

Variacions i tendència de la precipitació al sector nord-oriental de la península Ibèrica durant el segle XX

ÒSCAR SALADIÉ, MANOLA BRUNET, ENRIC AGUILAR, JAVIER SIGRÓ I DIEGO LÓPEZ
Grup de Recerca del Canvi Climàtic
Universitat Rovira i Virgili
oscar.saladie@urv.net

Resum

La construcció de la sèrie regional de la precipitació del sector nord-oriental de la península Ibèrica durant el segle XX, a partir dels 121 observatoris que formen part de la base de dades ajustada de la precipitació mensual anomenada NESAP (Northeastern Spain Adjusted Precipitation), ha permès estimar les variacions i la tendència de la precipitació anual i estacional a la zona d'estudi. S'ha detectat un lleuger descens de la precipitació anual (-1,0%). S'han documentat valors positius tant a l'estiu com a la tardor i l'hivern (+7,4%, +6,2% i +1,8%, respectivament), mentre que la primavera ha experimentat una notable reducció (-21,8%). S'ha de destacar l'important descens ocorregut en aquesta mateixa estació durant el període 1971-2000 (-1,58% anual, que supera l'interval de confiança del 95%), i que coincideix amb el període de major increment tèrmic a la zona. Finalment, s'han definit un total de nou regions amb un comportament diferenciat de la precipitació.

PARAULES CLAU: *Sector nord-oriental de la península Ibèrica, NESAP, precipitació, canvi climàtic.*

Introducció

Per bé que és en l'estudi de la temperatura on la comunitat científica internacional experta en l'estudi observacional del clima dedica més esforços, la precipitació és igualment un element molt important del sistema climàtic. Bona part de les activitats desenvolupades per l'home i també els diferents ecosistemes naturals es veuen afectats pels canvis en el comportament de la precipitació. L'aigua és un recurs de primer ordre i tant la seva disponibilitat com també la seva qualitat són dues de les preocupacions de tota la societat.

L'evident increment de la temperatura detectat a escala global (Jones i Moberg, 2003), està implicant una intensificació del cicle hidrològic i una més gran acumulació i circulació

d'aigua entre els diferents components del sistema climàtic. A aquesta escala i per al segle xx s'ha documentat un lleuger increment de la precipitació quantificat en un +1,0% (New *et al.*, 2001). No obstant això, aquest augment, com també en el cas de la temperatura, no és ni espacial ni temporalment uniforme, hi ha un variat mosaic a escala regional, amb zones amb increments i zones amb descensos de la precipitació (Folland i Karl, 2001), la qual cosa fa del tot necessari dur a terme estudis de les variacions i la tendència de la precipitació a escales més petites que la global o hemisfèrica.

A escala regional s'han de destacar els estudis realitzats, entre altres, per Jones i Conway (1997) a les Illes Britàniques; Karl i Knight (1998) en el cas dels Estats Units; Hanssen-Bauer i Forland (1998) a Noruega; Buffoni *et al.* (1999) a Itàlia; Zhang *et al.* (2000) al Canadà o Zhai *et al.* (2005) a la Xina.

La precipitació és una variable meteorològica que ha estat molt estudiada a casa nostra. Han sortit a la llum gran quantitat de treballs durant les darreres dècades en els quals s'han analitzat les variacions i la tendència de la precipitació, tant per al conjunt d'Espanya com per a alguna zona més concreta, bé sigui utilitzant grups d'estacions o bé mitjançant la creació d'una sèrie regional representativa del territori analitzat. Per a Espanya s'han de destacar, entre altres, els treballs d'Almarza *et al.* (1996), de González-Rouco *et al.* (2001) o de Llasat i Quintas (2004), en tots tres casos s'analitzen les estacions de manera individual. La mateixa aproximació ha estat duta a terme per Raso (1993) en el seu estudi de la precipitació al litoral mediterrani espanyol i a les Illes Balears; per Galán *et al.* (1999) on el territori analitzat és la Meseta meridional; per Lana i Burgueño (2000), en aquest cas l'àrea d'estudi és la costa mediterrània espanyola; per González-Hidalgo *et al.* (2001) amb un treball que fa referència al País Valencià o per Quereda *et al.* (2002) amb un estudi centrat en el Llevant espanyol. Per la seva banda, tant Labajo i Piorno (2001), com Abaurrea *et al.* (2002) construeixen sèries regionals per analitzar la precipitació a Castella i Lleó i a la conca de l'Ebre, respectivament.

Tot i la diferent escala espacial i temporal o el tipus d'aproximació utilitzada, la majoria d'aquests estudis conclouen que a les respectives zones analitzades la precipitació no mostra cap tendència estadísticament significativa.

Diferents observatoris catalans participen en alguns dels treballs anteriorment citats, a la vegada que algunes estacions individuals, com ara la de Barcelona (Rodríguez *et al.*, 1999), han estat ben estudiades. No obstant això, una anàlisi de les variacions i la tendència de la precipitació a Catalunya mitjançant una sèrie regional creada a partir d'un important nombre d'observatoris i cobrint tot el segle xx no s'ha dut a terme. S'han de destacar, però, estudis similars fets en diverses zones de Catalunya, com ara el Sistema Mediterrani Català o les Terres de l'Ebre (Saladié *et al.*, 2004a i b), on, tot i la manca de significació de la tendència anual de la precipitació, s'ha documentat un descens important de la precipitació durant la primavera.

Per totes aquestes raons i tenint com a punt de partida els treballs realitzats fins ara, aquest estudi té com a objectiu principal contribuir a documentar el canvi a llarg termini de la precipitació a escala regional mitjançant l'anàlisi de les variacions i la tendència de la precipitació, tant anual com estacional, d'un territori que anomenem "sector nord-oriental de la península Ibèrica", entre els anys 1901 i 2000. Això es durà a terme a partir de la utilització d'un total de 121 observatoris meteorològics que formen part de la Northeastern Spain Adjusted Precipitation dataset (NESAP) elaborada per Saladié *et al.* (2006) i que es combinaran entre ells per tal de crear una sèrie regional representativa de tota l'àrea d'estudi.

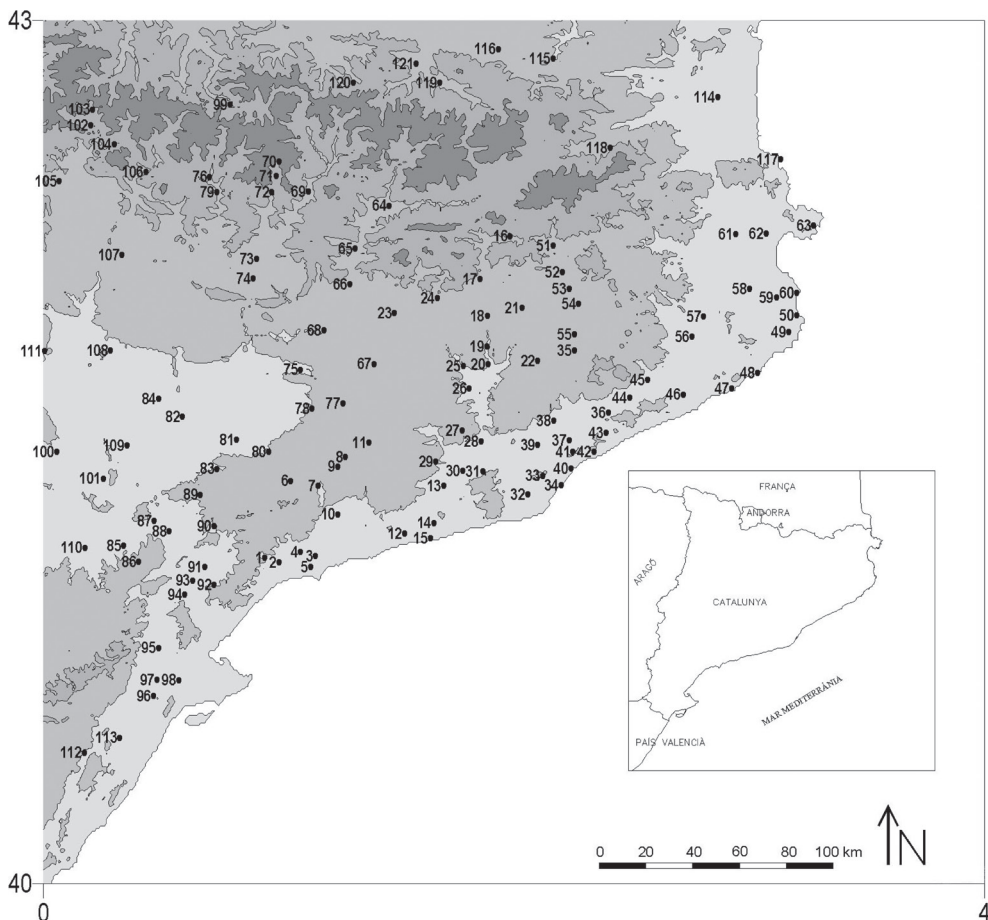
Per tal d'assolir aquest objectiu, l'article s'ha estructurat en quatre apartats principals més un de dedicat a les conclusions i un altre amb la bibliografia. En l'apartat següent es descriu el territori d'estudi i la xarxa d'estacions meteorològiques utilitzades. A continuació, es mostra la metodologia emprada per generar la NESAP, així com també les tècniques d'anàlisi utilitzades en aquest estudi. Tot seguit es plantegen els resultats de les variacions temporals i de la tendència de la precipitació al sector nord-oriental de la península Ibèrica durant el segle xx. Finalment, s'ha dut a terme una regionalització del territori per tal de definir zones amb un patró diferenciat de l'evolució temporal de la precipitació.

