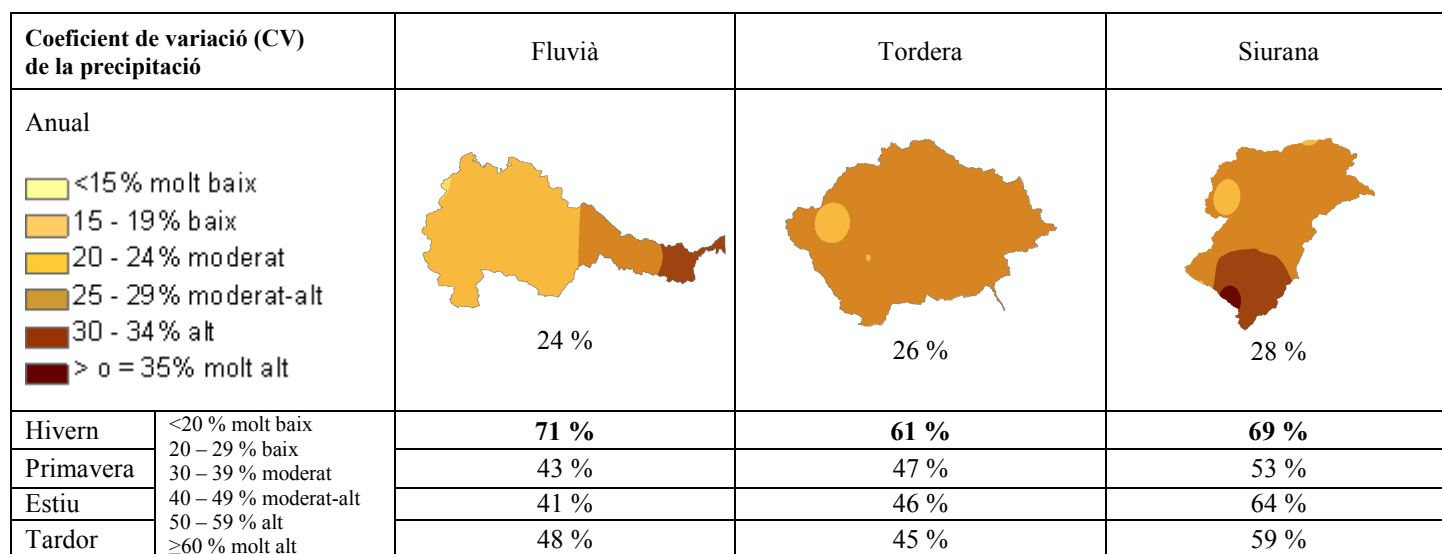


Figura 9. Coeficient de variació (CV) mitjà de la precipitació segons les sèries de les bases de dades de la Figura 6 utilitzant tècniques GIS a les conques del Fluvià, la Tordera i el Siurana. Es mostra la distribució espacial del CV anual per a cada conca d'estudi.

3.2. Influència dels principals patrons de circulació en la precipitació

La variabilitat dels patrons de circulació atmosfèrica es poden quantificar mitjançant els índexs de teleconnexió. Aquests mesuren la variabilitat de la pressió atmosfèrica entre dos punts geogràfics relativament allunyats. Per exemple, la NAO i l'AO detecten l'oscil·lació de les circulacions de l'oest sobre Europa. La NAO se centra en l'àmbit estricte de l'Atlàntic Nord, i l'AO, en ser l'extensió de la NAO fins al Pol Nord (Thompson i Wallace, 2000), detecta canvis de circulació entre les latituds més septentrionals i l'Europa Central. Però, en canvi, la WeMO permet detectar circulacions més regionalitzades (Martin-Vide i Lopez-Bustins, 2006).

Anualment, aquests índexs no tenen una influència sobre la precipitació, però sí estacionalment (Taula 1). Els patrons de circulació atmosfèrica prenen una major dinàmica a la meitat freda de l'any i les circulacions regionals de la Mediterrània estan fortament lligades a aquests modes de l'Hemisferi Boreal (NAO i AO) (Dükeloh i Jacobeit, 2003). D'aquí que s'obtinguin les correlacions més elevades a l'estació més freda de l'any.

A l'estiu, els camps de pressió són més homogenis sobre la Mediterrània i els vents de l'oest es debiliten, per això, els índexs de teleconnexió no es correlacionen amb la precipitació de les conques d'estudi. A la meitat càlida de l'any prenen força les circulacions locals de vent vinculades a fronts de brises que donen lloc a precipitacions convectives (Azorin-Molina i Lopez-Bustins, 2008). Aquestes precipitacions precisament són les que fan que l'estiu sigui una estació especialment humida a la capçalera del Fluvià.

El comportament de la precipitació primaveral a les conques d'estudi es troba sota el domini de la NAO en la seva fase negativa. És coherent amb els resultats d'estudis anteriors (Rodríguez-Puebla *et al.*, 2001; Martín-Vide i Fernández Belmonte, 2001). A la tardor, en canvi, es detecta una influència total de la WeMO. En aquesta estació és quan la WeMO té un paper molt important per explicar la precipitació de la façana oriental de la Península Ibèrica ja que les circulacions de l'Atlàntic queden totalment supeditades a la ciclogènesi Mediterrània, afavorida per unes aigües marines escalfades

(Guijarro, 2002). L'hivern té unes altes correlacions amb tots els índexs de teleconnexió, de fet, és en l'única estació que l'AO té una influència significativa en una de les conques d'estudi. És en la del Siurana, on la NAO també hi té la influència més elevada de les 3. A la Tordera, la NAO també té una correlació elevada amb la precipitació per sobre de l'obtinguda amb la WeMO. No obstant, cal destacar que el Fluvià continua estant sota la influència de la WeMO també a l'hivern, coherent amb la caracterització pluviomètrica mediterrània atribuïda al Pirineu Oriental a l'estació hivernal (López-Bustins, 2007).

