

**Evolució secular de
les precipitacions
estacionals a les
illes Balears**

Josep M. Raso Nadal
*Universitat de
Barcelona*

Territoris (1998), 1:
275-289

Evolució secular de les precipitacions estacionals a les illes Balears

Josep M. Raso Nadal
Universitat de Barcelona

Resum

L'anàlisi estadística de les més llargues sèries pluviomètriques estacionals enregistrades a les illes Balears mostra un decreixement de les precipitacions observades a la primavera, però no evidencia cap tendència significativa en l'evolució secular de les totalitzades a l'estiu, la tardor i l'hivern. L'alternança entre etapes de precipitacions estacionals relativament escasses o abundants no revela cap periodicitat.

Abstrat

Statistical analysis on the longest seasonal precipitation series registered in Balearic Islands shows a decrease in spring rainfall, but it does not indicate any secular trend with statistical significance in summer, autumn and winter rainfall. Alternative intervals between intervals of relatively low or high seasonal precipitation do not reveal any periodicity.

Recepció del manuscrit, febrer de 1997

Introducció

La manca d'una tendència estadísticament significativa de les precipitacions anuals a diferents sectors de la península Ibèrica i les illes Balears i l'alternança entre períodes en els quals predominen uns totals pluviomètrics relativament alts amb uns altres en els quals succeeix tot el contrari, o bé simplement s'enregistren quantitats més o menys similars a les respectives mitjanes seculars, han estat evidenciats en diferents treballs (Raso, 1993; Milián, 1996). Tot i que pugui semblar probable la generalització d'aquests trets en cadascuna de les estacions climàtiques, la seva constatació requereix noves anàlisis. El present treball, a més d'aquests objectius, pretén comprovar si l'alternança entre sèries d'anys caracteritzats per un predomini de les precipitacions estacionals relativament abundants o escasses s'ha succeït sincrònicament a les illes Balears en el període 1870-1990.

Característiques estadístiques

La constitució de les sèries pluviomètriques estacionals prèvia a la seva anàlisi estadística resulta de la simple addició de les precipitacions rebudes durant tot el mes en què hi ha l'inici de la corresponent estació en el sentit astronòmic i les enregistrades els dos següents. L'obtenció dels totals pluviomètrics d'hivern requereix sumar les quantitats de precipitació dipositades als pluviòmetres els dos primers mesos de cada any amb les del desembre precedent, mentre que les de primavera, estiu i tardor equivalen a la suma de les enregistrades respectivament els successius tres trimestres que poden formar-se a partir del mes de març. Les quantitats estacionals així calculades per a Maó i Palma, únics punts d'observació de les illes Balears que disposen de dades pluviomètriques mensuals des del 1870, comporten una comptabilització de les precipitacions de desembre en un any no coincident amb el civil, raó per la qual els totals anuals resultants de l'addició dels dotze valors mensuals difícilment coincidirà amb la suma dels al·ludits quatre totals estacionals.

De les diferents sèries pluviomètriques anuals i estacionals del període 1870-1990 disponibles per a Maó i Palma, només les de tardor d'ambdós observatoris no poden considerar-se homogènies, segons que pot deduir-se de l'aplicació de la prova d'Abbe. La possible manca d'homogeneïtat en únicament una de les quatre estacions climàtiques, justament la que rep les màximes precipitacions mitjanes, haurà de merèixer una especial atenció a l'hora de definir possibles tendències o evolucions cícliques. L'homogeneïtat de la resta de les sèries garanteix la bondat de les estimacions dels diferents paràmetres que recull la taula I.

Totes i cadascuna de les mitjanes aritmètiques calculades ultrapassen les respectives medianes, àdhuc la mitjana aritmètica anual de Maó, que un treball precedent elaborat a partir dels totals corresponents als anys civils d'un període similar xifra en un valor lleugerament inferior al de la mediana (Raso, *loc. cit.*) La proximitat, però, entre ambdues característiques estadístiques de centralitat suggereix el possible ajustament de les sèries pluviomètriques analitzades mitjançant distribucions *gaussianes*. Tanmateix, l'elevat valor dels coeficients d'asimetria i de *kurtosi* calculats per a les precipitacions d'estiu és indicatiu de tot el contrari per a aquesta estació. En efecte, l'aplicació de la prova de Kolmogorov a les diferents sèries estudiades només permet refusar l'ajustament amb distribucions normals de les dues corresponents a l'estiu, mentre que res no s'oposa a acceptar la bondat dels ajustaments, amb distribucions d'aquest mateix tipus assajats per a la resta de les precipitacions estacionals i anuals amb uns nivells de confiança superiors al 5%. En canvi, les al·ludides precipitacions d'estiu poden ajustar-se amb distribucions gamma.