Àrea d'estudi i xarxa d'observatoris utilitzats

S'ha donat el nom de "sector nord-oriental de la península Ibèrica" al territori emmarcat dins la quadrícula de 3° x 4° lat./long. compresa entre els 40-43° N i 0-4° E. Catalunya és el territori sobre el qual està centrat aquest treball, però dins l'àrea d'estudi també s'hi troben Andorra, la part més oriental de l'Aragó, el nord de Castelló, la zona més sud-oriental de França i una porció del mar Mediterrani (figura 1).

FIGURA 1

Àrea d'estudi i observatoris



Els 121 registres utilitzats en aquest estudi (quadre 1), conformen la base de dades de precipitació mensual ajustada generada per Saladié *et al.* (2006), la Northeastern Spain Adjusted Precipitation dataset (NESAP) i formen part de la xarxa d'observatoris meteorològics de l'Institut Nacional de Meteorologia i de Météo-France. Administrativament parlant, 99 d'aquests es troben a Catalunya, 12 a l'Aragó, 8 a França i 2 al País Valencià (figura 1).

QUADRE 1
Observatoris estudiats

	Nom	Altitud (m)	Període
1	Riudecanyes	195	1906-2000
2	Montrí	120	1946-2000
3	Reus (aeroport)	76	1945-2000
4	Reus	138	1929-2000
5	Vila-seca	53	1903-2000
6	Vimbodí	488	1907-2000
7	Montblanc	340	1945-2000
8	Rocafort de Queralt	510	1941-2000
9	Sarrià	400	1939-2000
10	Valls	222	1907-2000
11	Sta. Coloma de Queralt	680	1941-2000
12	El Vendrell	60	1915-2000
13	Vilafranca del Penedès	223	1901-2000
14	Embassament del Foix	104	1910-2000
15	Cubelles	6	1901-2000
16	La Pobla Lillet	848	1914-2000
17	Berga	690	1914-2000
18	Puig-reig	417	1916-2000
19	Balsareny	327	1942-2000
20	Sallent	290	1916-2000
21	Prats de Lluçanès	720	1907-2000
22	Moià	800	1907-2000
23	Solsona	690	1915-2000
24	Tentelgatge	850	1942-2000
25	Callús	265	1934-2000
26	Manresa	269	1915-2000
27	El Bruc	480	1948-2000
28	Esparreguera	206	1957-2000
29	St. Quintí de Mediona	332	1915-2000
30	St. Sadurní d'Anoia	125	1949-2000
31	Gelida	120	1917-1994
32	Cornellà de Llobregat	13	1941-2000
33	Observatori Fabra	420	1913-2000
34	Barcelona (INM)	12	1901-2000
35	Torrellebrera	570	1929-2000
36	Llinars del Vallès	193	1948-2000
37	Martorelles	130	1945-2000
38	Caldes de Montbui	180	1901-2000
39	Sabadell (aeroport)	130	1901-2000
40	Badalona	10	1914-2000
41	Alella	109	1905-1994
42	Teià	140	1901-2000
43	Argenlona	100	1901-2000
44	Sant Celoni	155	1932-2000
45	Breda	169	1927-2000
46	Tordera	30	1945-2000
47	Tossa de Mar	10	1901-1994
48	St. Feliu Guíxols	4	1901-1995
49	Palafrugell	81	1901-2000
50	Begur	185	1911-2000
51	Campdevànol	738	1916-2000
52	Farga de Bebié	608	1917-1986
53	Borgonyà	521	1909-2000
54	Torelló	515	1931-2000
55	la Guixa	515	1914-2000
56	Girona (aeroport)	129	1945-2000
57	Girona	90	1906-2000
58	Jafre	44	1929-1998
59	Torroella de Mongrís	22	1941-2000
60	l'Estartit	2	1931-2000
61	Figueres	50	1907-2000

	Nom	Altitud (m)	Període
62	Castelló d'Empúries	17	1914-1994
63	Cadaqués	45	1907-2000
64	la Seu d'Urgell	695	1908-2000
65	Organyà	540	1909-1999
66	Oliana	480	1909-2000
67	Torà	448	1915-2000
68	Ponts	360	1913-2000
69	Sort	680	1920-2000
70	Estany Gento	2120	1925-1985
71	Cabella	1270	1915-1994
72	Molinos	1020	1928-1995
73	Talarn	425	1913-1995
74	Gavet	380	1940-1994
75	Agramunt	349	1947-2000
76	Vilaller	960	1947-1999
77	Cervera	540	1915-2000
78	Tàrraga	383	1914-2000
79	el Pont de Suert	845	1945-1998
80	els Omellons	386	1945-2000
81	Juneda	264	1913-2000
82	Lleida	192	1914-2000
83	l'Albagés	377	1957-2000
84	Raimat	320	1938-2000
85	la Pobla Massaluca	363	1953-2000
86	Vilalba dels Arcs	442	1949-2000
87	Riba-roja d'Ebre	76	1931-2000
88	Flix	56	1917-2000
89	la Granadella	520	1954-2000
90	Cabacés	357	1951-2000
91	Móra la Nova	110	1915-2000
92	Tivissa	310	1911-2000
93	Benissanet	34	1911-1996
94	Miravet	25	1949-2000
95	Observatori Ebre	50	1901-2000
96	Godall	167	1917-2000
97	Santa Bàrbara	79	1945-1996
98	Amposta	8	1921-2000
99	Vielha	940	1907-1998
100	Candassos	280	1940-2000
101	Mequinensa	321	1949-2000
102	Emb. Pineta	1150	1928-2000
103	Barrosa	1200	1941-1994
104	Emb. Plandescun	1100	1941-1992
105	Boltaña	643	1950-1999
106	Seira	816	1915-1994
107	Graus	480	1915-2000
108	Binéfar	290	1938-2000
109	Fraga	170	1913-2000
110	Favara	242	1949-2000
111	Terreu	400	1949-2000
112	St. Mateu M.	325	1956-2000
113	St. Jordi M.	175	1954-1997
114	Perpinyà	42	1901-2000
115	Quillan	282	1928-2000
116	Belesta	489	1948-2000
117	Cap Biarra	82	1901-2000
118	Fillols	725	1949-2000
119	Verdun	530	1952-2000
120	Aulus	753	1953-2000
121	Tarascon	475	1954-2000

Els criteris que s'han tingut en compte en la selecció dels observatoris han estat el de la longitud temporal dels registres (>40 anys), així com el número màxim de dades absents permeses (<10% i <5% tenint en compte si l'observatori va entrar en funcionament amb anterioritat o posterioritat a 1939, respectivament). Un total de 63 observatoris disposen de dades anteriors a 1925, 48 abans de 1950 i únicament 10 van entrar en funcionament amb posterioritat a aquesta data. S'ha de fer notar que 23 observatoris finalitzen la recollida de dades abans de l'any 2000. La majoria d'aquestes estacions estaven situades en àrees de muntanya i localitzades en embassaments i centrals hidroelèctriques.

La xarxa d'observatoris seleccionada cobreix d'una manera acceptable el territori d'estudi. També queden cobertes les principals varietats climàtiques de la zona, segons la classificació feta per Martín-Vide (1992).

Descripció de les tècniques d'anàlisi

Les dades de precipitació mensual originals de les 121 estacions seleccionades s'ha sotmès a un exhaustiu control de qualitat, així com també s'ha comprovat l'homogeneïtat de les sèries. Un cop comprovada la qualitat de les dades, aquestes s'han agregat espacialment per tal de generar una sèrie regional representativa del territori analitzat. Així mateix, s'ha construït una sèrie regional per a cada una de les zones en què s'ha dividit el territori d'estudi.

El control de qualitat

El control de qualitat s'ha basat en la identificació dels anomenats *outliers* i dels *falsos zeros* (Saladié *et al.*, 2006). Els primers corresponen als valors que superen el tercer quartil més tres cops el rang interquartílic i que, a la vegada, també superen les 5σ de la mitjana. Els *falsos zeros* de precipitació s'han detectat a partir d'un contrast climatogràfic amb els observatoris veïns.

El procés d'homogeneïtzació

L'homogeneïtat dels registres s'ha comprovat mitjançant l'Standard Normal Homogeneity Test (Alexandersson i Moberg, 1997), conegut test d'homogeneïtat relativa basat en el fet que la quantitat de precipitació recollida en una estació candidata a ser testada ha de ser proporcional a la recollida en un conjunt d'estacions de referència properes, dins la mateixa àrea climàtica i ben correlacionades amb l'observatori del qual es vol comprovar l'homogeneïtat.

Un 40,5% dels observatoris han estat considerats inhomogenis (Saladié *et al.*, 2006), per la qual cosa s'han aplicat diferents factors de correcció en base mensual facilitats pel propi SNHT. Un 70% de les discontinuïtats detectades es deuen a canvis d'emplaçament documentats en la història de les estacions.

Agregació espacial de les sèries i estimació de la tendència temporal

Les dades de tots els observatoris, transformades prèviament en sèries d'anomalies estandarditzades respecte al període de referència 1961-1990 per tal de superar els problemes causats per les diferències de latitud, altitud i proximitat/llunyania respecte al mar (Jones i Hulme, 1996), s'han interpolat mitjançant un algoritme basat en una mitjana de totes les estacions ponderada per la distància inversa de cadascuna al punt central de la quadrícula de 3° x 4° lat./long. que emmarca l'àrea d'estudi (Jones *et al.*, 1999). Les corbes regionals d'anomalies estandarditzades anuals i estacionals han estat suavitzades mitjançant un filtre Gaussià de pas baix de 13 termes per tal d'eliminar les fluctuacions a escales inferiors a la dècada i detectar subperíodes amb un comportament diferenciat (Brunet *et al.*, 2002).

