

CANVIS EN LA DINÀMICA DE LES PRECIPITACIONS: TIVISSA 1912-1997*

ÒSCAR SALADIÉ BORRAZ

*Secció d'Història Natural del CERE. Llicenciat en Geografia i Història.
Grup de Climatologia de la Unitat de Geografia de la URV*

INTRODUCCIÓ

Existeix un consens generalitzat en considerar que el clima és en procés de canvi. Alguns indicadors semblen demostrar que les modificacions que experimenta el comportament del medi atmosfèric van més enllà d'allò que pot considerar-se com una simple fluctuació o variació cíclica. L'Inter-governamental Pannel on Climate Change (Lakeman, 1996) ha posat de manifest de manera explícita tant en les seves reunions com en els seus treballs aquest fet.

Un dels elements que aparentment ha experimentat canvis en el seu comportament és la precipitació. Existeix una irregularitat inherent a la distribució de les pluges en l'espai mediterrani, la qual cosa té unes repercussions evidents en la disponibilitat de recursos hídrics per als diversos usos. A la irregularitat pluviomètrica en el temps i l'espai s'afegeix la presència de precipitacions intenses que tenen una repercussió evident sobre el medi natural i el medi humà. Els aiguats tenen un comportament aparentment anàrquic però són conseqüència de situacions ben definides i tenen lloc en àmbits espacials ben concrets. Aquestes pluges intenses porten associat un risc d'inundacions amb conseqüències evidents. En el medi humà afecten els béns materials, mentre que en el medi natural provoquen les alteracions d'aquest: potenciabilitat d'erosió del territori, impacte en el paisatge, etc. Però també els períodes de sequera afecten; així trobaríem restriccions, pèrdues econòmiques, conflictivitat social, efectes sobre la fauna, la vegetació, increment del risc d'incendis forestals i del risc d'erosió per pluges posteriors, etc.

* Aquest treball ha estat realitzat gràcies a una beca concedida pel CERE en la seva convocatòria de 1996, i s'emmarca dins el projecte del Plan Nacional del Clima de I+D, CLI96-1842-C05-01 i del Programa Sectorial de Formación de Profesorado Universitario y Personal Investigador, Subprograma de Formación de Profesorado Universitario, AP96 77833634.

*Feia tres anys que no plovia,
molt s'havia demanat,
però el que ningú no es pensava,
era que vingués aquest aiguat.*

(X. Saladié, 1985)

Tivissa i la Ribera d'Ebre, on es troba situada l'estació meteorològica objecte d'aquest estudi, queden englobades, climàticament parlant, dins d'una àrea força àmplia, que respon a les característiques del que s'ha anomenat clima mediterrani. La precipitació a l'àmbit mediterrani ve caracteritzada per la irregularitat espacial i temporal, així com també per una gran heterogeneïtat en la duració i intensitat.

Les causes dinàmiques de la precipitació vénen donades per una sèrie de factors. En primer lloc trobem la circulació general atmosfèrica, però quan fem un estudi més localitzat, com és el nostre cas, hem de baixar fins a la circulació regional d'aquesta zona, tenint en compte a la vegada la situació geogràfica del lloc d'estudi: l'orientació, l'alçada, la situació, etc. Així, la particular situació del poble en alçada, orientació i proximitat al mar, tot i la barrera de les serres de Tivissa i Llaberia, donarà unes característiques locals al clima de Tivissa dins el clima mediterrani. Dos tipus de moviments o circulacions atmosfèriques afecten la franja costanera mediterrània (Martín Vide, 1987). Tot i que Tivissa no es troba dins d'aquesta àrea tal com la delimita l'autor, la seva proximitat farà que nosaltres considerem com a vàlides per a ella les seves consideracions.

- Per un costat trobem l'època de l'any (bona part de l'any) en què la nostra zona queda sota la influència de la circulació temperada (els *westerlies* i les perturbacions de l'oest), amb masses d'aire originades en latituds mitjanes (fonamentalment masses polars marítimes).

- Per contra, a la resta de l'any (època càlida) la circulació temperada es desplaça cap al nord, mentre que puja del sud el cinturó d'altres pressions subtropicals (masses d'aire d'origen subtropical i subsidents).

Tot i aquesta divisió, el predomini és desigual. Així els fluxos de l'oest es veuen interromputs tant per adveccions de procedència subtropical com per adveccions septentrionals (masses d'aire àrtiques marítimes o continentals i masses d'aire polar continental). A més, l'efecte barrera de la península Ibèrica fa que els fluxos de l'oest, dominants gran part de l'any, arribin modificats a la nostra zona. A l'hivern, s'estableix sobre la península Ibèrica un anticicló tèrmic que dificulta encara més l'arribada d'aquests fluxos de l'oest. Aquesta matisació comporta una minva de les precipitacions associades als respectius fronts (Martín Vide, 1987). Pel que fa a l'època càlida, l'intens escalfament comporta la formació de sins de baixes pressions sobre la superfície terrestre, amb poca aportació pluviomètrica.