	Índex de teleconnexió	Fluvià	Tordera	Siurana
Primavera	WeMO	-0.10	-0.10	-0.06
	NAO	-0.37	-0.34	-0.37
	AO	-0.07	-0.05	-0.03
Estiu	WeMO	0.21	0.22	0.17
	NAO	-0.08	-0.06	-0.10
	AO	-0.13	-0.11	-0.12
Tardor	WeMO	-0.34	-0.33	-0.44
	NAO	-0.22	-0.14	-0.14
	AO	-0.01	0.08	0.20
Hivern	WeMO	-0.50	-0.39	-0.40
	NAO	-0.44	-0.50	-0.59
	AO	-0.05	-0.19	-0.36
Anual	WeMO	-0.13	-0.09	-0.19
	NAO	-0.09	-0.09	-0.14
	AO	0.00	-0.05	-0.08

Taula 1. Coeficients de correlació de Pearson entre la precipitació i el WeMO, NAO i AO. Els valors en negreta són significatius al 95% del nivell de confiança.

3.3. Canvis en la temperatura i precipitació

3.3.1. Tendències recents de la temperatura

Les darreres tendències de temperatura mostren que hi ha un augment evident a la segona meitat del segle XX a les conques d'estudi, com ja s'ha evidenciat a la Figura 4. Les temperatures mínimes han augmentat més que les màximes. Això fou el que ja detectaren Brunet *et al.* (2001) per al conjunt de les sèries de Catalunya per al període 1975-1998. Aquest fenomen és contrari a la tendència global en què s'està detectant un increment de les T_{mín} superior a la de les T_{màx} (Easterling, 1997).

Els augments més significatius s'han detectat a l'estiu, sobretot, als mesos de juliol i agost. Els increments més moderats, amb molt poques sèries significatives, han tingut lloc a la primavera i a la tardor. Aquests resultats discrepen lleugerament dels trobats per Brunet *et al.* (2001). El seu estudi mostra com els augments més significatius en el conjunt de Catalunya han tingut lloc a la primavera i a l'estiu, i els més moderats a l'hivern i a la tardor. Les sèries que han detectat uns augments més significatius han estat Tivissa, Cardedeu i l'Estartit, és a dir, una sèrie representativa de cada conca d'estudi. Cal comentar que els augments detectats a la sèrie de Flix només són significatius a l'estiu.

En general, la temperatura s'ha incrementat al llarg del període d'estudi 1951-2000 al voltant d'un 1,25°C a les conques d'estudi, 1,5°C les T_{màx} i 0,5°C les T_{mín}. Independentment de la significació estadística, l'hivern i l'estiu són les estacions que

presenten uns major augments. Són increments al voltant d'1,5°C de la Tmit en ambdues estacions, i de gairebé 2°C en el cas de les Tmàx estivals. Les estacions equinoccials mostren un augment més moderat al voltant d'1°C en el cas de les Tmàx i de poc més de 0,5°C en les Tmín. Les sèries de Tivissa i Cardedeu són les que tenen els augments més destacats al llarg de la segona meitat del segle XX. Cal destacar els 2,3°C de les Tmín de Tivissa i els 2,20°C de les Tmàx de Cardedeu.