La tendència temporal de la precipitació a l'àrea d'estudi s'ha estimat mitjançant la tècnica dels mínims quadrats. En treballar amb dades estandarditzades, les figures mostren els resultats en desviacions típiques (σ). No obstant això, els resultats numèrics s'exposen tant en percentatges (%) com també en mil·límetres de precipitació (mm).

Regionalització de l'àrea d'estudi

La regionalització del territori analitzat s'ha fet mitjançant una anàlisi de conglomerats (*clusters*), combinat amb la comparació visual de les corbes d'anomalies estandarditzades de les estacions individuals (Comparative Trend Analysis, CTA) (Hanssen-Bauer *et al.*, 1997). La mesura de proximitat utilitzada es basa en la distància euclídea al quadrat i el criteri d'agrupació ha estat el de la distància mitjana entre grups. Les dades utilitzades per dur a terme aquesta anàlisi han estat les del període 1951-2000.

Variacions i tendència de la precipitació al sector nord-oriental de la península Ibèrica durant el segle XX

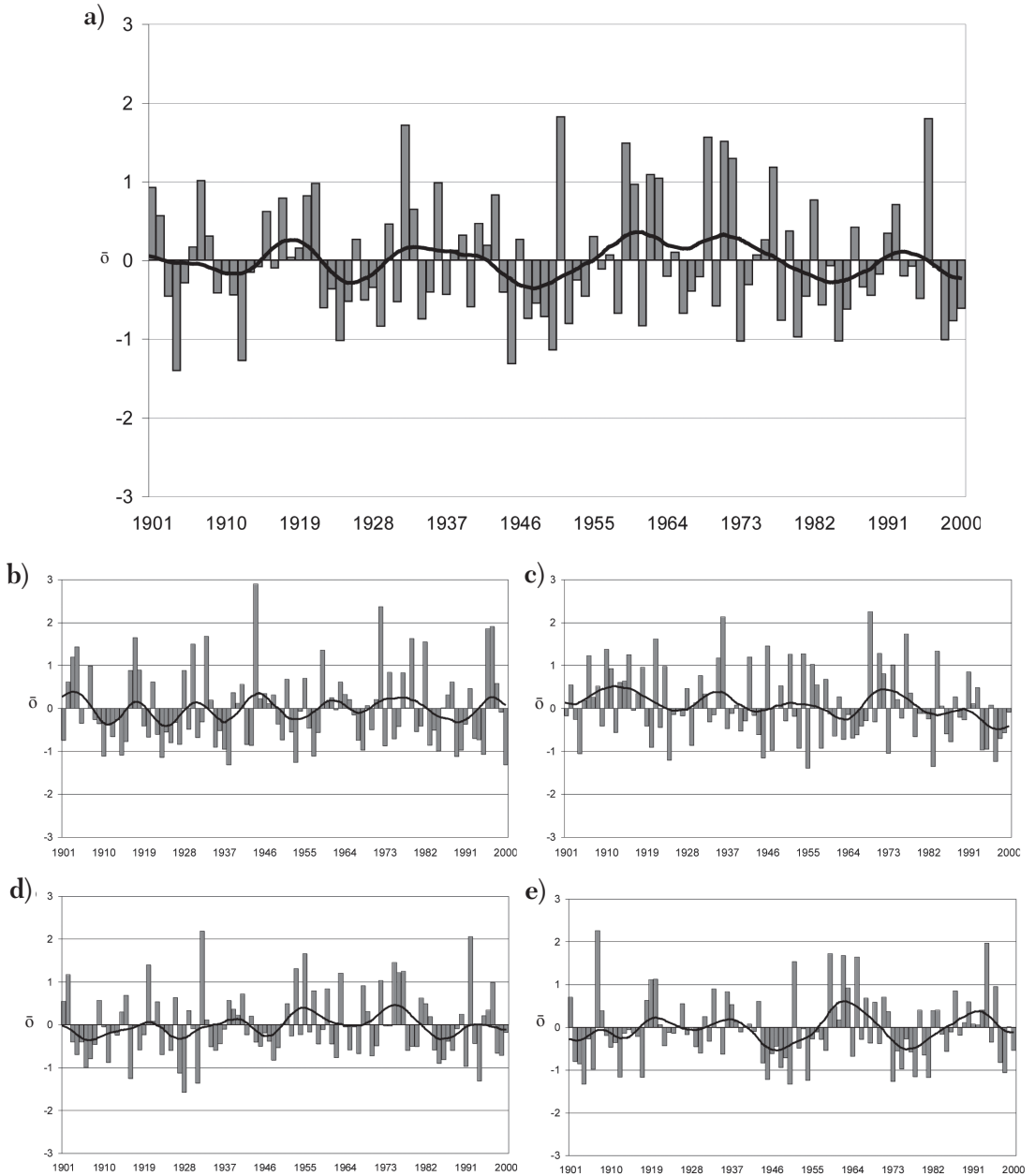
La figura 2 mostra les variacions en base anual i estacional de la sèrie regional de les anomalies estandarditzades de la precipitació al sector nord-oriental de la península Ibèrica per al període 1901-2000. Igualment, també es mostra la corba suavitzada mitjançant el filtre Gaussià de pas baix de 13 termes. Per la seva banda, en el quadre 2 es donen els valors de la tendència de la precipitació anual i estacional estimada per al segle xx, expressada en percentatges (%) i en mil·límetres (mm).

En base anual s'ha detectat un lleuger descens de la precipitació durant el segle xx a la zona d'estudi que ha estat quantificat en un -1,0%, i que equival a una reducció de la precipitació anual de -6,6 mm per al conjunt del període analitzat, respecte a la mitjana del període 1961-1990, que al sector nord-oriental de la península Ibèrica és de 652,3 mm. Òbviament, aquest resultat no supera l'interval de confiança del 95%. A partir de l'anàlisi visual de la figura 2a ja es fa evident que el valor de la tendència estimada, hagués estat negatiu o positiu, seria mínim i no superaria de cap de les maneres el nivell de confiança adoptat.

Aquesta mínima disminució de la precipitació anual ve determinada per la contraposició entre l'important descens detectat a la primavera i els increments que, de menor magnitud, es donen a la resta d'estacions (quadre 2).

FIGURA 2

Evolució de la precipitació anual i estacional al sector nord-oriental de la península Ibèrica (1901-2000), expressada com anomalies estandarditzades respecte al període 1961-1990. La corba suavitzada és un filtre Gaussià de 13 termes de pas baix. a) anual, b) hivern, c) primavera, d) estiu, e) tardor.



QUADRE 2

Increment total de precipitacions

Increment total		
Anual	-1,0%	-6,6 mm
Hivern	1,8%	2,4 mm
Primavera	-21,8%	-38,4 mm
Estiu	7,4%	10,3 mm
Tardor	6,2%	12,8 mm

L'increment més important en termes percentuals es dona a l'estació càlida de l'any, quantificat en +7,4%, que transformat en mil·límetres dona un augment de +10,3 mm respecte als 139,6 mm de mitjana durant el període 1961-1990 a la zona. No obstant això, l'augment més important en valors absoluts correspon a la tardor, l'estació amb la major aportació estacional de pluja al total anual en el conjunt del territori estudiat. El +6,2% d'increment percentual es correspon amb +12,8 mm respecte als 204,9 mm del període 1961-1990. Finalment, durant l'estació freda de l'any s'ha registrat un lleugeríssim increment del +1,8% amb un total de +2,4 mm respecte a la mitjana del període 1961-1990 que al sector nord-oriental de la península Ibèrica és de 134,4 mm. Cap d'aquests valors tampoc supera l'interval de confiança del 95%.

Però el fet més destacable de l'evolució a llarg termini de la pluviometria a l'àrea d'estudi és l'espectacular descens de la precipitació ocorregut a la primavera durant el segle xx. En aquesta estació equinoccial, la segona en importància pel que respecta a la contribució de pluja al total anual, s'ha produït una reducció de la precipitació del -21,8%, és a dir, un total de -38,4 mm respecte als 176,3 mm, valor mitjà del període 1961-1990 a l'àrea d'estudi. Una precipitació, la de primavera, molt important tant pel que fa a la viabilitat d'alguns conreus com a l'emmagatzematge per a ús urbà a l'estiu. No obstant això, aquest valor de la primavera no supera, per ben poc, l'interval de confiança del 95%.

Com dèiem, el resultat d'aquest important descens de la primavera enfront dels augments tant durant l'hivern com a l'estiu i la tardor provoquen que el valor anual sigui de signe negatiu, però d'una magnitud molt petita. La manca de tendència significativa coincideix tant amb els resultats obtinguts per Llasat i Quintas (2004) per al conjunt d'Espanya com per a Abaurrea *et al* (2002) per a la Conca de l'Ebre.

Els resultats obtinguts coincideixen amb els d'un altre estudi realitzat sobre una zona compresa dins l'àrea analitzada en aquest treball com és el Sistema Mediterrani Català (Saladié *et al.*, 2004a), però sols en part amb un altre on el territori analitzat són les Terres de l'Ebre (Saladié *et al.*, 2004b). En aquest segon cas, tot i presentar coincidència en el signe de la tendència de l'hivern, l'estiu i la primavera (positiu en els dos primers casos i negatiu en el darrer), a les comarques més meridionals de Catalunya la tendència total anual és positiva (+4,4%) i la de la tardor és negativa (-0,4%).