A aquests dos trets generals, s'hi ha d'afegir la presència d'un mar càlid, la qual cosa comporta la formació de processos ciclogènics que porten gran pluviometria. Sobretot a la tardor, trobem que la temperatura en superfície d'aquest mar és més elevada que la de l'aire en contacte. Això implica que quan es produeix una irrupció freda, aquesta es veu alimentada per l'escalfor i humitat d'aquest mar, provocant fortes precipitacions; aquestes són més intenses en llocs amb presència de relleus propers al mar (pluja orogràfica).

A la Ribera d'Ebre, les característiques del relleu i la seva major o menor proximitat al mar fan que la comarca quedi dividida en tres subsectors clarament diferenciats (Marquès *et al.*, 1989):

- la franja muntanyosa corresponent a la Serralada Prelitoral que tanca la comarca pel sud-est (on situarem Tivissa)
- la cubeta o depressió de Móra
- la part de la depressió de l'Ebre que comença al Pas de l'Ase.

Les precipitacions augmenten progressivament de les zones més baixes i interiors cap a les més altes i properes al mar. D'aquesta manera cal buscar els màxims als cims de les serres de Tivissa i els mínims al fons de la depressió de l'Ebre, aigües amunt del Pas de l'Ase. Hi ha, per tant, un descens a mesura que ens endinsem riu amunt i cap a l'Oest.

El present treball contempla l'anàlisi exhaustiu del comportament de les precipitacions a la vila de Tivissa durant el període 1912 a 1997, per tal de definir les pautes que les regulen i els canvis que previsiblement s'han produït en els darrers temps. Està plovent menys en els darrers anys? Hi ha la idea general que abans plovia més, però a l'hora de donar algun tipus d'explicació que justifiqui aquesta afirmació la gent fa referència a situacions puntuals, normalment excepcionals tot i que presents dins l'espai mediterrani. Dos exemples podrien ser els aiguats del novembre de 1967 i del setembre de 1971. L'objectiu general d'aquest estudi consistiria en determinar la tendència de les precipitacions a Tivissa. Però a més d'intentar esbrinar aquesta tendència en aquests darrers 86 anys, també aprofundirem en altres aspectes com ara la seva estacionalitat, la precipitació mensual, les pluges màximes en 24 hores i els períodes de retorn, l'evolució del nombre de dies de pluja i dies de neu.

MÈTODES

Adequació de la sèrie

És evident que no totes les sèries temporals són vàlides per dur a terme un treball de recerca seriós a partir del qual treure unes conclusions determinades. Aquestes han de complir dues condicions essencials: longitud suficient i qualitat contrastada.

Suficient longitud

Les sèries han de tenir una longitud suficient en el temps durant la qual se suposa que han tingut lloc tots els possibles esdeveniments. Quan es treballa amb precipitacions i més encara en l'àmbit mediterrani, és aconsellable tractar únicament amb sèries que tinguin una longitud de no menys de 50 anys, cosa que l'estació meteorològica de Tivissa compleix amb escreix.

Qualitat contrastada

MÍNIMES LLACUNES. Una sèrie de qualitat és aquella en què les llacunes són mínimes. La sèrie de registres de precipitació de Tivissa sols presenta dues llacunes (agost de 1954 i octubre de 1955). Hi ha diverses metodologies per superar aquesta mancança, però la seva utilització pot ser perillosa, ja que cap d'elles pot arribar a reflectir el que realment va succeir. Nosaltres hem optat per utilitzar el mètode de la correlació lineal simple, consistent en el càlcul dels valors inexistent per l'ajustament a una recta de regressió entre dues estacions, una incompleta (en aquest cas la de Tivissa) que constitueix la variable dependent i una altra completa que proporciona la variable independent de la qual depèn l'anterior (Fernández, 1995).

Això es tradueix en la següent fórmula:

$$y = a + bx$$

en què y és la dada que ens fa falta (variable dependent), x la dada que coneixem (variable independent), b el pendent de la corba de regressió i a una constant.

HOMOGENEÏTAT DE LA SÈRIE. També s'ha de fer un treball exhaustiu de validació de les sèries per tal d'eliminar tot allò que signifiqui una distorsió de la realitat observada (errades de transcripció, canvis d'emplaçament de l'estació, canvis d'instruments, etc.), s'ha de comprovar l'homogeneïtat de la sèrie, trobar les inhomogeneïtats, si existeixen, i corregir-les mitjançant un ajustament si és possible. Treballar amb dades on les variacions que s'hi donin siguin causades per elements no climàtics pot portar a tendències artificials que ens farien arribar a conclusions errònies (Peterson i Easterling, 1994).