	Tivissa	Flix	Cardedeu	Montserrat	Vilobí d'Onyar	L'Estartit
Altitud (m)	310	56	195	1,708	129	2
Conca	Siurana	Siurana	Tordera	Tordera	Tordera	Fluvià
T mínima	Tivissa	Flix	Cardedeu	Montserrat	Vilobí d'Onyar	L'Estartit
Gener	0.045	0.000	0.025	0.029	0.015	0.028
Febrer	0.050	0.031	0.032	0.058	0.038	0.042
Març	0.025	0.019	0.009	0.034	0.000	0.006
Abril	0.004	0.003	0.006	-0.005	-0.005	0.004
Maig	0.042	0.017	0.017	0.006	0.003	0.017
Juny	0.034	0.018	0.032	0.013	0.011	0.018
Juliol	0.044	0.023	0.035	0.008	0.016	0.022
Agost	0.056	0.043	0.048	0.028	0.030	0.045
Setembre	0.013	0.019	0.008	0.001	0.000	0.006
Octubre	0.024	0.001	0.015	0.017	0.012	0.020
Novembre	0.039	0.017	0.037	0.027	0.017	0.029
Desembre	0.040	0.002	0.048	0.009	0.019	0.024
Hivern	0.045	0.009	0.029	0.029	0.026	0.032
Primavera	0.025	0.012	0.010	0.001	0.000	0.009
Estiu	0.046	0.024	0.039	0.017	0.020	0.028
Tardor	0.025	0.011	0.021	0.015	0.010	0.018
Anual	0.034	0.011	0.026	0.020	0.014	0.022
T màxima	Tivissa	Flix	Cardedeu	Montserrat	Vilobí d'Onyar	L'Estartit
Gener	0.042	-0.018	0.043	0.035	0.027	0.010
Febrer	0.036	0.024	0.065	0.073	0.052	0.046
Març	0.034	0.021	0.045	0.040	0.040	0.045
Abril	0.009	0.020	0.025	0.022	0.013	0.008
Maig	0.012	0.015	0.022	0.007	0.015	0.002
Juny	0.016	0.029	0.026	0.039	0.031	0.013
Juliol	0.016	0.027	0.034	0.038	0.034	0.023
Agost	0.033	0.047	0.059	0.058	0.057	0.072
Setembre	0.031	0.014	0.012	0.049	0.020	0.039
Octubre	0.018	0.018	0.012	0.012	0.019	0.014
Novembre	0.034	0.019	0.016	0.007	0.020	0.027
Desembre	0.049	0.006	0.034	-0.007	0.020	0.021
Hivern	0.042	0.004	0.043	0.031	0.034	0.024
Primavera	0.018	0.019	0.03	0.023	0.022	0.018
Estiu	0.023	0.033	0.04	0.045	0.042	0.036
Tardor	0.030	0.014	0.013	0.023	0.016	0.028
Anual	0.029	0.014	0.033	0.029	0.034	0.029
T mitjana	Tivissa	Flix	Cardedeu	Montserrat	Vilobí d'Onyar	L'Estartit
Gener	0.043	-0.009	0.034	0.032	0.021	0.019
Febrer	0.043	0.028	0.049	0.066	0.045	0.044
Març	0.031	0.020	0.027	0.037	0.021	0.025
Abril	0.007	0.012	0.015	0.007	0.007	0.007
Maig	0.027	0.016	0.021	0.008	0.009	0.010
Juny	0.026	0.024	0.029	0.027	0.021	0.016
Juliol	0.032	0.026	0.036	0.024	0.027	0.024
Agost	0.045	0.045	0.054	0.044	0.044	0.058
Setembre	0.023	0.010	0.010	0.026	0.010	0.023
Octubre	0.023	0.008	0.014	0.015	0.017	0.019
Novembre	0.037	0.020	0.027	0.019	0.020	0.028
Desembre	0.045	0.008	0.040	0.002	0.020	0.023
Hivern	0.043	0.007	0.036	0.03	0.030	0.028
Primavera	0.022	0.016	0.020	0.015	0.014	0.013
Estiu	0.035	0.030	0.040	0.031	0.032	0.033
Tardor	0.028	0.012	0.017	0.019	0.013	0.024
Anual	0.031	0.013	0.030	0.025	0.025	0.026

°C/ any

	t-test
	Mann-Kendall non-parametric test
	Els dos tests

Taula 2. Tendències de la Tmín, Tmàx i Tmit de les sèries de la base de dades NESATv2 dins o properes a les conques d'estudi per mesos, estacions i anualment.

3.3.2. Tendències recents de la precipitació

A grans trets no hi hagut variacions significatives de la precipitació a les conques d'estudi al llarg de la segona meitat del segle XX. S'apunta a una certa tendència general a la davallada, que arriba ser significativa a l'estiu a la conca del Siurana (Taula 3 i Figura 10). L'hivern és l'única estació de l'any que mostra un cert augment (Taula 3 i Figura 11).

Anualment, hi ha estudis com el de Norrant i Douguédorit (2006) que també han detectat un descens generalitzat a la façana oriental de la Península Ibèrica durant el període 1950-2000. Millán (2008) apunta a un descens recent de les precipitacions convectives estivals als relleus prelitorals arreu de la conca occidental de la Mediterrània. Aquest darrer resultat és coherent amb les reduccions significatives que hem detectat a les nostres conques d'estudi al mes de juliol. Les reduccions significatives les hem detectat en relleus prelitorals de Catalunya com la Serra de Montsant (Figura 10).

El mes de març és un moment clau de l'any per a les reserves hídriques de cara a l'estació seca. Arreu de la Península Ibèrica s'ha detectat una reducció preocupant de la precipitació en aquest mes des de finals dels anys 60 (Saladié *et al.*, 2006; Aguilar *et al.*, 2006; Paredes *et al.*, 2006). Les nostres conques d'estudi també evidencien aquest descens sense excepció (Taula 3 i Figura 12). Aquesta davallada de precipitació podria estar vinculada a canvis en la circulació atmosfèrica sobre Europa que s'associen a fases més positives de la NAO. Les conques d'estudi estan molt influenciades per aquest índex de teleconnexió a la primavera (Taula 1). Els valors d'aquest índex tenen una tendència positiva significativa al mes de març al llarg de la segona meitat del segle XX (López-Bustins, 2007). L'ocurrència de fases positives de la NAO implica una persistent circulació de l'oest associada a situacions anticiclòniques sobre la Península Ibèrica.

1951-2000	mm/ any	Fluvià	Tordera	Siurana
Gener		1.13	0.81	0.42
Febrer		-0.66	-0.46	-0.19
Març		-1.34	-1.03	-0.55
Abril		0.14	-0.02	0.24
Maig		0.35	-0.15	-0.02
Juny		-0.43	0.18	-0.66
Juliol		-0.48	-0.33	-0.14
Agost		-0.36	-0.28	0.05
Setembre		-0.31	-0.42	-0.64
Octubre		-0.56	-0.78	0.26
Novembre		0.09	0.17	0.11
Desembre		0.58	0.25	0.03
Primavera		-0.76	-1.19	-0.27
Estiu		-1.25	-0.43	-0.76
Tardor		-0.79	-1.04	-0.27
Hivern		0.89	0.53	0.27
Anual		-1.89	-2.06	-1.03
Almenys dues estacions dins el buffer de 10 km tenen una tendència negativa significativa				
Almenys dues estacions dins el buffer de 10 km tenen una tendència positiva significativa				

Taula 3. Tendències de la precipitació a partir de les sèries de precipitació de la Figura 6 per a cada conca d'estudi mitjançant un SIG per mesos, estacions i anualment.