Els deu anys més secs i més plujosos de la sèrie a l'àrea d'estudi es mostren al quadre 3. S'ha de fer notar que mentre que els anys més secs estan repartits durant tot el segle i únicament les dècades dels anys trenta i seixanta no tenen representació, un total de nou

dels deu anys més plujosos es concentren a la segona meitat del segle xx i vuit d'aquests entre 1951 i 1977. També s'ha de mencionar que els anys més plujosos poden estar condicionats per qualsevol de les quatre estacions. L'any més plujós és 1951, on es dona la sisena tardor més plujosa de la sèrie. El segon any més plujós, 1996, es correspon amb el quart hivern més plujós. El tercer any més plujós coincideix amb l'estiu més plujós (1932). Finalment, l'any 1969, quart any més plujós, conté la primavera més plujosa de la sèrie. Per contra, els anys més secs estan condicionats bàsicament pel comportament de la tardor i en menor mesura per la primavera. Un total de sis de les deu tardors més seques de la sèrie es troben entre els 10 anys més secs. El més sec de tots, 1904, es correspon amb la tardor amb el menor registre de precipitació. Per dècades, els anys quaranta, vint i vuitanta han estat, en conjunt, els més secs de la sèrie, mentre que els anys cinquanta i setanta han estat els més plujosos.

QUADRE 3
Anys extrems

	Plujosos	Secs
1	1951	1904
2	1996	1945
3	1932	1912
4	1969	1950
5	1971	1973
6	1959	1985
7	1972	1924
8	1977	1998
9	1962	1980
10	1963	1929

Tot i que Folland i Karl (2001) defineixen en base anual tres subperíodes amb un comportament diferenciat de la precipitació (1900-1945 tendència negativa, 1946-1975 tendència positiva i 1976-1999 tendència negativa), l'anàlisi de la corba anual suavitzada del sector nord-oriental de la península Ibèrica no permet identificar de forma clara subperíodes amb un comportament diferenciat (figura 2a). No obstant això, i prenent com a punt de partida els tres segments d'anys citats anteriorment, en el cas que ens pertoca es podria parlar d'un primer període de tendència negativa (-0,08%/anual) entre 1901 i 1948, un segon de signe oposat entre 1949 i 1961 (+1,37%/anual), a partir d'aquí s'inicia un darrer període com en el primer cas de signe negatiu, però que no és fins a l'inici dels setanta que es fa evident (-0,49% anual entre 1971 i 2000), tot i la distorsió provocada per l'any 1996 que va ser molt plujós.

Aquesta manca de claredat a l'hora de definir aquests subperíodes ve determinada en bona part pel comportament en alguns casos contraposat de les dues estacions equinocials: tardor i primavera. El primer subperíode de signe negatiu en base anual té com a causa la primavera (figura 2c), que presenta un primer segment d'anys que s'allarga fins al 1964, amb una reducció de la precipitació de $-0,27\%/anual$. Per contra, l'increment de precipitació que es produeix en base anual entre 1949 i 1961 es deu al comportament de la tardor (figura 2e), ja que en aquesta estació es produeix un període quasi coincident (1948-1962) d'augment de la precipitació, amb una tendència positiva de $+5,79\%/anual$, que supera l'interval de confiança del 95%. El període plujós i amb relativa estabilitat de la precipitació anual situat entre finals dels anys cinquanta i inicis dels setanta es deu a un primer període plujós de la tardor que enllaça amb un període també plujós de la primavera (figures 2c i e). L'important descens de la precipitació de la tardor a partir dels anys seixanta no es veu reflectit en base anual a causa d'una primavera molt plujosa en aquells anys. Un cop aquesta situació de primaveres plujoses s'estroneja als anys setanta, la corba anual mostra el descens ocorregut. La reducció de la precipitació de primavera entre 1971 i 2000 ha estat quantificada en $-1,58\%/anual$, que supera l'interval de confiança del 95%. També l'estació càlida de l'any mostra un darrer període amb un clar descens de la precipitació (figura 2d), ja que la reducció experimentada a l'estiu entre 1975 i 2000 és de $-1,32\%$ per any, tot i que en aquest cas no supera l'interval de confiança establert.

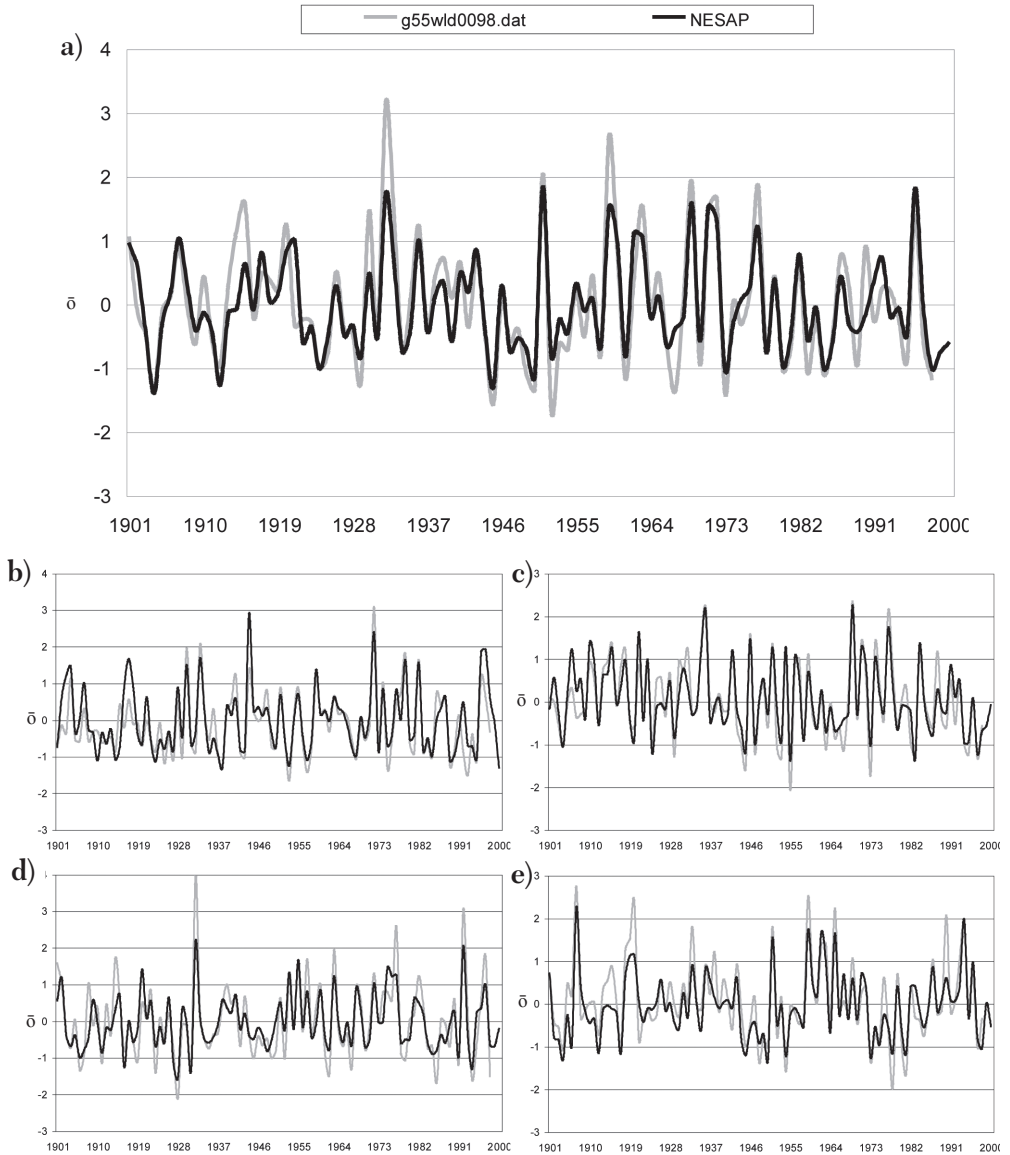
Si aquests importants descensos de la precipitació, tant a la primavera com a l'estiu, durant el darrer terç del segle xx no es veuen reflectits encara en més gran mesura en base anual és principalment a causa del comportament de la tardor durant aquest darrer període, així com també, en menor mesura, a l'hivern. L'estació freda de l'any presenta la tendència positiva de menor magnitud, però l'evolució de la precipitació d'hivern és bastant constant durant tot el període (figura 2b), tot i l'elevada variabilitat decennal mostrada mitjançant el filtre Gaussià.

Arribats a aquest punt, és interessant comparar els resultats obtinguts amb aquells calculats amb subconjunts de bases de dades globals. En aquest cas, l'exercici de comparació s'ha dut a terme amb la sèrie temporal, transformada en anomalies estandarditzades, representativa de la quadrícula de $5^\circ \times 5^\circ$ lat./long. ($40-45^\circ$ N i $00-05^\circ$ E) on es troba emmarcada la nostra àrea d'estudi, obtinguda de la base de dades "g55wld0098.dat", versió 1.01, desenvolupada a la Climatic Research Unit (CRU) de la University of East Anglia (Norwich, Regne Unit)¹. Les variacions anuals i estacionals d'ambdues sèries temporals es mostren en la figura 3 (a-e). En tots cinc casos es pot observar un gran similitud en les seves variacions temporals, cosa que es posa de manifest mitjançant els coeficients de correlació de Pearson obtinguts, que superen el 0,80. En base anual és de 0,88. El més elevat és el de primavera ($r: 0,91$), seguit pel de tardor ($r: 0,88$), estiu ($r: 0,86$) i hivern ($r: 0,84$). Els resultats empitjoren, tot i ser acceptables, si sols tenim en compte el període comprès entre 1901 i 1925, quan sols es disposa de poc més de la meitat dels observatoris que formen part de la NESAP. Tardor i primavera tenen els valors més alts ($r: 0,85$ i $r: 0,84$, respectivament) i hivern i estiu els més baixos ($r: 0,68$ i $r: 0,71$, respectivament). Per contra, des de 1951, un cop quasi la totalitat d'estacions de la NESAP estan operatius, els resultats milloren considerablement, amb valors que superen o estan propers a 0,90, valor del coeficient de correlació anual (hivern: 0,89, primavera: 0,93; estiu: 0,89; tardor: 0,91).