Taula I. Paràmetres estadístics estimats a partir de les sèries pluviomètriques anuals i estacionals del període 1870-1990.

MAÓ					
	PRIMAVERA	ESTIU	TARDOR	HIVERN	ANY
Mitjana aritmètica	126,3 mm	47,1 mm	261,8 mm	183,8 mm	619,0 mm
Mediana	123,3 mm	42,8 mm	243,0 mm	174,7 mm	611,9 mm
Coefficient de variació	43,0%	80,4%	44,0%	40,3 mm	21,7%
Coefficient d'asimetria	0,2	1,5	0,9	0,7	0,1
Coefficient de <i>kurtosi</i>	-0,5	4,5	0,9	0,7	-0,3
Percentatge de les precipitacions anuals	20,4%	7,6%	42,3%	29,7%	100%
PALMA					
	PRIMAVERA	ESTIU	TARDOR	HIVERN	ANY
Mitjana aritmètica	104,7 mm	44,9 mm	185,6 mm	125,6 mm	460,8 mm
Mediana	100,9 mm	42,3 mm	172,7 mm	113,8 mm	457,1 mm
Coefficient de variació	50,2%	85,8%	40,1%	42,9%	25,4%
Coefficient d'asimetria	0,5	1,3	0,7	0,7	0,4
Coefficient de <i>kurtosi</i>	-0,5	1,3	1,0	0,6	0,6
Percentatge de les precipitacions anuals	22,7%	9,7%	40,3%	27,3%	100%

D'altra banda, cal destacar el contrast entre les màximes precipitacions mitjanes estacionals de tardor, que representen percentatges de les precipitacions anuals lleugerament superiors al 40%, i les d'estiu que no arriben al 10%, mentre les d'hivern s'acosten al 30% i les de primavera representen poc més del 20% en els dos punts d'observació estudiats. Les diferències entre les mitjanes pluviomètriques estacionals no reflecteixen tota la disparitat existent entre les precipitacions d'estiu i les enregistrades a les altres tres estacions. Els seus coeficients de variació dupliquen pràcticament els calculats per a cadascuna d'aquestes estacions i evidencien la gran variabilitat relativa de les precipitacions en l'estació més càlida de l'any, durant la qual l'arxipèlag Balear roman sota el predomini d'unes condicions sinòptiques relacionades amb les altes pressions subtropicals.

Tendències

Un dels trets més destacats que suggereix una primera anàlisi de les precipitacions estacionals enregistrades a Maó i Palma a partir de l'any 1870 és justament la manca d'una clara tendència secular, creixent o decreixent. Així semblen evidenciar-ho les representacions gràfiques de les sèries pluviomètriques enregistrades cadascuna de les quatre estacions climàtiques a tots dos punts d'observació (Fig. 1 i 2). Per tal de facilitar la

comparació de la variabilitat i l'evolució relativa de les precipitacions en les diferents estacions, aquestes sèries estan expressades mitjançant els seus valors tipificats respecte a la mitjana i la dispersió típica calculades per al període 1961-1990. Les lleugeres inclinacions de les rectes de tendència representades en aquests gràfics poden considerar-se fruit de l'atzar, ja que els coeficients de correlació entre els totals estacionals i els corresponents números ordinals dels anys en els quals han estat enregistrats en el període 1870-1990 representen, tots, valors propers a zero i manquen de significació estadística. Tanmateix, coeficients similars als precedents, però calculats no a partir dels valors observats cadascun dels anys, sinó de diferents sèries de mitjanes mòbils, suggereixen l'existència de possibles tendències. Així els obtinguts per a les sèries de mitjanes mòbils centrades cada onze anys assoleixen els valors següents:

	MAÓ	PALMA
Primavera	— 0,26	— 0,40
Estiu	— 0,13	— 0,19
Tardor	— 0,06	— 0,21
Hivern	+ 0,41	— 0,59

i, d'acord amb el mesurament d'aquestes sèries, poden considerar-se significatius, amb un nivell de confiança del 95%, els coeficients de valor absolut igual o superior a 0,19. La significació estadística i la coincidència en el signe dels coeficients assenyalats per a la primavera en els dos punts d'observació pot considerar-se l'índex d'una tendència decreixent de les precipitacions en aquesta estació a les illes Balears. En canvi, la quasi coincidència amb l'al·ludit límit de significació dels coeficients d'estiu i tardor calculats per a Palma i la inferior quantia dels corresponents a Maó, per més que tots siguin negatius, difícilment podrien justificar la hipòtesi d'una tendència decreixent de les precipitacions en aquestes dues estacions. Més difícil resulta explicar el contrast entre els coeficients d'hivern, estadísticament significatius, però de signe contrari, obtinguts per les dues ciutats balears, ja que les diferències quant als factors que en condicionen el clima semblen insuficients per explicar una tendència netament contrària en l'evolució secular de les precipitacions estacionals.