La majoria d'autors donen una gran importància a la qualitat de les sèries de dades temporals. Una sèrie és homogènia quan les variacions són causades sols per variacions del temps i el clima (Conrad i Pollack, 1962). Hanssen-Bauer i Forland (1994) consideren que una sèrie temporal és homogènia si la mesura ha estat duta a terme amb el mateix mètode, el mateix instrument en bon estat, el mateix temps i lloc i amb el mateix entorn. Aquest supòsit pocs cops es compleix en estacions amb una longitud considerable. Les sèries homogènies són rares (Moberg i Alexandersson, 1997), però aquestes sèries es consideren essencials per fer estudis de fluctuacions i canvis climàtics (Hanssen-Bauer i Forland, 1994). Així, es pot dir que el primer pas en

l'estudi del canvi climàtic basat en registres climàtics llargs és, quasi inevitablement, aplicar un test d'homogeneïtzació a les seves dades (Alexandersson i Moberg, 1997).

Diverses són les causes que porten a etiquetar una sèrie temporal com a inhomogènia. La conseqüència de l'existència d'inhomogeneïtats en un registre pot donar lloc a dues manifestacions:

- canvi bruscat dels nivells mitjans
- canvi gradual (tendència) que s'incrementa en el temps

Quatre grans factors poden afectar l'homogeneïtat dels registres de les estacions (Mitchell, 1953; Jones *et al.*, 1986; Hanssen-Bauer i Forland, 1994):

- canvis d'instrumentació, exposició i tècniques de mesura
- canvis d'emplaçament (tant en alçada com en posició)
- canvis en el temps de l'observació i mètode utilitzat per calcular la mitjana mensual (tan sols per a temperatura)
- canvis a l'entorn, particularment el desenvolupament urbà

D'aquest conjunt de causes, el canvi de l'entorn produiria una tendència gradual artificial en les dades, mentre que la resta comportaria discontinuïtats.

Diferents tests d'homogeneïtzació de dades temporals han estat concebuts. En aquest estudi hem aplicat el test de Von Neumann. Aquest test ens informarà sobre la homogeneïtat de la sèrie, i podrem saber si la sèrie es pot considerar aleatòria o no. Per aleatorietat entenem quan, per la complexitat o quantitat de factors que en una sèrie intervenen, no permet la seva explícita descripció ni predicció matemàtica (Rodríguez Barrera, 1995). El test de Von Neumann està definit com la mitjana dels quocients entre els quadrats de les diferències de cada terme de la sèrie i el seu precedent (numerador) i la variància de la sèrie (denominador) (Martín Vide, 1997):

$$\delta = (1/N-1) * \sum (x_i - x_{i+1})^2 / \sigma^2$$

i una sèrie és homogènia quan el seu resultat s'apropa a 2.

Hi ha uns altres tipus de tests que es basen en determinar l'homogeneïtat d'una sèrie relativa a sèries d'estacions adjacents ja homogènies. La majoria d'aquests tests estan basats en l'assumpció que les inhomogeneïtats es faran aparents en examinar una diferència (temperatures) o ràtio (precipitació) entre la sèrie que es vol testar (sèrie candidata) i unes sèries de referència que es consideren homogènies (Peterson i Easterling, 1994). Un exemple és l'Standard Normal Homogeneity Test (SNHT), amb les seves diverses variants (vegeu Alexandersson, 1986; Hanssen-Bauer i Forland, 1994; Alexandersson i Moberg, 1997; Moberg i Alexandersson, 1997). Un test ideal seria aquell que fos capaç de detectar totes les inhomogeneïtats, caracteritzar-les correctament, estimar la seva grandària correcta i datar-les acuradament. No assignaria inhomogeneïtats on aquestes no existissin, hauria de ser objectiu, reproducible i automatitzat (Moberg i Alexandersson, 1997). Però els mateixos autors

afirmen que un test d'aquestes característiques encara no ha estat desenvolupat i que l'ideal seria no haver creat els problemes en un inici. Cap procediment pot reconstruir l'ideal.

Càlcul dels quintils

Tant l'Organització Meteorològica Mundial (OMM) com l'Institut Nacional de Meteorologia (INM) classifiquen els anys entre plujosos i secs tenint en compte els quintils (taula I). Els quintils són quatre: 20%, 40%, 60% i 80% de la distribució dels anys ordenats de menys a més precipitació.