1. <<http://www.cru.uea.ac.uk/~mikeh/datasets/global/>>.

FIGURA 3

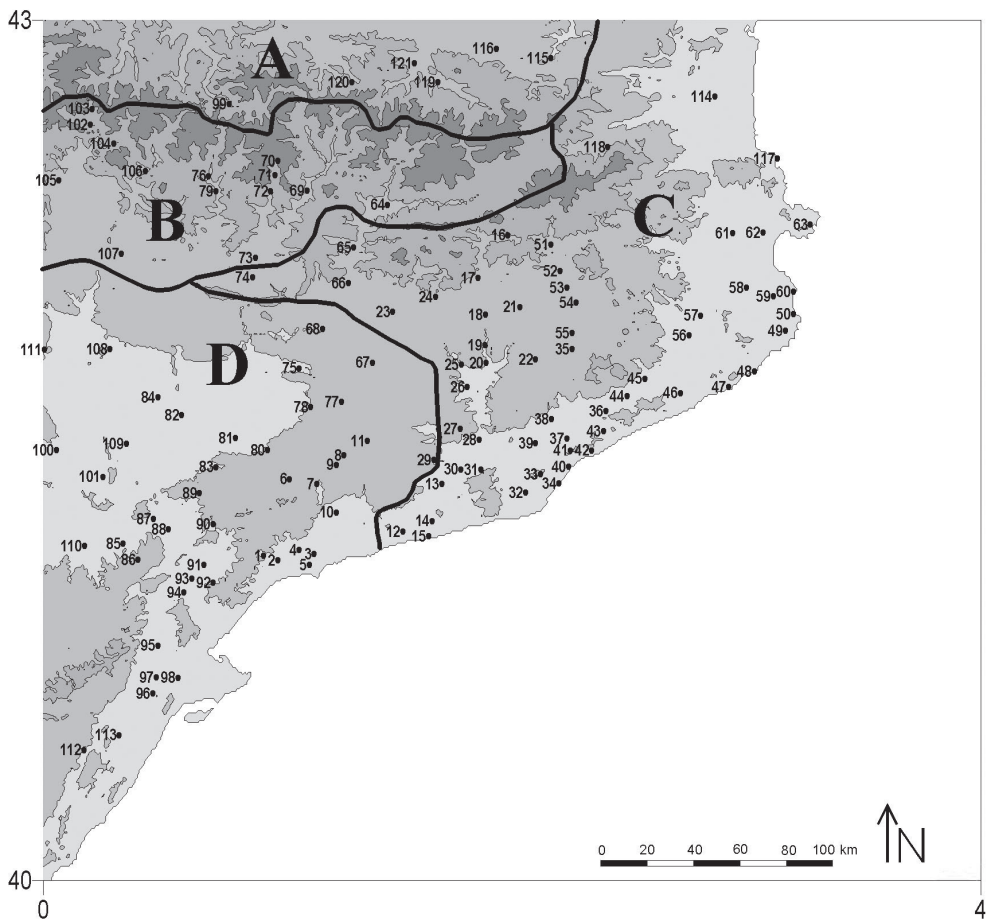
Variacions anuals i estacionals de la precipitació al sector nord-oriental de la península Ibèrica (NESAP) i a la quadrícula situada entre els 40-45° N i 0-5° E de la base de dades global “g55wld0098.dat”, versió 1.0, expressades com a anomalies estandarditzades respecte al període 1961-1990. a) anual, b) hivern, c) primavera, d) estiu, e) tardor.



Els valors de la tendència lineal de la sèrie regional obtinguda de la base de dades “g55wld0098.dat”, versió 1.0, coincideixen en el signe amb els obtinguts en aquest estudi per al sector nord-oriental de la península Ibèrica. Valors negatius tant en base anual com a la primavera (-3,7% i -13,9%, respectivament) i valors positius a l'hivern (+6.8%) i l'estiu (+4.7%). La reducció de la precipitació anual és més important a la quadrícula de “g55wld0098.dat”, versió 1.0, mentre que el descens de la primavera ho és més en aquest estudi. Per la seva banda, l'increment de la precipitació d'estiu és major al sector nord-oriental de la península Ibèrica, mentre que és menor el d'hivern. L'única discordança es produeix a la tardor, quan la tendència estimada a partir de la base de dades global és negativa (-7,8%), quan a casa nostra s'ha documentat un increment del +6,2%.

Les discrepàncies entre ambdues bases de dades estan probablement associades a la diferència en el número d'observatoris utilitzats en cada una, ja que mentre la “g55wld0098.dat”, versió 1.0, sols disposa de 36 estacions dins la quadrícula de 5° x 5° lat./long. (40-45° N i 00-05° E), són 121 les que formen part de la NESAP (40-43° N i 00-04° E).

FIGURA 4
Grans regions identificades



Resultats obtinguts de la regionalització de l'àrea d'estudi

A partir de l'anàlisi de conglomerats i la CTA s'ha diferenciat, en base anual, quatre grans regions que es mostren en la figura 4.

En aquesta figura es pot veure una primera diferenciació latitudinal (regions A i B) i una segona de longitudinal (regions C i D). A continuació s'exposen els trets característics de cada una d'aquestes regions així com els observatoris que en formen part.

Regió A. És la part més septentrional de l'àrea d'estudi. Són els observatoris situats en els Pirineus i Prepirineus francesos (a excepció de Fillols, n.º 118): Quillan (n.º 115), Belesta (n.º 116), Verdun (n.º 119), Aulus (n.º 120) i Tarascon (n.º 121), als quals s'ha d'afegir el de Vielha (n.º 99). És la zona oberta a la influència atlàntica i està conformada per sis estacions.

Regió B. Faixa latitudinal situada immediatament al sud de la regió A. Un total de 14 estacions formen part de la regió B, des de Boltaña (n.º 105), la més occidental, fins a la Seu d'Urgell (n.º 64), que tancaria la regió per l'est. L'observatori més septentrional és el de Barrosa (n.º 103) i el situat més al sud el de Talarn (n.º 73). Es tracta dels observatoris situats en els Pirineus i Prepirineus d'Osca i de Lleida, amb les alçades més importants de tota l'àrea d'estudi, com ara els 2.120 metres a l'Estany Gento (n.º 70) o els 1.270 de Cabdella (n.º 71).

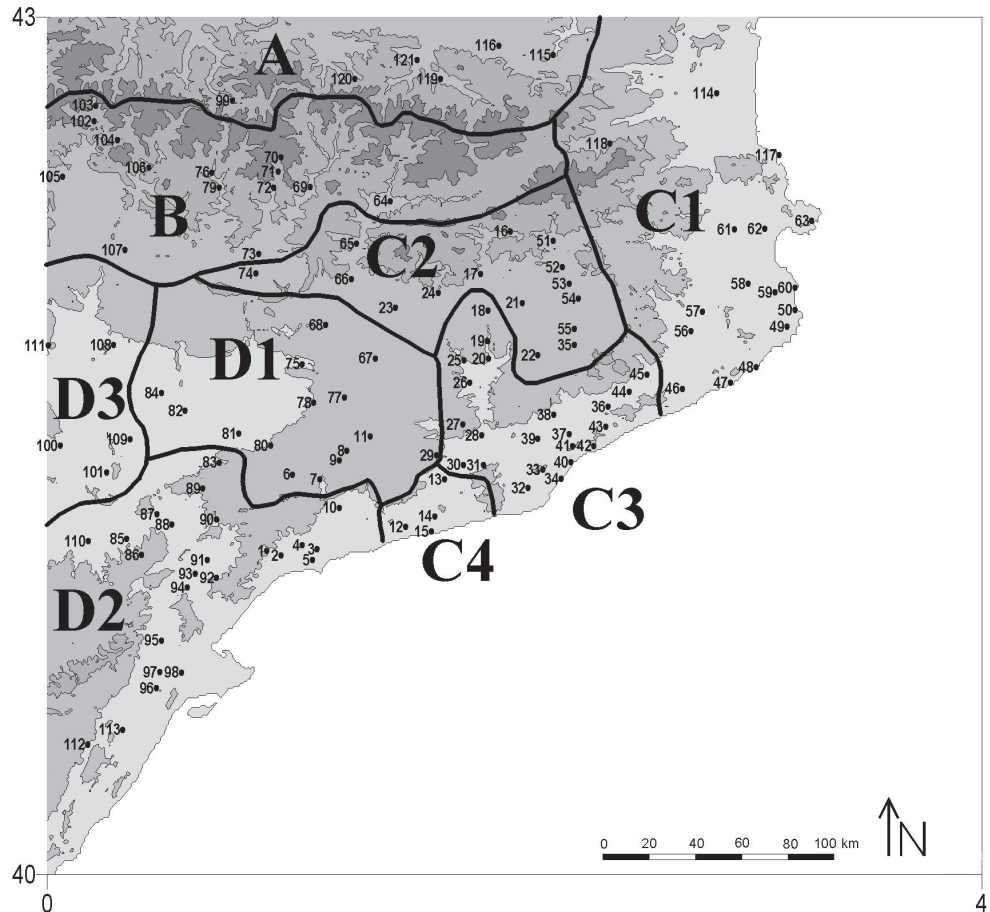
Regió C. Integren aquesta regió els observatoris situats a la meitat oriental del territori. Comprèn els Pirineus i Prepirineus orientals catalans, com ara la Pobla de Lillet (n.º 16), o Campdevànol (n.º 51), però amb una falca que arriba fins a Gavet (n.º 74); la zona litoral i prelitoral central i septentrional, des del Vendrell (n.º 12) fins a Perpinyà (n.º 14), i la zona central de Catalunya, des de Manresa (n.º 26) fins a Borgonyà (n.º 53). És la regió amb el major número d'observatoris, cinquanta-set en total.