Finalment, l'ascens moderat de l'estació hivernal està condicionat per un ascens significatiu al mes de gener. Aquest fenomen s'està donant en territoris de la façana oriental de la Península Ibèrica que es troben exposats orogràficament als fluxos humits del NE. Aquests estan esdevenint més freqüents en els darrers hiverns a causa de l'increment de la pressió atmosfèrica a l'Europa Central (Stefanicki *et al.*, 1998; Maugeri *et al.*, 2004). Aquest fenomen està vinculat a la tendència negativa significativa de la WeMO en aquesta estació, ja que la seva fase negativa està vinculada a la presència d'anticiclons centreeuropeus (Lopez-Bustins *et al.*, 2008). Aquesta tendència és consistent amb el fet que la conca Fluvià sigui l'única amb un ascens significatiu de la precipitació al mes de gener, perquè és en aquella conca de les tres on la WeMO té una influència per sobre de la NAO (Taula 1).

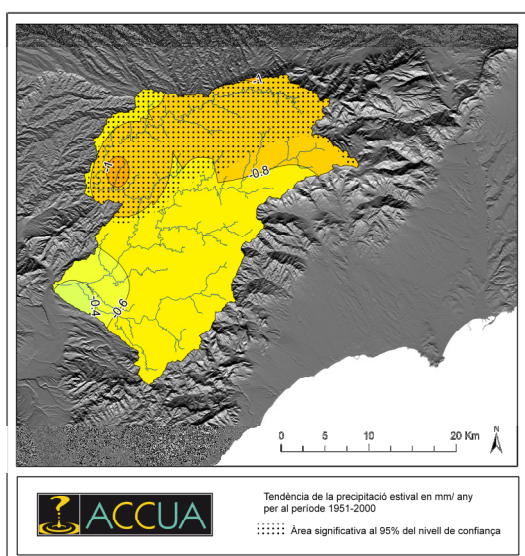


Figura 10. Distribució espacial de la tendència de precipitació estival a la conca del Siurana per al període 1951-2000.

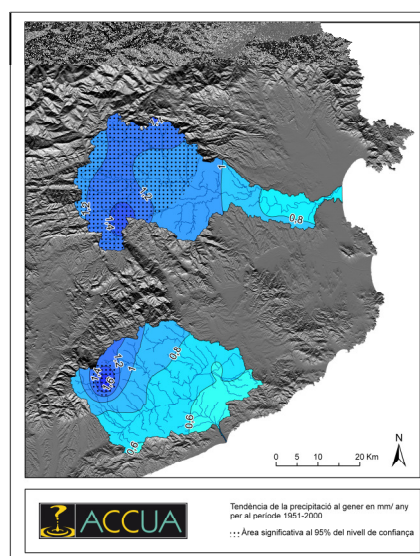


Figura 11. Distribució espacial de la tendència de precipitació del mes de gener a les conques del Fluvià i la Tordera per al període 1951-2000.

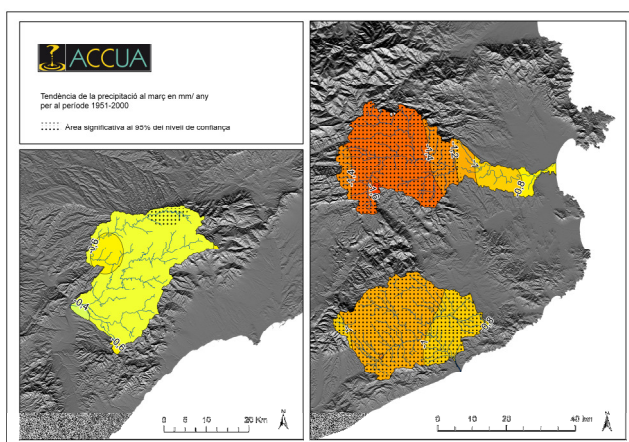


Figura 12. Distribució espacial de la tendència de precipitació del mes de març a les conques del Fluvià, la Tordera i el Siurana per al període 1951-2000.

3.3.3. Canvis en el CV i el calendari pluviomètric

Al llarg de la segona meitat del segle XX no hem detectat canvis en la irregularitat pluviomètrica anual a les conques d'estudi (Taula 4). A nivell estacional, hi ha hagut un augment notable a l'hivern i a l'estiu, sobretot, a les conques de la Tordera i del Siurana. Aquest augment hivernal pot estar vinculat a un augment d'episodis de precipitació intensa a la façana oriental de la Península Ibèrica segons el que s'ha esmentat en l'apartat anterior. A l'estiu, hi hagut una reducció de la precipitació a les conques d'estudi, sobretot al Siurana, que podria justificar aquest augment del CV en aquesta estació de l'any. A la primavera i a la tardor s'han donat un descens del CV a totes les conques d'estudi.

CV (en %)	Fluvià		Tordera		Siurana	
Subperíodes	1951-1975	1976-2000	1951-1975	1976-2000	1951-1975	1976-2000
Anual	24	23	26	26	29	25
Hivern	68	74	58	65	57	81
Primavera	45	42	47	45	59	45
Estiu	40	41	40	52	55	74
Tardor	52	41	48	41	59	57
	molt baix	baix	moderat	moderat-alt	alt	molt alt
Anual	<15	15-19	20-24	25-29	30-34	≥35
Estacional	<20	20-29	30-39	40-49	50-59	≥60

Taula 4. Canvis en el CV de la precipitació a les conques d'estudi a la segona meitat del segle XX. (Els subperíodes temporals per a l'estació hivernal són 1951/52-1975/76 i 1976/77-1999/00, 25 i 24 anys respectivament).