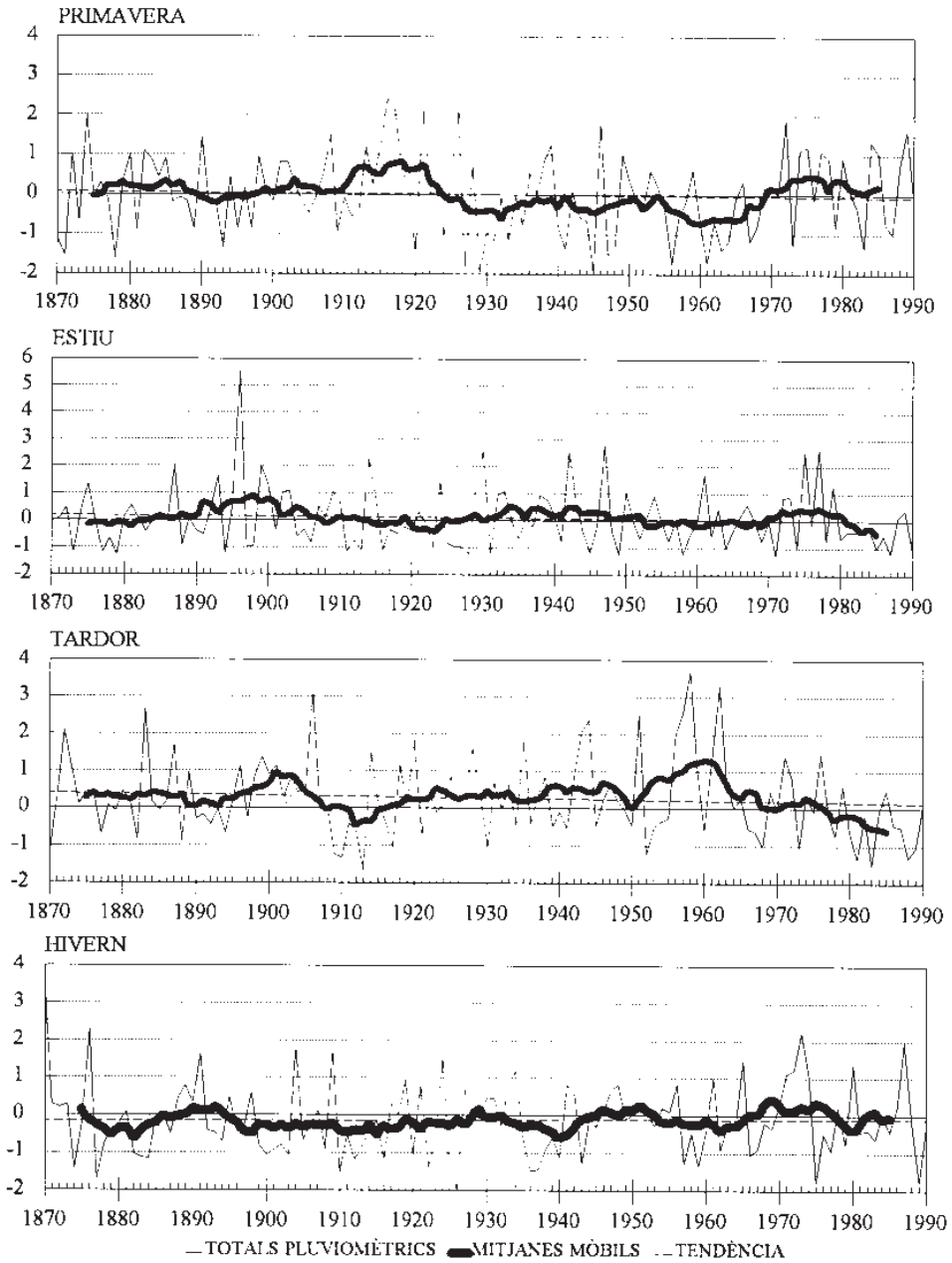


Fig. 1. Evolució de les precipitacions estacionals a Maó entre 1870 i 1990. Els totals pluviomètrics estan expressats mitjançant els corresponents valors tipificats respecte al període 1961-1990.