TAULA I. DISTRIBUCIÓ DELS ANYS

Classificació dels anys	Quintils
Anys molt secs	Precipitació inferior al 1r quintil
Anys secs	Precipitació entre el 1r i el 2n quintil
Anys normals	Precipitació entre el 2n i el 3r quintil
Anys plujosos	Precipitació entre el 3r i el 4t quintil
Anys molt plujosos	Precipitació superior al 4t quintil

El càlcul dels quintils es fa segons l'equació següent:

$$J = (r * n) / 100$$

on J és la posició que ocuparà a la sèrie, r el quintil que busquem (20, 40, 60 o 80%) i n el nombre de dades. Si J no dona un número exacte, s'ha d'aplicar el següent càlcul:

$$x_j = (J - i) * (x_{i+1} - x_i)$$

on J és la posició trobada de l'anterior equació, i la posició entera anterior a J , x_i la precipitació a la posició i , x_{i+1} és la precipitació de la posició entera posterior a i . Finalment x_j és la xifra que s'ha de sumar a la precipitació de la posició i .

Càlcul de la pluja diària màxima probable

A partir de la precipitació màxima diària de tots els anys de la sèrie, es poden calcular les quantitats de pluja que previsiblement es poden produir en diferents períodes de temps. Utilitzarem la coneguda distribució de Gumbel, amb la qual podem arribar a saber les intensitats de la pluja en un interval de temps no superior a 24 hores. Els períodes de retorn que utilitzarem seran: 2, 5, 10, 25, 50 i 100 anys respectivament. El seu càlcul ve de les següents equacions:

$$x_i = X + (K * \sigma)$$

i

$$K = (Yt - Yn) / Sn$$

on X és la mitjana dels màxims diaris anuals de tota la sèrie, Y_n i S_n són la mitjana i la desviació típica de la variable reduïda per una sèrie d'anys i es troben tabulades tenint en compte el nombre de dades de la sèrie (en el nostre cas 86), Y_t és la variable reduïda per un període de retorn de t anys (2, 5, etc.) i σ és la desviació típica de la sèrie de màxims diaris anuals.

RESULTATS

Homogeneïtat de la sèrie

Aplicant el test de Von Neumann a les dades de l'estació meteorològica de Tivissa s'obté:

$$\begin{aligned} N &= 86 & \Sigma(x_i - x_{i+1})^2 &= 7905437,24 \\ \sigma^2 &= 46936,2599 & \delta &= 1,98152013 \end{aligned}$$

Com queda clar, el resultat s'aproxima a 2, i es pot considerar la sèrie com a homogènia. Les potencials discontinuïtats de la sèrie degudes als canvis d'emplaçament produïts al llarg de la història de l'estació (O. Saladié, 1999), no són suficientment significatives per afectar a la seva homogeneïtat.

La precipitació anual

Gran irregularitat temporal

Les precipitacions a tot l'àmbit mediterrani, i òbviament als registres de Tivissa, vénen caracteritzades per una gran irregularitat en les quantitats recollides en els diferents anys. La primera consideració a l'hora de parlar de la precipitació anual és veure quina és la precipitació mitjana anual a Tivissa. Com sabem, la mitjana és el quocient entre tots els valors del registre (en aquest cas en base anual) i el total d'aquests registres (86 per a Tivissa). La precipitació mitjana anual a Tivissa entre els anys 1912 i 1997 ha estat de 583,9 mm. El problema de la mitjana radica en el fet que és molt sensible als valors extrems, cosa que pot limitar la seva representativitat. Com es pot veure al gràfic de precipitació anual (fig. 1), trobem una notòria irregularitat temporal. Aquesta irregularitat és molt normal dins el clima mediterrani, on hi ha grans contrastos. En el cas de Tivissa l'any amb la precipitació màxima va ser el 1971, en què es van recollir un total de 1.251,7 mm. Per contra l'any 1924 la precipitació total va ser sols de 239,1 mm. Això dóna un rang o amplitud de més de 1.000 mm. Dir que la precipitació mitjana a Tivissa és de 583,9 mm, tenint aquests extrems, és molt relatiu.

Aquesta gran irregularitat de què parlàvem es veu reflectida en la seva desviació típica (σ), la qual ens indica la dispersió que existeix per terme mitjà entre tots els totals anuals de la precipitació i la seva mitjana. La seva utilitat rau en el fet que és més sensible que la mitjana als valors extrems de la sèrie. En el cas de Tivissa la desviació típica és de 216,35, que és una xifra molt alta. Tot i això, aquestes xifres altes són normals en la zona mediterrània, zona, com hem dit, amb molta irregularitat. López Bonillo (1980), en el