Els calendaris pluviomètrics ens permeten detectar ràpidament aquells canvis en la estacionalitat de la precipitació que no són perceptibles a resolució anual. Es detecta un augment de la importància de la precipitació primaveral (a excepció del mes de març) en detriment de les pluges tardorenques. En les tendències de la Taula 3 no es detectava una significació en la davallada de la precipitació al mes de setembre, emperò en el calendari pluviomètric es percep un descens força contundent, sobretot, a la conca del Siurana (Figura 13). Es manté una equinoccialitat de la distribució temporal de les precipitacions, però més equilibrada entre ambdues estacions (primavera i tardor). El descens de precipitació estival no es tan palès com en la taula de tendències. L'augment de la precipitació en el moment central de l'hivern en detriment dels totals del mes de març es visualitza clarament en el calendari de les tres conques.

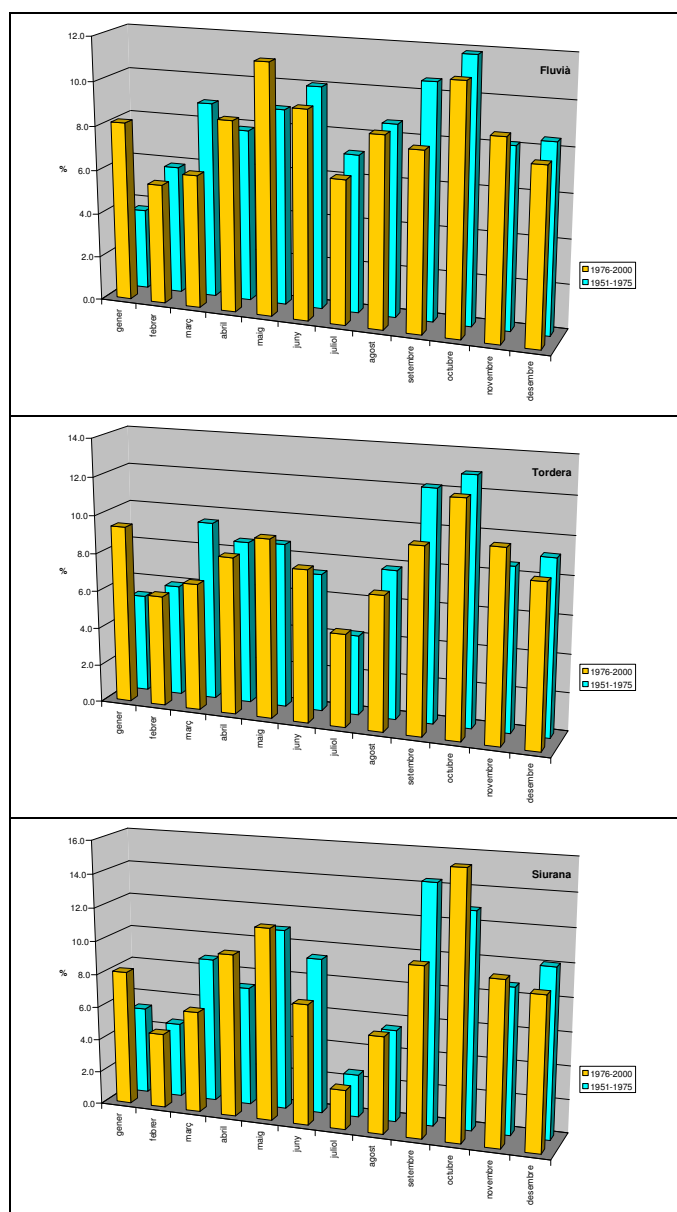


Figura 13. Calendaris pluviomètrics dels subperíodes 1951-1975 i 1976-2000 de les conques d'estudi a partir de les sèries de precipitació de la Figura 3. Es calcula el pes del total pluviomètric de cada mes sobre el total anual en %.

3.3.4. Episodis torrencials extrems

Es considera un episodi extrem de torrencialitat aquells superiors als 200 mm en 24 h (Gázquez *et al.*, 2004). En aquest darrer treball es feu un inventari dels episodis ocorreguts a Catalunya durant el període 1951-2000 i en catalogaren 26. Per tant, el període de retorn d'aquests episodis a Catalunya és de 2 anys aproximadament. Mentre al País Valencià, amb característiques pluviomètriques més mediterrànies, la seva recurrència és d'un per any (López-Bustins, 2004).

A les conques d'estudi al llarg del període 1951-2000 tingueren lloc 7 dels 26 episodis catalogats. Les conques més afectades per aquests fenòmens adversos són el Fluvà i la Tordera. Mentre la conca del Siurana només fou afectada per un, tot i que va ser el més extremat dels 7 (Taula 5). Els episodis més antics es registraren a la conca de la Tordera, als corredors prelitorals. Les precipitacions torrencials de l'octubre de 1962 i l'abril de 1969 coincidiren amb grans avingudes de la Tordera. En el primer cas el riu es

desbordà al seu pas per Tordera, i en el segon el riu assolí un cabal instantani de 500 m³/s a Can Serra (municipi de Tordera) (ACA, 2002). Les precipitacions extremadament torrencials mesurades a la conca del Fluvià són força recents, i totes elles tingueren lloc a la part mitja-alta de la conca, a la Garrotxa.