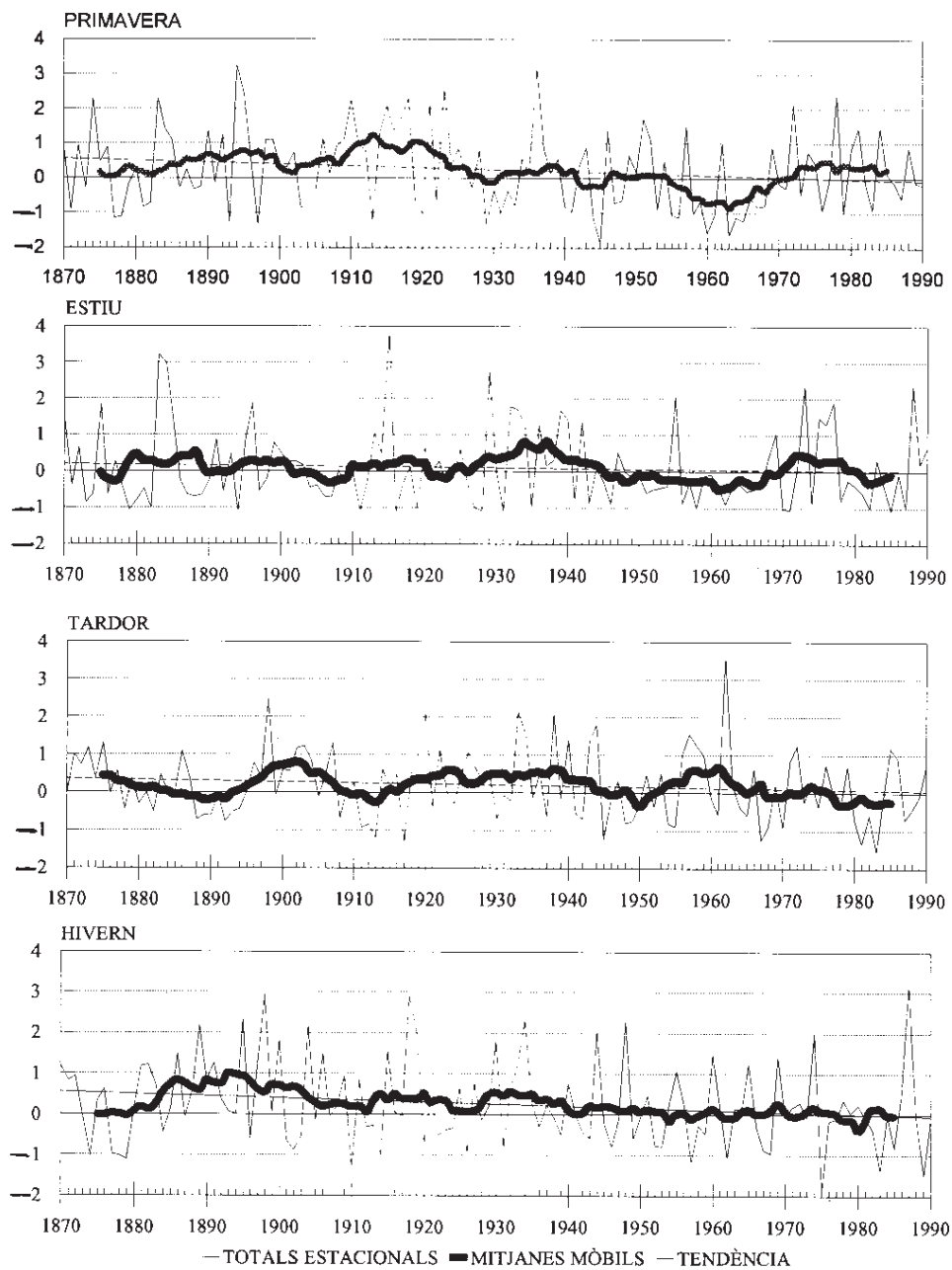


Fig. 2. Evolució de les precipitacions estacionals a Palma entre 1870 i 1990. Els totals pluviomètrics estan expressats mitjançant els corresponents valors tipificats respecte al període 1961-1990.