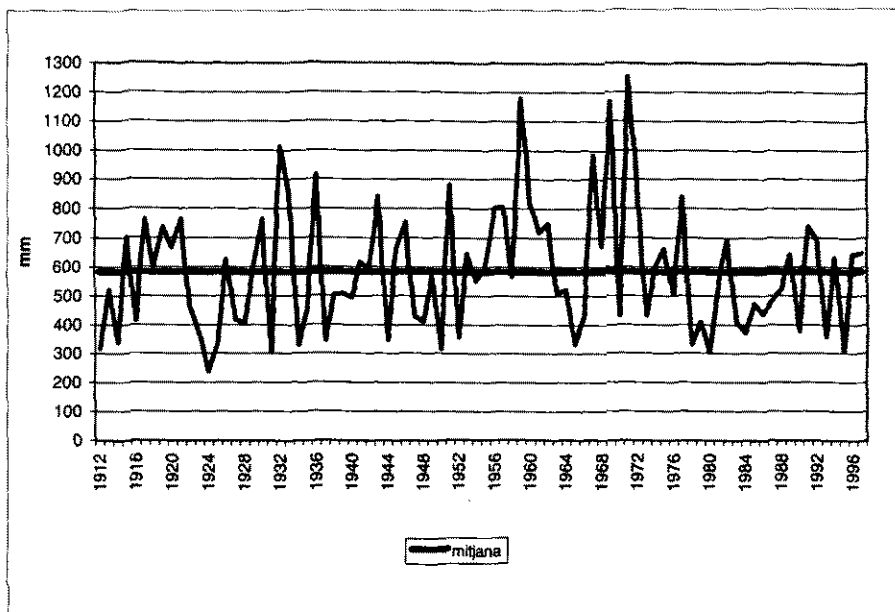


Fig. 1. Precipitació anual. Tivissa 1912-1997

seu estudi sobre les precipitacions al Camp de Tarragona, troba per a l'estació situada a la central nuclear de Vandellòs una desviació típica semblant (238,6), tot i que sols disposa de 10 anys de dades. Hierro i Sabaté (1995) troben per al període 1955-1985 a Flix una desviació típica de tan sols 117,41, ja que la màxima precipitació es dona el 1959 amb 602,5 mm, i la mínima es va registrar el 1980 amb només 130,1 mm.

Existeix una manera de comprovar la representativitat de la mitjana. D'acord amb les característiques de la distribució normal, la mitjana té una probabilitat del 95% de trobar-se entre $x \pm 2\sigma$. Per a un marge d'error (α) de 0,05, el valor de z a les taules és d'1,96. Així el nombre d'anys necessaris per tal que la mitjana sigui representativa ha de ser igual a:

$$N = (1,96 * \sigma) / (0,05 * X)$$

on X és la mitjana i σ la desviació típica de la sèrie respectivament. En el nostre cas el nombre d'anys necessaris (N) seria de 211,3 anys, xifra molt superior a la que disposem de registres; així doncs, podem utilitzar la mitjana per comparar-la amb la d'altres estacions, però és poc significativa per si sola.

El coeficient més utilitzat per comparar sèries pluviomètriques de diferents estacions o entre dades d'una mateixa estació és el coeficient de variació (CV). Aquest coeficient compara la desviació típica amb la mitjana, generalment en percentatges. En el cas de Tivissa el coeficient de variació és del 36,57%. Marzol (1988), fent referència a un estudi fet per Uriarte (1983), posa

un valor del coeficient de variació del 15% com a límit entre els climes de la costa atlàntica europea i els climes subtropicals. La nostra zona mediterrània supera clarament aquest 15%, però no arriba, ni de lluny, als valors trobats per Marzol (1988) en el seu estudi sobre la precipitació a les Canàries.

A continuació hem construït l'histograma de freqüències (fig. 2). Els anys han estat agrupats en 6 intervals iguals. L'interval on trobem més anys és el d'entre 500 i 750 mm (39,54%), però seguit de molt a prop per l'interval anterior, amb un 38,37%. En total més de tres quartes parts dels anys es troben situats entre 250 i 750 mm, i hem dit que la mitjana anual és de 583'39 mm, xifra que se situa a l'inici de l'interval 500-750. Residuals són les dades extremes, tant de precipitació mínima com de precipitació màxima.