Episodis	Fluvià	Tordera	Siurana
21-09-1959	-	Gualba de Dalt (230.0 mm)	-
11-10-1962	-	Sils (223.0 mm)	-
04-04-1969	-	Sant Celoni (219.2 mm)	-
16-02-1982	Olot (201.0 mm)	-	-
12-11-1988	Castellfollit de la Roca (247.3 mm)	-	-
10-10-1994	Beuda (245.0 mm)	-	Cornudella de Montsant (397.0 mm)
12-11-1999	Castellfollit de la Roca (233.5 mm)	-	-

Taula 5. Llistat dels 7 episodis de precipitació superior als 200 mm en 24 h a les conques d'estudi durant el període 1951-2000. S'indica el registre màxim de precipitació i la seva localització dins la conca.

Aquests episodis tenen una clara concentració temporal a la tardor, concretament a l'octubre. El calendari de la WeMO assenyalava la primera quinzena d'octubre com la més probable en l'ocurrència d'aquests episodis perquè és el moment de l'any en què la WeMO es troba en la seva fase més negativa (Figura 14). Aquest calendari d'aquest índex de teleconnexió justifica perquè la primera quinzena d'octubre acumula amb diferència el major nombre de casos amb precipitació extremadament torrencial a Catalunya i a les conques d'estudi. Per tant, s'haurà de tenir en compte la vulnerabilitat de les conques al mes d'octubre davant la probabilitat més elevada en l'ocurrència d'aquests fenòmens meteorològics adversos.

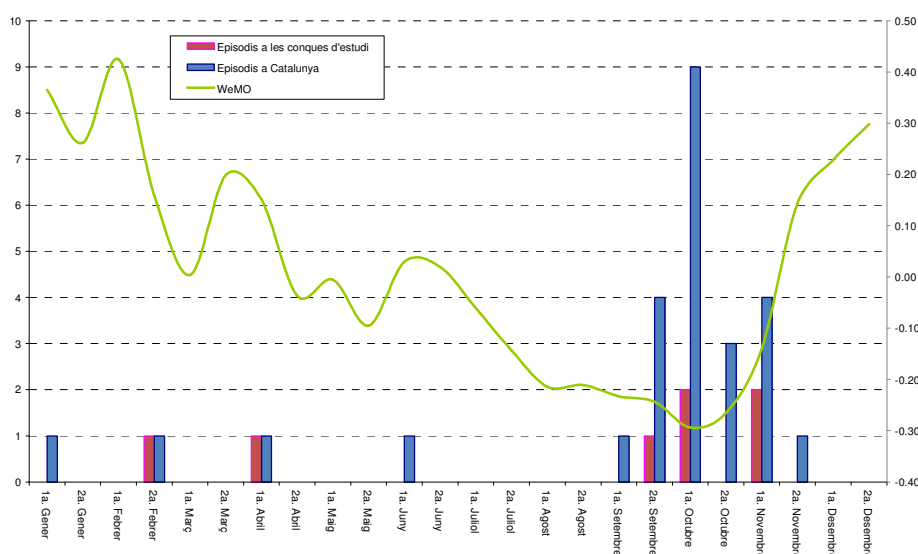


Figura 14. Calendari de la WeMO per quinzenes a partir dels valors diaris de l'índex (eix d'ordenades secundari). Distribució temporal per quinzenes dels 24 episodis extrems de torrencialitat (>200 mm en 24 h) ocorreguts a Catalunya i els 7 que afectaren a les conques d'estudi (eix d'ordenades principal).

L'episodi del 10 d'octubre de 1994 fou el que afectà més directament a les conques del projecte ACCUA. La conca del Siurana registrà gairebé 400 mm en 24 h al voltant de la zona del pantà de Siurana. Aquest episodi concentrà les seves precipitacions als relleus prelitorals de Catalunya, on es troben les 3 conques. Les precipitacions al tram mig del Fluvià també superaren amb escreix els 200 mm. A la conca de la Tordera no se superaren els 200 mm però un àrea important de la seva part septentrional sobrepassaren els 100 mm (Figura 15, esquerra). Aquest episodi és representatiu de la primera quinzena d'octubre i de la fase negativa de la WeMO. Aquesta fase es caracteritza per vents humits i càlids del SE, injectats per la localització d'altres pressions a Europa Central i baixes pressions al Golf de Cadis (Figura 15, dreta).