Les mitjanes aritmètiques de cadascuna de les estacions calculades per als quatre trentennis successius establerts a partir de l'any 1871 (Taula II) són conformes amb la manca de tendència de les sèries pluviomètriques analitzades. En efecte, el contrast estadístic entre les mitjanes de cada estació permet comprovar que només poden considerar-se significatives, amb un nivell de confiança del 95%, les diferències entre les dels trentennis 1901-1931 i 1931-1960 obtingudes per a Maó i entre, primerament, les dels trentennis 1871-1900 i 1961-1990 i, en segon lloc, les del trentenni 1901-1930 i les dels dos següents corresponents a Palma i a la mateixa primavera. Aquestes diferències són indicatives d'una moderada tendència decreixent de les precipitacions de primavera limitada als dos primers trentennis del segle XX.

Taula II. Mitjanes aritmètiques de les precipitacions estacionals calculades per a diferents períodes de trenta anys.

MAÓ

PERÍODE	PRIMAVERA	ESTIU	TARDOR	HIVERN
1871-1990	128,6 mm	52,1 mm	271,4 mm	180,8 mm
1901-1930	140,3 mm	44,6 mm	255,1 mm	171,5 mm
1931-1961	111,0 mm	50,3 mm	287,7 mm	182,3 mm
1961-1960	126,1 mm	44,3 mm	232,6 mm	194,0 mm

PALMA

PERÍODE	PRIMAVERA	ESTIU	TARDOR	HIVERN
1871-1990	112,9 mm	47,0 mm	187,8 mm	140,6 mm
1901-1930	119,3 mm	42,3 mm	192,2 mm	126,3 mm
1931-1961	91,5 mm	46,4 mm	191,5 mm	124,5 mm
1961-1960	93,6 mm	41,6 mm	168,9 mm	112,1 mm

Les diferències entre les mitjanes aritmètiques calculades per a l'estiu, la tardor i l'hivern són relativament inferiors a les existents entre les mitjanes de primavera i romanen lluny d'assolir significació estadística amb un nivell de confiança del 95%, la qual cosa és conforme amb la, més que hipotètica, possible inexistència d'una tendència secular, creixent o decreixent, de les precipitacions estacionals d'estiu, tardor i hivern, tant a Maó com a Palma, i, probablement, al conjunt de l'arxipèlag Balear.

Variabilitat interanual

La variabilitat de les precipitacions, tot i constituir-ne un dels trets més característics, no sol manifestar-se ni com un fenomen estrictament aleatori, ni com un esdeveniment clarament cíclic. És freqüent, en canvi, l'alternança entre unes etapes en les quals predominen els totals pluviomètrics anuals o estacionals relativament alts i unes altres en les quals, o bé són més freqüents els totals relativament baixos, o bé prevalen els

de quantia similar a les respectives mitjanes aritmètiques. Per tal de comprovar si existeix alguna correspondència en la successió d'aquestes etapes en les quatre estacions, han estat calculats els coeficients de correlació entre les diferents sèries pluviomètriques estacionals de cada punt d'observació a partir, primerament, de les quantitats enregistrades a cada estació durant el període analitzat i, en segon lloc, de les mitjanes mòbils centrades cada onze anys. D'entre els primers d'aquests coeficients (Taula III.A), només pot considerar-se significatiu, amb un nivell de confiança del 95%, el de signe positiu obtingut entre les sèries de primavera i estiu de Palma.

En canvi, el nombre de coeficients significatius entre els calculats a partir de les mitjanes mòbils (Taula III.B), és a dir, tots els de valor absolut igual o superior a 0,18, és equivalent al dels no significatius amb l'esmentat nivell de confiança del 95%. Tanmateix, només esdevenen significatius als dos observatoris analitzats els de signe negatiu obtinguts a partir de les sèries de mitjanes mòbils de primavera i tardor. Els valors d'aquests coeficients suggereixen contrastos entre les precipitacions totalitzades en aquestes dues estacions, almenys pel que fa referència a determinats períodes o sèries d'anys successius en els quals o bé és freqüent l'assoliment de totals pluviomètrics relativament elevats durant els mesos de primavera, mentre que les precipitacions enregistrades els mesos de tardor se xifren en quantitats relativament baixes, o bé succeeix justament tot el contrari; és a dir, una més gran freqüència de primaveres relativament seques i de tardors plujoses.

Els coeficients de correlació significatius i de signe positiu entre les mitjanes pluviomètriques d'hivern i de primavera, i entre els d'aquesta darrera estació i els d'estiu calculats per a Palma són indicatius d'una certa similitud en l'evolució de les precipitacions en aquestes tres estacions que la manca de significació dels coeficients corresponents a Maó impedeix fer extensiva al seu observatori. Àdhuc cal assenyalar que el coeficient de correlació entre les mitjanes mòbils de les precipitacions de primavera i hivern d'aquesta última ciutat és lleugerament significatiu, però de signe contrari al de l'obtingut per a la capital de l'arxipèlag a partir de les sèries corresponents a les mateixes estacions.