Regió D. Regió conformada pels observatoris situats a la meitat occidental de l'àrea d'estudi. Ocupa bàsicament la depressió de l'Ebre, des de Godall (n.º 96) fins a Ponts (n.º 68). Això no obstant, també s'hi poden trobar els observatoris situats al Camp de Tarragona, la Conca de Barberà, els dos observatoris del nord de Castelló i Sant Quintí de Mediona (n.º 29). En total sumen quaranta-quatre estacions.

Com es pot comprovar a partir de la visualització de la figura 4, els Pirineus fan de línia divisòria entre la regió A i la regió B, la primera amb les estacions orientades al nord i la segona amb les estacions pirinenques peninsulars orientades al sud. Les regions C i D es troben immediatament al sud de la regió B, això no obstant es pot observar que la regió B penetra un poc més al sud en la zona de contacte amb la regió D que en la regió C, possiblement a causa de la major distància al mar. Tot i que en les regions C i D es veu una evident diferenciació longitudinal, també s'observa la influència de l'altitud (majors alçades en el límit septentrional de la regió C) i de la continentalitat (penetració de la regió D fins arribar a la vall del Llobregat).

Aquest primer nivell de regionalització ha donat com a resultat dues regions molt grans (regions C i D), per la qual cosa s'ha decidit dur a terme una anàlisi més detallada. Els nous resultats han permès subdividir la regió C en quatre noves regions i la regió D en tres de diferents, mentre que les regions A i B s'han mantingut estables (figura 5).

FIGURA 5
Regions identificades



Així, la regió C s'ha dividit en:

Regió C1. Zona litoral i prelitoral septentrional que es perllonga des de Perpinyà al nord (n.º 14) fins a Tordera al sud (n.º 46). Formen part d'aquesta regió més nord-oriental un total de setze estacions, inclosa la de Fillols (n.º 118). Majoritàriament són poblacions situades al litoral, com ara l'Estartit (n.º 60) o Cadaqués (n.º 63), amb poca alçada sobre el nivell del mar, a les quals se n'han d'afegir d'interiors (Girona, n.º 57; Figueres, n.º 61).

Regió C2. Territori de la regió C situat al sud de la regió B, separat de la regió C1 per la serralada Transversal i de la regió C3 per la Serralada Prelitoral, tot i que aquesta darrera regió penetra cap al nord a través de la vall del Llobregat. En aquesta regió hi ha quinze observatoris. En els extrems occidental i oriental tenim, respectivament, Gavet (n.º 74) i Torelló (n.º 54), mentre que la Pobla de Lillet (n.º 16) i Moià (n.º 22) són, respectivament, a més septentrional i meridional de la regió.

Regió C3. Sector litoral i prelitoral central, separat de la regió C2 per la Serralada Prelitoral. Formen part d'aquesta regió el pla de Barcelona (Barcelona-INM, n.º 34), la depressió del Vallès (Sabadell, n.º 39), la part oriental de la depressió del Penedès (Sant Sadurní d'Anoia, n.º 30) i el tram baix i mitjà del Llobregat (Cornellà, n.º 32; Sallent, n.º 20), que penetra dins la regió C2 fins a Puig-reig (n.º 18). En total formen part de la regió C3 un total de 22 estacions.

Regió C4. És la regió de menor superfície i amb menys observatoris, quatre en total: el Vendrell (n.º 12), Vilafranca del Penedès (n.º 13), l'embassament del Foix (n.º 14) i Cubelles (n.º 15). Es correspondria amb bona part de l'anomenat Penedès històric, tot i que la part oriental de l'Alt Penedès no hi estaria inclosa.

Per la seva banda, la regió D s'ha subdividit en tres noves regions:

Regió D1. Forma part d'aquesta regió la zona més septentrional de la depressió de l'Ebre, des de Torà (n.º 67) a l'est fins a Raimat (n.º 84) a l'oest. El límit nord estaria fixat per l'estació de Ponts (n.º 68). Per la seva banda, el límit sud es troba als Omellons (n.º 80). En aquesta mateixa regió, però fora de la depressió de l'Ebre, hi ha la Conca de Barberà amb cinc estacions (des de Vimbodí, n.º 6, a Santa Coloma de Queralt, n.º 11) i l'observatori de Sant Quintí de Mediona (n.º 29). En total a la regió D1 hi tenim quinze observatoris.

Regió D2. Sector meridional centrat a les Terres de l'Ebre català (Amposta, n.º 98; Tivissa, n.º 92), però que s'allarga cap al nord fins a l'Albagés (n.º 83), entra a l'Aragó amb l'estació de Favara (n.º 110), i també inclou el Priorat (Cabacés, n.º 90), el Camp de Tarragona (zona de Reus, n.º 4) i el nord de la província de Castelló. A la part més oriental queda separada de la regió D1 per la serra de Miramar i les muntanyes de Prades. És la regió amb un major número d'observatoris, vint-i-quatre en total.

Regió D3. Territori més oriental de la depressió de l'Ebre, continuació de la regió D1, però totalment situat a l'Aragó i amb el segon menor número d'estacions, cinc en total: Candasnos (n.º 100), Mequinensa (n.º 101), Binéfar (n.º 108), Fraga (n.º 109) i Terreu (n.º 111).

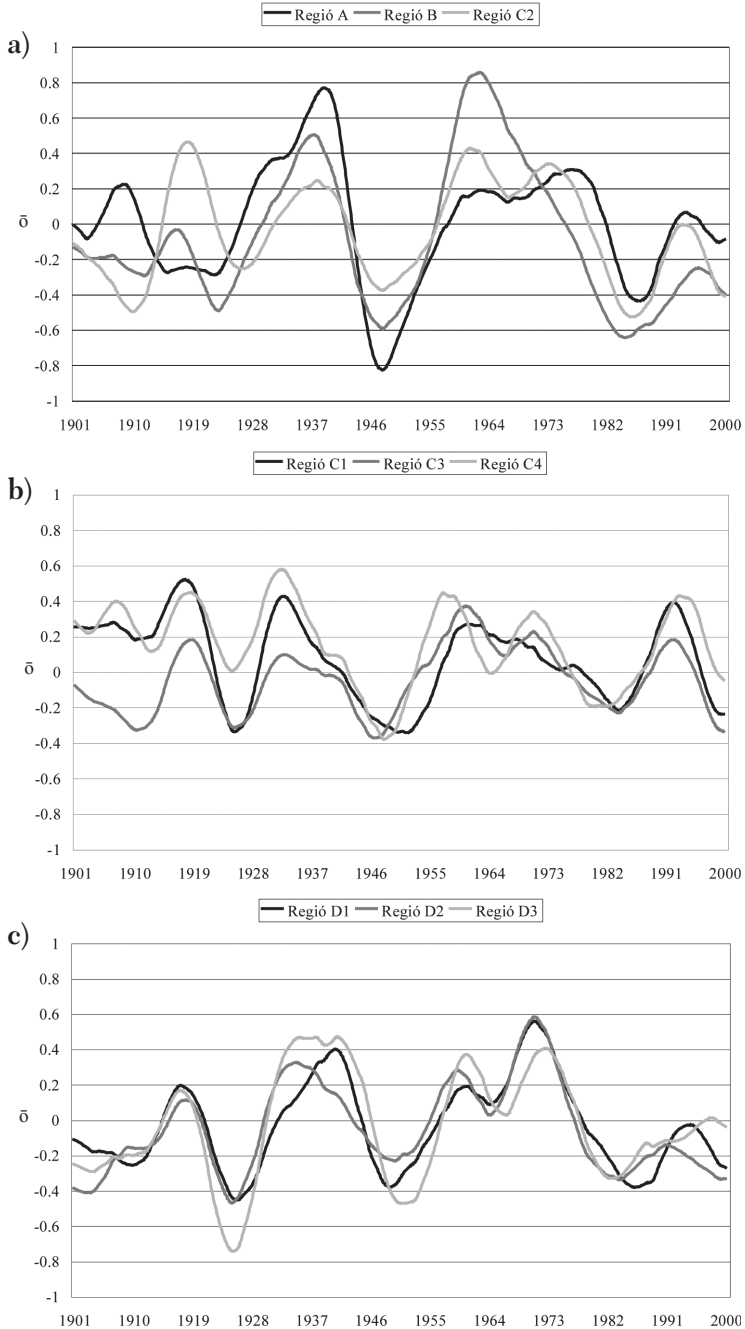
QUADRE 4

Tendències regionals de la precipitació

	Anual	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Regió A	-1,3%	2,1%	-8,5%	5,3%	11,3%
Regió B	-2,3%	8,7%	-12,1%	6,3%	1,7%
Regió C1	-9,4%	-15,3%	-24,5%	-4,1%	2,3%
Regió C2	-1,9%	13,8%	-20,9%	7,2%	-2,1%
Regió C3	2,2%	7,6%	-23,6%	10,5%	11,5%
Regió C4	-6,3%	-8,9%	-30,1%	15,2%	-5,5%
Regió D1	0,3%	2,3%	-16,4%	11,4%	8,7%
Regió D2	0,6%	15,1%	-13,4%	10,9%	-1,7%
Regió D3	2,9%	3,6%	-1,1%	7,1%	9,7%

FIGURA 6

Anomalies estandarditzades de la precipitació anual per regions al sector nord-oriental de la península Ibèrica (1901-2000). Corba suavitzada mitjançant un filtre Gaussià de 13 termes de pas baix. a) regions A, B i C2, b) regions C1, C3 i C4, c) regions D1, D2 i D3.