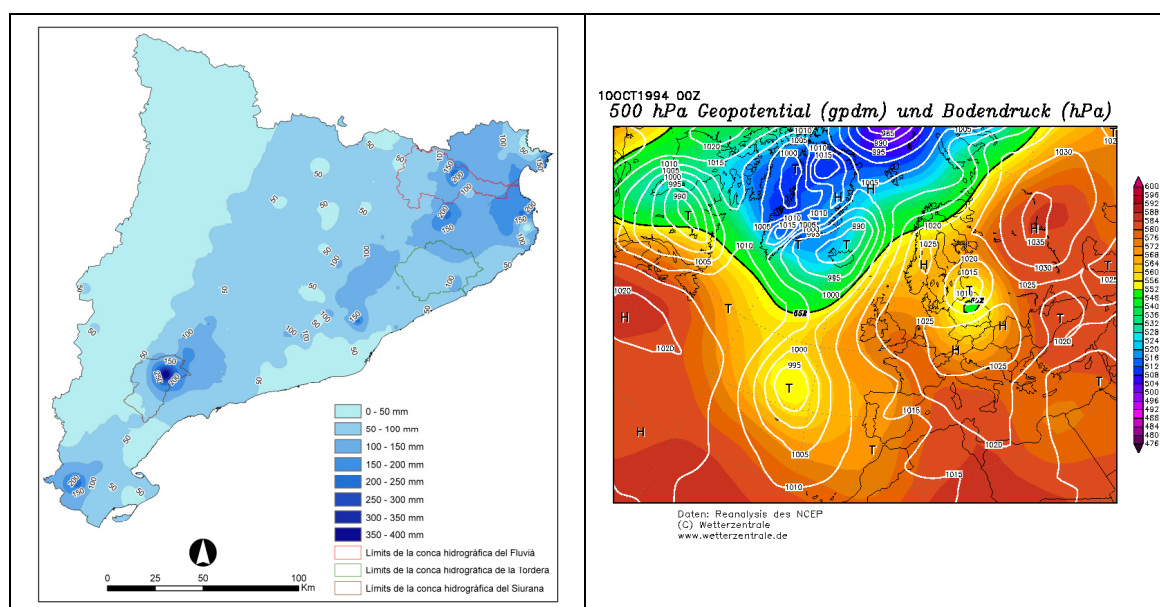


Figura 15. (Esquerra) Distribució espacial de la precipitació acumulada el 10 d'octubre de 1994 a Catalunya. (Dreta) Mapa sinòptic de superfície i d'altura geopotencial a 500 hPa del 10 d'octubre de 1994.

4. Conclusions

- La situació geogràfica de les conques dona lloc a un ventall ampli de matisos del clima mediterrani, des de capçaleres humides amb estius moderadament calorosos i hiverns freds, a desembocadures amb precipitacions minses, estius extrems i hiverns suaus.
- La Tmit anual de les conques és al voltant dels 13°C. La més freda és el Fluvià (12.8°C) i la més càlida és la Tordera (13.6°C). La distribució espacial de la temperatura segueix amb molta fidelitat l'orografia. Els relleus elevats i endinsats en el continent de la part alta del Fluvià impliquen que tinguin la major amplitud tèrmica anual de les tres conques.
- La distribució espacial de la precipitació segueix una gradient latitudinal essent de més a menys humit: la conca del Fluvià, la conca de la Tordera i la conca del Siurana. Les dues primeres s'inclouen dins la Catalunya humida. Els màxims pluviomètrics són equinoccials excepte al Fluvià on trobem una capçalera molt

humida a l'estiu. La precipitació més irregular té lloc a les desembocadures del Fluvià i el Siurana.

- La precipitació de les conques d'estudi es troba sota la influència de la NAO a la primavera i sota la de la WeMO a la tardor. A l'hivern es troba a cavall d'ambdós índexs de teleconnexió. A l'estiu i anualment, no es percep la influència d'aquests índexs.
- La temperatura s'ha incrementat significativament en 1,25°C en el període 1951-2000 a les conques d'estudi. Les Tmàxs s'han incrementat més que les Tmíns, 1,5 °C i 0,5°C respectivament. Els augments més significatius han tingut lloc a l'estiu als mesos de juliol i agost, seguit de l'hivern.
- La precipitació no ha experimentat canvis significatius a les conques en el període 1951-2000. Només s'ha detectat un descens significatiu al juliol i a finals d'hivern, i un cert augment en el mes central de l'hivern. Aquests canvis d'estacionalitat es corroboren en els canvis detectats en els calendaris pluviomètrics de 1951-1975 i 1976-2000. El CV no ha mostrat canvis entre ambdós subperíodes a les conques, només un cert augment a l'hivern i a l'estiu possiblement lligat als canvis de precipitació detectats en aquestes estacions.
- La conca del Fluvià i la Tordera són les més afectades pels episodis torrencials extrems que tenen lloc a la tardor, concretament a la primera quinzena d'octubre, quan la WeMO es troba en la seva fase més negativa de l'any. Caldrà tenir en compte l'elevat risc climàtic d'aquests fenòmens adversos en aquestes conques en aquesta època de l'any.

Agraïments

A les base de dades NESATv2 i NESAP del Grup de Recerca del Canvi Climàtic de la Universitat Rovira i Virgili, MOPREDAMES del Dr. De Luis y Dr. González-Hidalgo de la Universitat de Saragossa, i a les sèries puntuals de precipitació cedides per Météo-France, AEMET i el Dr. Savé. A en Jordi Vayreda pels càlculs de la classificació climàtica de Köppen-Geiger.

Referències

- ACA (Agència Catalana de l'Aigua). 2002. *Planificació de l'espai fluvial de la conca de la Tordera. Estudis previs*. ACA, Barcelona, 28 p.
- Aguilar M, Sánchez-Rodríguez E, Pita MF. 2006. Tendencia de las precipitaciones de marzo en el sur de la Península Ibérica. *V Congreso de la Asociación Española de Climatología* 5: 41-51, Zaragoza.
- Azorin-Molina C, Lopez-Bustins JA. 2008. An automated sea breeze selection technique based on regional sea-level pressure difference: WeMOi. *International Journal of Climatology* 28: 1681-1692
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, 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. In: *Detecting and Modelling Regional Climate Change*. Springer. Berlin, DE, 81-93.
- Cernocky T, Sánchez-Lorenzo A, Téllez Jurado B, Martín-Vide J. 2008. Modelización cartográfica mediante SIG del coeficiente de variación de la pluviometría anual y mensual en Cataluña. En ESTRELA, M.J. (Ed.): *Riesgos climáticos y cambio global en el mediterráneo español ¿hacia un clima de extremos?*. CEAM, Colección Interciencias UNED Alzira-Valencia, 215-233 pp.