Finalment, la proximitat a zero dels coeficients de correlació entre les sèries pluviomètriques d'estiu i tardor i entre les de tardor i hivern, calculats per als dos punts d'observació analitzats, impedeix establir qualsevol dependència en l'evolució de les precipitacions de tardor i les de les estacions respectivament anterior i posterior.

Taula III: Coeficients de correlació entre les precipitacions estacionals observades a Maó i Palma entre els anys 1870 i 1990, calculats a partir: A) Dels totals enregistrats cada any.
B) De les mitjanes mòbils centrades cada onze anys.

A)									
MAÓ									
	PRIMAV	ESTIU	TARDOR	HIVERN	PRIMAV	ESTIU	TARDOR	HIVERN	
PRIMAV	-	-0,04	-0,10	-0,10	-	0,23	-0,05	0,09	
ESTIU	-0,04	-	0,04	0,01	0,23	-	0,01	0,04	
TARDOR	-0,10	0,04	-	-0,12	-0,05	0,01	-	-0,08	
HIVERN	-0,10	0,01	-0,12	-	0,09	0,04	-0,08	-	

B)									
MAÓ									
	PRIMAV	ESTIU	TARDOR	HIVERN	PRIMAV	ESTIU	TARDOR	HIVERN	
PRIMAV	-	-0,08	-0,55	-0,21	-	0,34	-0,25	0,45	
ESTIU	-0,08	-	0,10	0,05	0,34	-	0,06	0,36	
TARDOR	-0,55	0,10	-	-0,11	-0,25	0,06	-	0,07	
HIVERN	-0,21	0,05	-0,11	-	0,45	0,36	0,07	-	

La correlació de signe negatiu entre les precipitacions de primavera i tardor no és el resultat d'una evolució secular sempre diferent. En efecte, els anteriorment al·ludits gràfics de les figures 1 i 2, i particularment les corbes representatives de les mitjanes mòbils estacionals, mostren com l'etapa en la qual les precipitacions totalitzades els mesos de primavera foren predominantment més elevades, situada entre aproximadament els anys 1910 i 1920, coincidí amb una fase de precipitacions relativament minses o poc abundants durant els mesos de tardor. En canvi, entre començament de la segona meitat de l'actual segle i finals del decenni 1960-1970, hi hagué una sèrie d'anys en els quals les precipitacions totalitzades a la primavera foren generalment més pobres que qualsevol altra època dintre dels 121 anys analitzats, mentre que la corba representativa de les mitjanes mòbils de tardor definia un màxim a l'entorn de l'any 1960. A més d'aquestes dues èpoques de màxim contrast en l'evolució de les precipitacions de primavera i tardor, les corbes representatives de les mitjanes mòbils descriuen alternatives sèries d'anys de notable contraposició en el predomini de les precipitacions relativament elevades o minses en una o altra estació. Així, durant els darrers anys del segle XIX i els primers de l'actual centúria predominaren les tardors plujoses, tant a Maó com a Palma, mentre les primaveres rebien unes precipitacions només moderades. Els gràfics d'aquesta última ciutat descriuen prèviament un episodi de precipitacions discretament elevades a la primavera i febles a la tardor entre els anys 1890 i principis del decenni 1890-1900.

D'altra banda, les mateixes corbes representatives de les mitjanes mòbils mostren que, entre 1920 i 1930 aproximadament, predominaren les precipitacions discretament superiors a les mitjanes del període 1961-1990 a la tardor i les de quantia inferior a la primavera. En canvi, a partir de 1970, succeeix tot el contrari, els totals pluviomètrics de primavera assoleixen valors generalment superiors i els de tardor inferiors.

Els gràfics de les esmentades figures 1 i 2, representatius de l'evolució de les precipitacions a l'estiu i l'hivern, no defineixen la successió d'etapes caracteritzades pel predomini de precipitacions superiors o inferiors a les mitjanes tan ostensibles com les al·ludides i definides pels respectius gràfics de primavera i tardor, sobretot a Maó. Tanmateix, és possible comprovar que la corba representativa de les mitjanes mòbils d'estiu de totes dues ciutats mostren tres màxims apreciables, el primer dels quals s'esdevingué els últims anys del segle XIX; el de Maó fou més destacat que el de Palma, però limitat al decenni 1890-1900. Els altres dos màxims se situen aproximadament entre els anys 1930 i 1940 i entre 1970 i 1980, respectivament. També insinuen dos mínims, esdevingut un el primer decenni de l'actual centúria a Palma i al voltant de l'any 1920 a Maó i l'altre, escassament perceptible al gràfic d'aquesta ciutat i més notori a Palma, entre 1950 i 1970.