El quadre 4 conté les tendències de la precipitació anual i estacional de cada una de les nou regions, expressades com a percentatges de variació respecte al període de referència 1961-1990, mentre que en la figura 6 es mostren les corbes d'anomalies estandaritzades en base anual suavitzades mitjançant el filtre gaussià de tretze termes de pas baix. Finalment, en el quadre 5 apareixen els coeficients de correlació anual entre cada una de les nou regions.

QUADRE 5

Coeficient de correlació anual entre regions

Regions	A	B	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3
A	1	0,51	0,35	0,5	0,38	0,36	0,37	0,27	0,34
B		1	0,39	0,75	0,52	0,48	0,67	0,53	0,64
C1			1	0,67	0,78	0,67	0,65	0,63	0,55
C2				1	0,80	0,69	0,81	0,68	0,66
C3					1	0,78	0,77	0,72	0,62
C4						1	0,75	0,73	0,62
D1							1	0,81	0,83
D2								1	0,81
D3									1

Una tendència negativa de poca magnitud i no significativa com la detectada en base anual per a tota l'àrea d'estudi (-1,0%), es dona en cinc de les nou regions (A, B, C1, C2 i C4), les quatre més septentrionals a les quals cal afegir la C4, regió de menor extensió i amb també el menor número d'estacions. Els valors oscil·len entre el -9,4% de la regió C1 al -1,3% de la regió A. La resta de regions (C3, D1, D2 i D3) presenten valors positius, tot i que tampoc superen l'interval de confiança del 95%, fluctuant entre el +0,3% de la regió D1 i el +2,9% de la regió D3.

Pel que fa a la contribució estacional, únicament a la primavera les nou regions segueixen el patró regional de descens de la precipitació. En el quadre 4 es pot observar com la reducció de la precipitació és més important a les regions costaneres (C4: -30,1%; C1: -24,5%; C3: -23,6%), mentre que el descens de menor magnitud es dona a la regió D3 (-1,1%), la més occidental de totes.

A l'estació càlida de l'any únicament la regió C1 discrepa respecte a l'augment de precipitació registrat per tot el territori (+7,4%). A la regió més oriental s'ha registrat un lleuger descens del -4,1%, mentre que en la resta de regions els increments de la precipitació oscil·len entre el +15,2% de la regió C4 i el +5,3% de la regió A. Els augments més petits s'obtenen a les regions nord-occidentals (A, B i D3).

Són dues les regions en què la tendència de la precipitació d'hivern és de signe oposat a la documentada per a l'àrea d'estudi completa (+1,8%). Aquestes regions són la C1 i la C4, amb uns descensos de la precipitació durant l'estació freda de -15,3% i -8,9%, respectivament. A la resta de regions, els increments de la precipitació varien entre el +2,1% de la

regió A (la més septentrional), als +15,1% de la regió D2 (la més meridional).

Un total de sis regions presenten una tendència positiva en la precipitació de tardor com la documentada per tot el territori analitzat (+6,2%). Aquestes són les regions A, B, C1, C3, D1 i D3, amb valors situats entre els +11,5% de la regió C3 i els +2,3% de la regió C1. Per contra, s'han documentat descensos de la precipitació tant a la regió C2, com a les C4 i la D2 (-2,1%, -5,5% i -1,7%, respectivament).

Com ja s'ha dit, les corbes d'anomalies suavitzades es mostren a la figura 6. Estan agrupades de tres en tres per fer més fàcil la seva comparació. Les regions més septentrionals, regions A, B i C2 (figura 6a), es caracteritzen totes tres per tenir dos mínims molt marcats. El més important de tots s'obté durant els anys quaranta i també a inicis dels seixanta, incideix sobretot a la regió A. El segon mínim s'aconsegueix als anys vuitanta, i en aquest cas és més profund a la regió B. El màxim s'assoleix a la regió A als anys trenta, que també és important a la regió B, però en aquesta regió és encara més important el màxim que s'obté als anys seixanta. La regió C2 mostra valors similars a la regió B durant els anys trenta i valors similars a la regió A en el període que abasta dels anys seixanta fins als setanta, però hi difereix per l'existència d'un màxim situat entre mitjan dècada de 1910 i inicis dels anys vint. En tots tres casos durant la dècada dels noranta s'ha produït una recuperació de la precipitació que sembla que s'estronca en els anys finals de la sèrie.

Pel que fa a les regions més orientals, regions C1, C3 i C4 (figura 6b), coincideixen entre elles i amb les tres anteriors, en el mínim situat entre els anys quaranta i inicis dels seixanta, no obstant això, tenim valors similars a les regions C1 i C3 durant els anys vint. A la dècada dels vuitanta obtenim un tercer mínim, encara que no pas tan marcat com el que es mostra en les regions més septentrionals. A les regions C1 i C4 el màxim més important s'obté als anys trenta, mentre que a la regió C3 als anys seixanta. S'ha de destacar també el màxim situat a inicis dels anys noranta a totes tres regions, especialment a la C1 i C3, tot i que la reducció final que ja es veia en la figura 6a és encara més espectacular a la figura 6b. Cal també destacar que mentre els anys inicials de la regió C3 presenten valors negatius, com en les regions B i C2, a les regions C1 i C3 són positius.

Finalment, les regions més occidentals, regions D1, D2 i D3 (figura 6c), mantenen una gran similitud en l'evolució de la corba suavitzada. Tot i que totes tres presenten un mínim als anys quaranta i cinquanta, en aquest cas el mínim més important s'obté als anys vint, especialment a la regió més oriental de totes (D3). A les regions D1 i D2 el màxim s'aconsegueix entre mitjan anys seixanta i setanta, però també s'ha de destacar el que es registra a la dècada dels trenta i inicis dels quaranta, període màxim a la regió D3. La recuperació produïda a inicis dels anys noranta és molt menor que a les altres sis regions, i també és menys important la caiguda final, caiguda que no es produeix en la regió D3.

L'evolució de la pluja a les regions més occidentals de l'àrea d'estudi (B, D1, D2 i D3) és molt similar a l'obtinguda per Abaurrea *et al.* (2002) en el seu estudi de la precipitació de les regions més occidentals de la conca de l'Ebre (regions E, F i G del seu estudi).

La major o menor similitud en l'evolució de la precipitació anual entre les nou regions definides es veu reflectida en el quadre 5 on es mostren els coeficients de correlació entre totes elles. La regió A presenta valors inferiors a 0,5 amb relació a la resta, excepte amb la regió B (0,51). Aquesta segona, per la seva banda, també té valors inferiors a 0,5 amb relació a les regions C1 i C4, mentre que arriba fins a 0,75 amb la C2. La resta de regions tenen entre elles coeficients de correlació superiors a 0,5, més grans, òbviament, amb relació a les

respectives regions veïnes. En alguns casos superen el 0,75. El valor més elevat es l'obtenen les regions D1 i D3 amb una correlació de 0,83. Es pot afirmar que a excepció de la regió A, situada al vessant nord dels Pirineus i amb la influència atlàntica, i la regió B (zona pirinenca peninsular), la resta del territori mostra una similitud molt gran en el comportament de la precipitació anual. Això fa necessari dur a terme una anàlisi similar però en base estacional.

Conclusions

Mitjançant la base de dades de precipitació mensual ajustada del sector nord-oriental de la península Ibèrica (NESAP), formada per 121 observatoris meteorològics, desenvolupada pel Grup de Recerca del Canvi Climàtic de la Universitat Rovira i Virgili (Saladié *et al.*, 2006), s'ha estimat la tendència temporal de la precipitació anual i estacional de la precipitació d'aquest territori entre 1901 i 2000.

Els resultats obtinguts mostren un lleuger descens de la precipitació en base anual durant el segle xx que s'ha quantificat en un $-1,0\%$ pel conjunt del període analitzat, tot i que no supera l'interval de confiança del 95%. Aquesta mínima reducció de la precipitació anual ve determinada per la contraposició entre les tendències positives que s'ha documentat tant a l'estiu com a la tardor i a l'hivern ($+7,4\%$, $+6,2\%$ i $+1,8\%$, respectivament), i la important disminució de la precipitació de la primavera ($-21,8\%$).

La corba suavitzada en base anual no permet detectar períodes de temps amb un comportament clarament diferenciat de la precipitació, no obstant això, durant el darrer terç del segle xx s'ha produït una important reducció de la precipitació ($-0,49\%$ anual). Aquesta tendència negativa es conseqüència de l'abrupte descens de la precipitació a la primavera durant els darrers trenta anys del període d'estudi amb un $-1,58\%$ per any, que supera l'interval de confiança del 95%. També s'ha de destacar el descens que des de 1975 s'ha produït a l'estiu ($-1,32\%/any$). D'altra banda, s'ha de fer notar l'augment significatiu de la precipitació de tardor durant el període 1948-1962, amb un $+5,79\%$ anual.

La disminució de la precipitació detectada durant els darrers trenta anys del segle xx en base anual i especialment l'ocorreguda en aquest mateix període durant la primavera, coincideix amb l'important increment de la temperatura documentat a Catalunya, especialment durant la primavera (Brunet *et al.*, 2001).

Finalment, la regionalització de l'àrea d'estudi mitjançant una anàlisi de conglomerats i CTA ha permès definir, en primer lloc, quatre grans regions amb un comportament diferenciat de la precipitació anual, on el component latitudinal (regions A i B) i longitudinal (regions C i D), han jugat un paper clau. Una anàlisi més detallada manté inalterables les regions A i B, però diferencia subregions dins les regions C i D, on es pot observar la influència tant de les unitats de relleu de la zona com la major o menor proximitat al mar.

Bibliografia

ABAURREA, J., ASIN, J. i CENTELLES, A. (2002), "Caracterización espacio-temporal de la evolución de la precipitación anual en la cuenca del Ebro" en J. A. GUIJARRO, M. GRIMALT, M. LAITA i S. ALONSO (eds.), *El agua y el clima*, Palma de Mallorca: Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, 3, 113-124.