- De Luis M, González-Hidalgo JC, Longares LA, Stepanek P. 2009. Seasonal precipitation trends in the Mediterranean Iberian Peninsula in second half of 20th century. *International Journal of Climatology* 29: 1312-1323.
- Dünkloh A, Jacobeit J. 2003. Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948-98. *International Journal of Climatology* 23: 1843-1866.
- Easterling DR, Horton B, Jones PD, Peterson TC, Karl TR, Parker DE, Salinger MJ, Razuvayev V, Plummer N, Jamason P, Folland CK. 1997. Maximum and minimum temperatures for the globe. *Science* 277: 364-367.
- González-Hidalgo, J.C., Lopez-Bustins, J.A., Stepanek, P., Martin-Vide, J., De Luis, M. Monthly precipitation trends on the Mediterranean façade of the Iberian Peninsula during the second half of the 20th century (1951-2000). *International Journal of Climatology*, in press.
- Gázquez A, Perpinyà M, Llasat MC, Peña JC. 2004. Episodios pluviométricos superiores a los 200 mm en 24 horas en Catalunya. Catalogación y configuraciones meteorológicas asociadas". En García Codrón, J.C. et al. (Eds.): *El Clima, entre el Mar y la Montaña*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, serie A, nº 4, pp. 303-312.
- Guijarro JA. 2002. Tendencias de la precipitación en el litoral mediterráneo español. *III Congreso de la Asociación Española de Climatología* 3: 237-246, Palma.
- IPCC (2007) Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Bruno R, Rubel F. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15: 259-263.
- LÓPEZ-BUSTINS, J.A. 2004. *Anàlisi de la precipitació diària al quadrant nord-occidental de la Mediterrània: classificació de situacions sinòptiques, aplicació d'índexs de variabilitat i anàlisis de factors externs*. Tesina del Programa de Doctorat "Geografia, Paisatge i Medi Ambient", Universitat de Barcelona. 215 p., inèdit.
- López-Bustins JA. 2007. *L'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental i la Precipitació als Països Catalans*. Tesis doctoral, inèdita, 400 p.
- Lopez-Bustins JA, Martin-Vide J, Sanchez-Lorenzo, A. 2008. Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns. *Global and Planetary Change*, Volume 63, Issues 2-3, Pages 171-176.
- Martín-Vide J. 1996. Decálogo de la pluviometría española. En MARZOL, Mª V.; DORTA, P. y VALLADARES, P.(Eds.): *Clima y agua. La gestión de un recurso climático*, 15-24, Universidad de La Laguna, A.G.E.
- Martín-Vide J, Fernández Belmonte D. 2001. El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular. *Investigaciones Geográficas* 26: 41-58.
- Martín-Vide J, Olcina Cantos J. 2001. *Climas y tiempos de España*. Alianza Editorial, Madrid, 258 p.
- Martin-Vide J, Lopez-Bustins JA. 2006. The Western Mediterranean Oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology* 26 (11): 1455-1475.
- Maugeri M, Brunetti M, Monti F, Nanni T. 2004. Sea-Level pressure variability in the Po plain (1765-2000) from homogenized daily secular records. *International Journal of Climatology* 24: 437-455.
- Millán, M. M. (2008) Perturbaciones climáticas al ciclo hídrico en la Cuenca Mediterránea Occidental: origen y propagación a escalas regional-europea y global. *Tractat de l'Aigua* 1: 24-33.
- Millán M, Estrela MJ, Miró JJ. 2005. Rainfall Components: Variability and Spatial Distribution in a Mediterranean Area (Valencia Region). *Journal of Climate* 18: 2682-2705.
- Ninyerola, M.; Pons, X. i Roure, JM. 2000. A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology*. 20: 1823-1841.
- Norrant C, Douguédroit A. 2006. Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950-2000). *Theoretical and Applied Climatology* 83: 89-106.
- Paredes D, Trigo RM, Garcia-Herrera R, Trigo IF. 2006. Understanding precipitation changes in Iberia in early spring: weather typing and storm-tracking approaches. *Journal of Hydrometeorology* 7: 101-113.
- Rodríguez-Puebla C, Encinas AH, Sáenz J. 2001. Winter precipitation over the Iberian Peninsula and its relationship to circulation indices. *Hydrology and Earth System Sciences* 5 (2): 233-244.
- Saladié O, Brunet M, Aguilar E, Sigró J, López D. 2006. Anàlisi de la tendència de la precipitació de primavera en la cuenca del Pirineo Oriental durante el periodo 1896-2003. *V Congreso de la Asociación Española de Climatología* 5: 475-485, Zaragoza.

- Saladié, O., Brunet, M., Aguilar, E., Sigró, J., López, D. (2007) Creación de la base de datos de precipitación mensual ajustada del Sector Nororiental de la Península Ibérica (1850-2000). Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, Spain.
- Stefanicki G, Talkner P, Weber RO. 1998. Frequency Changes of Weather Types in the Alpine Region since 1945. *Theoretical and Applied Climatology* 60: 47-61.
- Stepanek, P. (2007) AnClim – software for time series analysis (for Windows). Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, Masaryk University, Brno. 1.47 MB.
- Thompson WJ, Wallace JM. 2000. Annular Modes in the Extratropical Circulation. Part I: Month-to-Month Variability. *Journal of Climate* 13: 1000-1016.