Finalment, les mitjanes mòbils d'estiu mostren l'existència a Maó de tres mínims breus i escassament destacats, esdevinguts a l'entorn dels anys 1880, 1940 i 1960, respectivament, i de tres màxims de característiques relativament similars, cadascun dels quals ocorreguts justament a continuació d'un dels mínims precedents. En canvi, el gràfic de Palma evidencia un màxim ostensible que comprèn els dos darrers decennis del segle XIX, i una evolució poc contrastada, però moderadament descendent, la resta del període estudiat.

A grans trets, pot assenyalar-se que les corbes representatives de les mitjanes mòbils estacionals no evidencien una evolució secular de les precipitacions totalitzades els mesos d'hivern aproximadament similar a Maó i Palma, sobretot pel que fa a l'alternança entre màxims i mínims, com la definida per les corbes representatives de les precipitacions totalitzades a la primavera i la tardor i, encara que d'una manera menys ostensible, a l'estiu.

La manca de periodicitat

Per tal de comprovar si l'alternança entre períodes de pluviometria estacional més o menys contrastada que suggereixen les corbes representatives de les mitjanes mòbils és la manifestació d'una evolució cíclica o ritme pluviomètric, susceptible d'establir previsions a curt o llarg termini, han estat calculats els coeficients d'autocorrelació o correlació de les sèries amb si mateixes per a successius desfases temporals, fins un total de 24. Els autocorrelogrames elaborats a partir de tots aquests coeficients per a Maó (Fig. 3) i Palma (Fig. 4) mostren clarament que els seus valors, representats en forma de barres, en general, no ultrapassen els límits de significació del 95% assenyalats als mateixos gràfics.

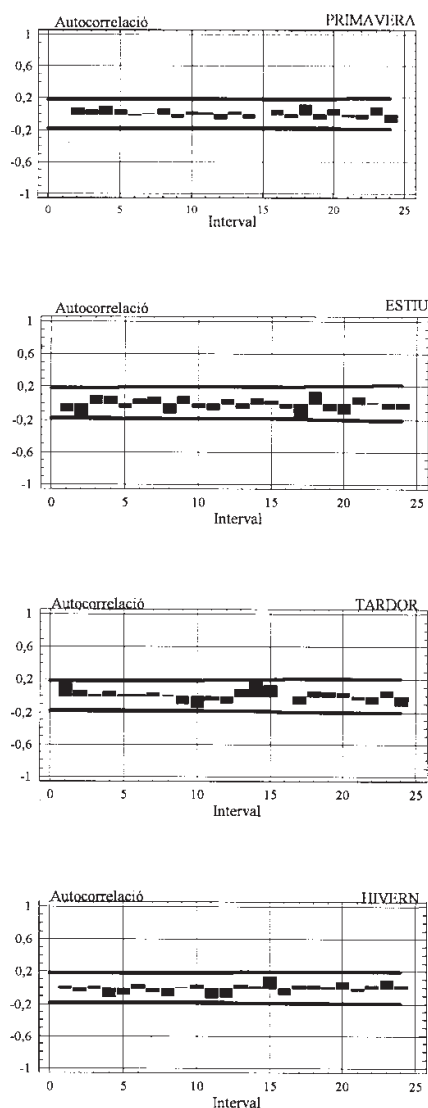


Fig. 3. Autocorrelogrames de les precipitacions estacionals enregistrades a Maó.

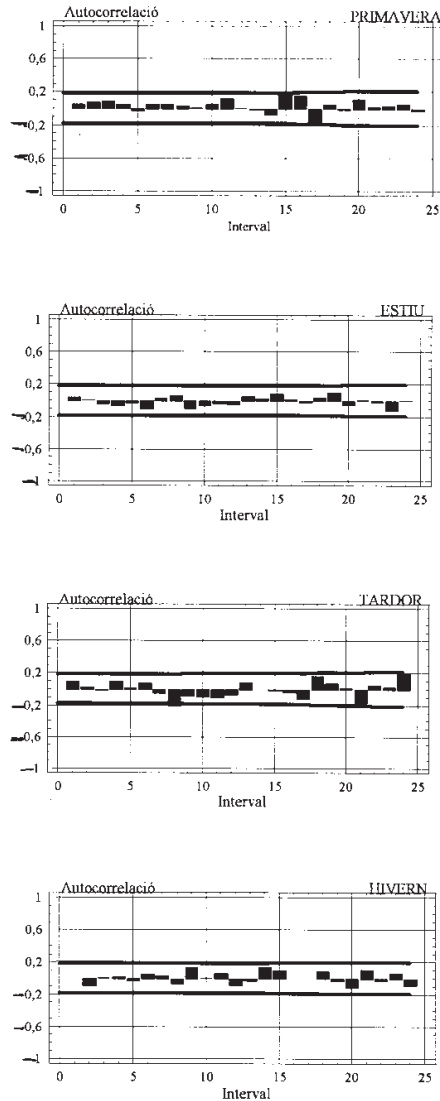


Fig. 4. Autocorrelogrames de les precipitacions estacionals enregistrades a Palma.