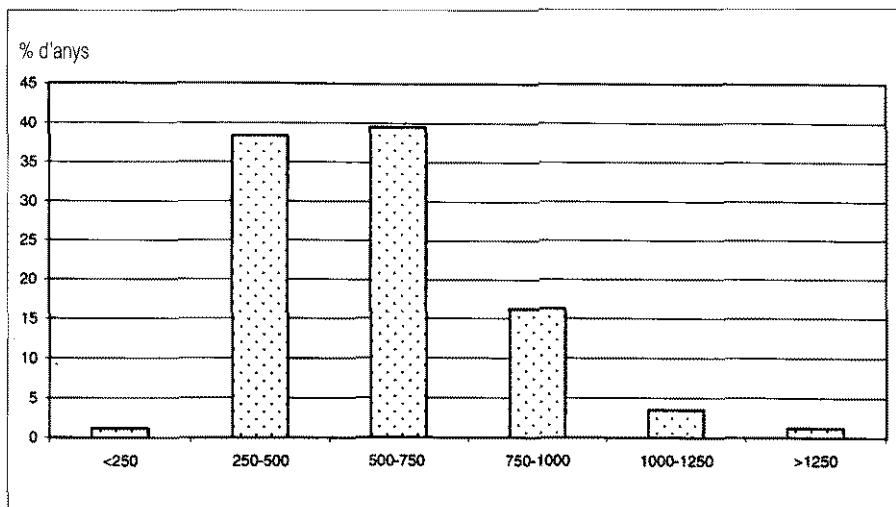


Fig. 2. Histograma de freqüències de la precipitació anual. Tivissa 1912-1997

Anys plujosos i anys secs

A continuació hem calculat els quintils dels registres de precipitació de Tivissa. Apliquem les nostres dades ($n = 86$ anys) a les equacions descrites a l'apartat de Mètodes i obtenim:

$$1r \text{ quintil: } J = 17,2 \qquad 2n \text{ quintil: } J = 34,4$$

$$3r \text{ quintil: } J = 51,6 \qquad 4t \text{ quintil: } J = 68,8$$

La xifra que s'ha de sumar a la precipitació de la posició entera i és:

$$x_j (20\%) = 1,14 \qquad x_j (40\%) = 3,64$$

$$x_j (60\%) = 6,06 \qquad x_j (80\%) = 2,16$$

Sumem aquests resultats a la precipitació de la posició 17, 34, 51 i 68 respectivament i tindrem que la classificació de la precipitació anual a Tivissa tenint en compte els quintils serà la de la taula II.

TAULA II. DISTRIBUCIÓ DELS ANYS A TIVISSA

<i>Classificació dels anys</i>	<i>Precipitació</i>
Anys molt secs	< 372,74 mm
Anys secs	372,74 - 497,64 mm
Anys normals	497,64 - 621,46 mm
Anys plujosos	621,46 - 751,66 mm
Anys molt plujosos	> 751,66 mm

A la taula III es troben agrupats els anys de les dades de Tivissa tenint en compte aquests intervals.

TAULA III. DISTRIBUCIÓ ANUAL

<i>Classificació anys</i>	<i>Anys</i>
Molt secs	1912, 1914, 1923, 1924, 1925, 1931, 1934, 1937, 1944, 1950, 1952, 1965, 1978, 1980, 1984, 1993 i 1995
Secs	1916, 1922, 1927, 1928, 1935, 1940, 1947, 1948, 1966, 1970, 1973, 1979, 1983, 1985, 1986, 1987 i 1990
Normals	1913, 1918, 1929, 1938, 1939, 1941, 1942, 1949, 1954, 1955, 1958, 1963, 1964, 1974, 1976, 1981 i 1988
Plujosos	1915, 1919, 1920, 1926, 1945, 1953, 1961, 1962, 1968, 1975, 1982, 1989, 1991, 1992, 1994, 1996 i 1997
Molt plujosos	1917, 1921, 1930, 1932, 1933, 1936, 1943, 1946, 1951, 1956, 1957, 1959, 1960, 1967, 1969, 1971, 1972 i 1977

Com es pot observar, tenim anys de tot tipus al llarg del període estudiat. A la figura 3 trobem la distribució dels anys per dècades, classificats en tres grups: anys secs i molt secs (<497,64 mm), anys normals (497,64 - 621,46 mm) i anys plujosos i molt plujosos (>621,46 mm). Podem observar com hi ha una