- ALEXANDERSSON, H. i MOBERG, A. (1997), "Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear trends", *International Journal of Climatology*, 17, 25-34.
- ALMARZA, C., LÓPEZ, J. A. i FLORES, C. (1996), *Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación en España*, Madrid: Monografía A-143 del Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente.
- BRUNET, M., AGUILAR, E., SALADIÉ, O., SIGRÓ, J. i LÓPEZ, D. (2001), "Variations and trends of the surface air temperature in the Northeastern Spain from middle nineteenth century onwards", en M. BRUNET i D. LÓPEZ (eds.), *Detecting and modelling regional climate change*, Berlín: Springer, 81-93.
- BRUNET, M., AGUILAR, E., SALADIÉ, O., SIGRÓ, J. i LÓPEZ, D. (2002), "Warming phases in long-term Spanish temperature change", en *13th Symposium on global change and climate variations*, Boston: American Meteorological Society, 30-32.
- BUFFONI, L., MAUGERI, M. i NANI, T. (1999), "Precipitation in Italy from 1833 to 1996", *Theoretical and Applied Climatology*, 63, 33-40.
- FOLLAND, C. K. i KARL, T. R. (2001), "Observed climate variability and change", en J. T. HOUGHTON, Y. DING, D. J. GRIGGS, M. NOGUER, P. J. van der LINDEN, X. DAI, K. MASKELL i C. A. JOHNSON (eds.), *Climate change 2001: the scientific basis*, Cambridge: Cambridge University Press, 99-182.
- GALÁN, E., CAÑADA, R., RASILLA, D., FERNÁNDEZ, F. i CERVERA, B. (1999), "Evolución de las precipitaciones anuales en la Meseta meridional durante el siglo xx", en J. M. RASO i J. MARTÍN-VIDE (eds.), *La climatología española en los umbrales del siglo xxi*, Barcelona: Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, 1, 169-180.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C., DE LUIS, M. i RAVENTÓS, J. (2001), "The spatial and temporal structure of rainfall trends in the Valencia Region (Eastern Spain) over the second half of the 20th century" en M. BRUNET i D. LÓPEZ, (eds.), *Detecting and modelling regional climate change*, Berlín: Springer, 175-189.
- GONZÁLEZ-ROUCO, J. F., JIMÉNEZ, J. L., QUESADA, V. i VALERO, F. (2001), "Quality control and homogeneity of precipitation data in the Southwest of Europe", *Journal of Climate*, 14, 964-978.
- HANSEN-BAUER, I. i FORLAND, E. J. (1998), *Annual and seasonal precipitation variations in Norway 1896-1997*, Oslo: DNMI-Klima, Report n° 27/98, Norwegian Meteorological Institute.
- HANSEN-BAUER, I., FORLAND, E. J., TVEITO, O. E. i NORDLI, P. O. (1997), "Estimating regional precipitation trends. Comparison of two methods", *Nordic hydrology*, 28, 21-26.
- JONES, P. D. i CONWAY, D. (1997), "Precipitation in the British Isles: an analysis of area-average data updated to 1995", *International Journal of Climatology*, 17, 427-438.
- JONES, P. D. i HULME, M. (1996), "Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: methods and illustrations", *International Journal of Climatology*, 16, 361-377.
- JONES, P. D. i MOBERG, A. (2003), "Hemispheric and large scale surface air temperature variations: an extensive revision and an update to 2001", *Journal of Climate*, 16, 203-223.

- JONES, P. D., NEW, M., PARKER, D., MARTIN, S. i RIGOR, I. G. (1999), "Surface air temperature and its changes over the past 150 years", *Review of Geophysics*, 37, 173-198.
- KARL, T. R. i KNIGHT, R. W. (1998), "Secular trends of precipitation amount, frequency and intensity in the United States", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79, 231-241.
- LABAJO, J. L. i PIORNO, A. (2001), "Regionalisation of precipitation in Castilla and Leon (Spain). Analysis of its temporal behaviour", en M. BRUNET i D. LÓPEZ (eds.), *Detecting and modelling regional climate change*, Berlín: Springer, 163-173.
- LANA, X. i BURGUEÑO, A. (2000), "Some statistical characteristics of monthly and annual pluviometric irregularity for the Spanish Mediterranean coast", *Theoretical and Applied Climatology*, 65, 79-97.
- LLASAT, M. C. i QUINTAS, L. (2004), "Stationary of monthly rainfall series since the middle of the nineteenth century. Application to the case of Peninsular Spain", *Natural Hazards*, 31, 613-622.
- MARTÍN-VIDE, J. (1992), "El clima" en C. CARRERAS (dir.), *Geografía General dels Països Catalans, El Clima i el Relleu*, vol. 1, Barcelona, Enciclopèdia Catalana, 1-110.
- NEW, M., TODD, M., HULME, M. i JONES, P. D. (2001), "Precipitation measurements and trends in the twentieth century", *International Journal of Climatology*, 21, 1899-1922.
- QUEREDA, J., MONTÓN, E. i ESCRIG, J. (2002), "Luces y sombras sobre el cambio climático de la región Mediterránea", en J. M. CUADRAT, S. M. VICENTE i M. A. SAZ (eds.), *La información climática como herramienta de gestión ambiental*, Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 109-116.
- RASO, J. M. (1993), "Variabilidad de las precipitaciones anuales en el litoral mediterráneo de la Península Ibérica", en *Aportaciones en homenaje del profesor Luis Miguel Albentosa*, Tarragona: Diputació Provincial de Tarragona, 205-228.
- RODRÍGUEZ, R., LLASAT, M. C. i WHEELER, D. (1999), "Analysis of the Barcelona precipitation series", *International Journal of Climatology*, 19, 787-801.
- SALADIÉ, O., BRUNET, M., AGUILAR, E., SIGRÓ, J. i LÓPEZ, D. (2004a), "Variaciones y tendencia secular de la precipitación en el Sistema Mediterráneo Catalán (1901-2000)", en J. C. García, C. DIEGO, P. FERNÁNDEZ DE ARRÓYABE, C. GARMENDIA i D. RASILLA (eds.) *El clima, entre el mar y la montaña*, Santander, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, 4, 399-408.
- SALADIÉ, O., BRUNET, M., AGUILAR, E., SIGRÓ, J. i LÓPEZ, D. (2004b), "Variacions i tendència de la precipitació a les Terres de l'Ebre durant el segle xx", en *Actes del IV Congrés Ibèric de Planificació i Gestió de l'Aigua*, Tortosa: Fundació Nova Cultura de l'Aigua, 8 pàgines.
- SALADIÉ, O., BRUNET, M., AGUILAR, E., SIGRÓ, J. i LÓPEZ, D. (2006), *Creación de la base de datos de precipitación mensual ajustada del sector nororiental de la Península Ibérica (1850-2000)*, Tarragona: Universitat Rovira i Virgili (disponible des de <<http://www.sre.urv.es/web/geografia/clima.htm>>).
- ZHAI, P., ZHANG, X., WAN, H. i PAN, X. (2005): "Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China", *Journal of Climate*, 18, 1096-1108.
- ZHANG, X., VINCENT, L. A., HOGG, W. D. i NIITSOO, A. (2000), "Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century", *Atmos-Ocean*, 38, 395-429.

Agraïments

Aquest treball ha estat finançat per la Comissió Europea mitjançant el projecte “European and North Atlantic daily to multidecadal climate variability” (EMULATE, EVK2-CT-2002-00161) i per CICYT amb el projecte d'I+D “Análisis del cambio a largo plazo de la precipitación en España. Modelización de sus episodios extremos en la cuenca del Ebro” (ANETPREX, REN2002-000991/CLI). Així mateix, volem agrair a l'INM i *Météo-France* la cessió de les dades i als observadors per la informació sobre les estacions. Finalment, també volem donar les gràcies a J. J. Iñiesta per la seva ajuda en l'elaboració de la cartografia.

Resumen

Variaciones y tendencia de la precipitación en el sector nordoriental de la península Ibérica durante el siglo xx

La construcción de la serie regional de la precipitación del sector nororiental de la Península Ibérica durante el siglo xx, a partir de los 121 observatorios que forman parte de la base de datos ajustada de la precipitación mensual llamada NESAP (Northeastern Spain Adjusted Precipitation), ha conducido a estimar las variaciones y la tendencia de la precipitación anual y estacional en el área de estudio. Se ha detectado un ligero descenso de la precipitación anual (-1,0%). Valores positivos se han documentado en verano, otoño e invierno (+7,4%, +6,2% y +1,85%, respectivamente), mientras que la primavera ha experimentado una notable reducción (-21,8%). Es de destacar el importante descenso ocurrido en esta misma estación durante el periodo 1971-2000 (-1,58% anual, que supera el intervalo de confianza del 95%) y que es coincidente con el periodo de mayor incremento térmico en la zona. Finalmente, se han definido un total de nueve regiones con un comportamiento diferenciado de la precipitación.

PALABRAS CLAVE: *Península Ibérica, NESAP, precipitación, cambio climático.*

Abstract

Variations and trend of precipitation in the Northeastern of Spain during the 20th Century

Have been estimated by means of a regional time-series employing the 121 observatories of the Northeastern Spain Adjusted dataset (NESAP). A slight decreasing trend has been estimated in annual precipitation (-1.0%). Summer, autumn and winter show positive trends (+7.4%, +6.2% and +1.8%, respectively), while an important decrease has been detected in spring (-21.8%). Highlight the significant (at the 0.05 level) drop in spring during the last third of xxth Century (-1.58% by year), in an opposite way to the abrupt temperature rise documented in the area. Finally, 9 regions with a different precipitation pattern have been defined.

KEY WORDS: *Spain, NESAP, precipitation, climate change.*