La manca de tot indicati d'autocorrelació significativa és particularment evident a l'hivern, ja que cap de les barres representatives dels coeficients d'autocorrelació obtinguts per als dos punts d'observació analitzats no sobrepassa ni tan sols assoleix el límit de significació al·ludit. Un aspecte semblant ofereix l'autocorrelograma representatiu dels coeficients de primavera traçat per a Maó, mentre que el corresponent a Palma mostra com els coeficients de quinçè, setzè i dissetè ordre s'atansen als límits de significació, sense, però, abastar-los realment. En canvi, l'autocorrelograma d'estiu d'aquesta última ciutat descarta clarament tota significació dels coeficients que representa, mentre que el de Maó permet considerar com a significatius el de segon i dissetè ordre.

Finalment, els gràfics de tardor reflecteixen l'existència de coeficients d'autocorrelació significatius entre els procedents tant de la respectiva sèrie pluviomètrica estacional de Maó com de la de Palma, però de diferent grau els corresponents a un i altre punt d'observació. Així, poden considerar-se significatius els coeficients de primer i de catorzè grau calculats per a Maó i el de vuitè grau obtingut per a Palma, i quasi mereixen la mateixa consideració els de divuitè i vint-i-quatrè ordre d'aquesta ciutat.

Els autocorrelogrames no reflecteixen, en definitiva, comportaments clarament periòdics de les precipitacions estacionals, ja que cap de les barres representatives dels respectius coeficients d'autocorrelació ultrapassen ostensiblement els límits de significació. Això no obstant, i per tal de comprovar si aquells que quasi hi coincideixen o superen lleugerament aquests límits, són indicatius d'una evolució periòdica, s'ha efectuat una anàlisi harmònica de les sèries analitzades. Els resultats d'aquesta anàlisi no permeten definir cicles significatius. És per això que la significació dels al·ludits coeficients d'autocorrelació sembla ser més fruit de l'atzar que la imatge d'una evolució secular periòdica i susceptible de facilitar l'establiment de prediccions probabilístiques.

Conclusió

L'anàlisi directa de les precipitacions estacionals enregistrades a Maó i Palma durant 121 anys no reflecteix l'existència de cap mena de tendència significativa en la seva evolució secular.

Tampoc les anàlisis realitzades a partir de les mitjanes mòbils centrades cada onze anys, obtingudes a partir d'aquestes mateixes sèries, no evidencien cap increment o disminució de les precipitacions d'estiu, tardor i hivern. En canvi, permeten definir una evolució decreixent de les precipitacions de primavera, particularment apreciable durant els dos primers trentennis del present segle.

D'altra banda, sembla prou evident l'aparició de determinats trets de signe contrari en l'evolució de les precipitacions de primavera i de tardor, respectivament, de manera que les sèries d'anys o etapes de primaveres predominantment seques durant el període analitzat han coincidit amb tardors relativament plujoses, mentre que els episodis caracteritzats per l'assoliment en anys successius de precipitacions generalment elevades a la primavera solen coincidir amb l'enregistrament de totals pluviomètrics poc abundants a la tardor.

Els coeficients d'autocorrelació i l'anàlisi espectral de les diferents sèries pluviomètriques estacionals no permeten definir una periodicitat significativa en l'alternança entre etapes caracteritzades per un predomini de les precipitacions poc o molt abundants i, en conseqüència, l'establiment de previsions probabilístiques.

Agraïment

Les dades utilitzades en l'elaboració del present treball foren facilitades molt amablement per l'Institut Nacional de Meteorologia, institució a la qual devem el nostre més sincer agraïment i estima.

Referències

- MILIÁN, T. (1996). *Variaciones seculares de las precipitaciones en España*. Tesis doctoral inèdita. Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional. Universitat de Barcelona.
- RASO, J. M. (1993). «Evolución de las precipitaciones anuales en España desde 1870». *Notes de Geografia Física*, 22, 7-24.