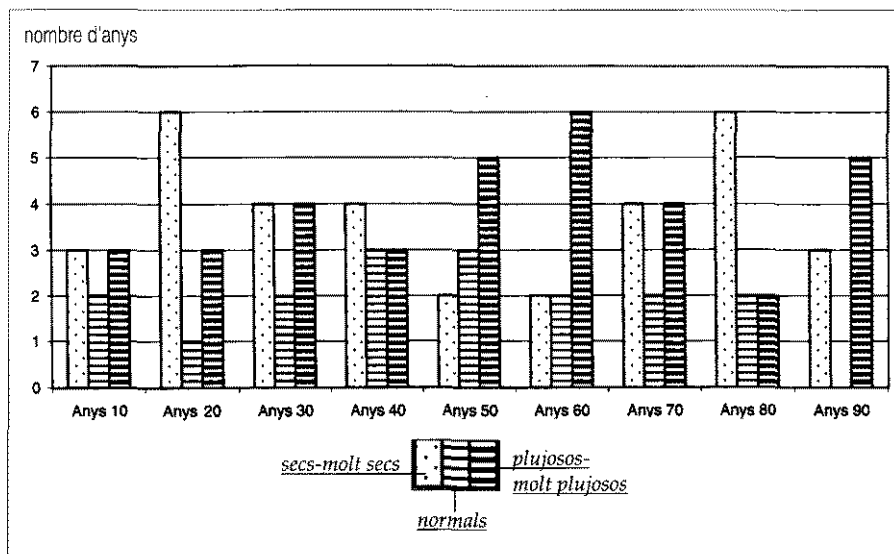


Fig. 3. Distribució dels anys de cada dècada segons la precipitació registrada

sèrie de dècades (anys 10, 30, 40 i 70) en què el nombre d'anys plujosos com el de secs s'igualava. Per contra trobem unes dècades amb un predomini dels anys secs o molt secs (anys 20 i anys 80). Finalment les dècades amb predomini dels anys plujosos o molt plujosos són les dels anys 50, 60 i 90 (recordem que l'estudi finalitza l'any 1997 i que, tot i haver-hi un predomini dels anys plujosos-molt plujosos a la dècada dels 90, no hi ha hagut cap any considerat molt plujós). El problema de la classificació segons els quintils és que no té en compte ni la freqüència ni la distribució de les precipitacions. Així ens podem trobar amb anys considerats plujosos que tenen la pluja concentrada en pocs mesos i, al contrari, anys considerats secs però que han tingut la precipitació molt distribuïda al llarg de l'any.

Evolució de la precipitació anual a Tivissa

A la figura 4 hem afegit a les dades de precipitació la seva recta de tendència. Com es pot veure, hi ha una lleugera tendència cap a un augment. Quantifiquem el seu pendent i obtenim un total de +0,39 mm. Però donar aquesta xifra és molt relatiu i fins i tot perillós. Només observant el gràfic es veu com la tendència a l'augment és important fins a inicis dels anys 70. Hem dit que el major nombre d'anys qualificats com plujosos o molt plujosos es donen als anys 50 i 60. Per contra a partir dels anys 70 trobem una preponderància dels anys poc plujosos (finals anys 70 i anys 80). Dividim la sèrie en tres subseccions (1912-1949; 1950-1972; 1973-1997) i calculem les seves respectives mitjanes. Hem agafat aquests períodes a partir de l'anàlisi visual (subjectiva) de la figura 1, on es veuen tres subperíodes diferenciats:

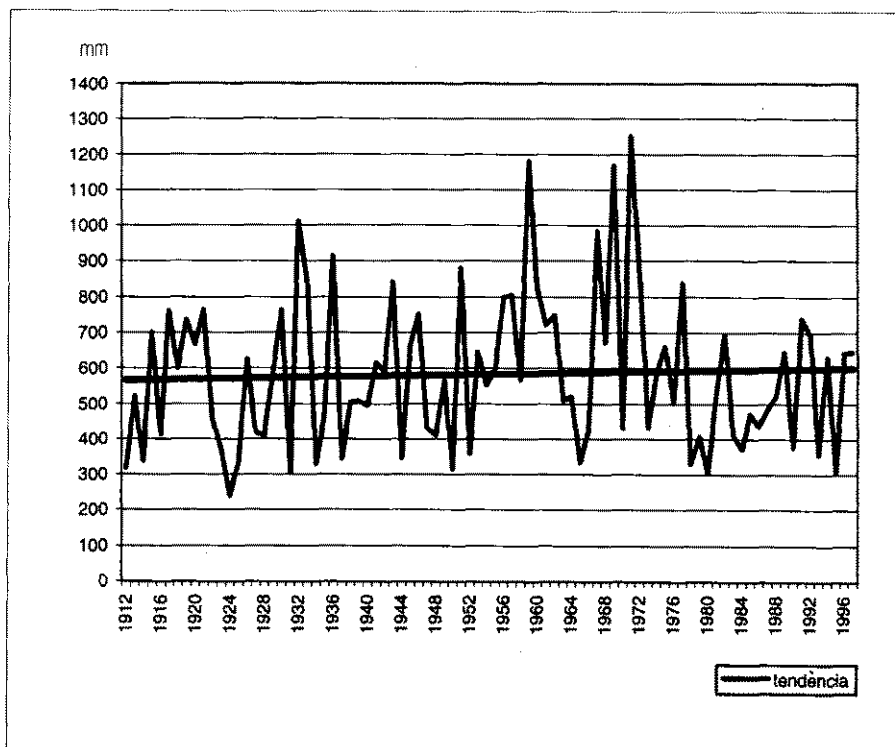


Fig. 4. Tendència de la precipitació. Tivissa 1912-1997

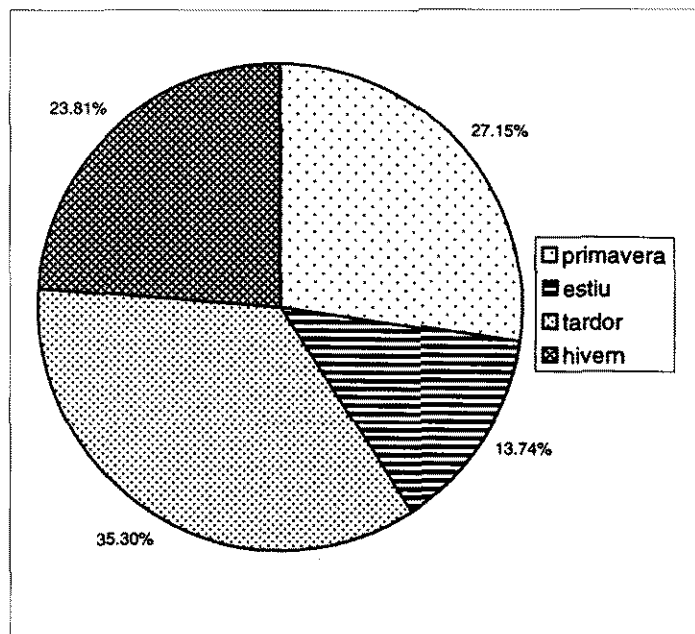
- en el primer període la mitjana és de 545 mm; hi ha tant anys secs com plujosos

- en el segon període és quan trobem un salt important en la quantitat de les precipitacions; hem comentat que als anys 50 i 60 hi predominen els anys considerats plujosos o molt plujosos (màxims de la sèrie); també n'hi ha de secs, però són mínims; la mitjana d'aquest període ho deixa tot molt clar: 720 mm.

- per contra, en el tercer període trobem un predomini dels anys poc plujosos, igual que a finals dels 70 o quasi tota la dècada dels 80, anys que van portar tota una sèrie de problemes i restriccions d'aigua arreu de l'Estat; pocs d'aquests anys superen la mitjana del període sencer; tot i això, la seva mitjana no és gaire menor a la del primer període, arribant als 521 mm.

En definitiva, creiem que el pendent positiu (+0,39 mm), mínim però positiu, vindrà donat per les precipitacions importants donades durant el segon període (1950-1972), ja que queda clar que durant el tercer període (anys més recents), les precipitacions anuals són en conjunt menors. Tot i això, aquesta disminució durant el tercer període estaria modulada si comparéssim les seves dades amb les del primer període que, tot i tenir quantitats majors, tampoc són tan superiors a les actuals.

Fig. 5.
Distribució en %
de la precipitació
estacional.
Tivissa
1912-1997



El règim estacional

A la nostra zona d'estudi s'hi detecta un predomini de pluges a la tardor, durant la qual es dona una precipitació mitjana de 205,93 mm. La segona estació amb pluviometria és la primavera, amb 158,38 mm de mitjana. L'hivern dona 138,9 mm de mitjana, mentre que l'estació més seca és l'estiu, amb tan sols 80,17 mm. A la figura 5 mostrem en percentatges la importància de cada estació respecte al total anual. La tardor supera el 35% de la precipitació anual, i estan molt igualats els valors de la primavera i l'hivern (27,15% i 23'81% respectivament), mentre que l'estiu no arriba al 14%.

La tardor

Com hem dit la tardor representa el màxim estacional de l'any. Amb ella trobem l'inici del retrocés cap al sud del cinturó d'altres pressions subtropicals i la represa de la circulació meridiana, amb la intensificació de la circulació zonal. Descobrim trets propis de l'estiu i caràcters que anticipen l'hivern (Brunet, 1982). La presència d'un mar càlid fa que, en contacte amb l'aire més fred, provoqui precipitacions importants. Tot i això, observem una irregularitat temporal i espacial important. La mitjana de precipitació a la tardor és de 205,93 mm, però enfront a aquesta dada mitjana trobem el màxim de 763,4 mm (més de la mitjana total anual) la tardor de 1967 i el mínim de 16,8 mm de la tardor de 1950. La seva desviació típica és de 138,27 mm, mentre que el coeficient de variació és del 67,15%.

La primavera

Durant la primavera es produeix el segon màxim anual. Durant aquesta estació s'arriba a la màxima influència de la circulació meridiana de l'aire, i es produeixen freqüents invasions d'aire fred que inestabilitzen l'atmosfera (Brunet, 1982). La mitjana d'aquesta estació a Tivissa és de 158,38 mm i la seva irregularitat és menys acusada; així, el seu màxim es va donar l'any 1969 amb un total de 490,5 mm, mentre que el mínim se situa l'any 1983 en 21,7 mm. La seva desviació típica és de 101,34 mm i el seu coeficient de variació és del 63,98%, inferiors tots dos als de la tardor.

L'hivern

Durant l'hivern el retrocés cap al sud de les altes pressions subtropicals arriba a la seva posició més meridional, cosa que implica el descens en latitud de la circulació ciclònica septentrional; es desplaça també el *Jet Stream* (corrent en raig), que es localitza sobre el paral·lel 45° N. També es dona la major intensitat de la circulació zonal de l'oest (Brunet, 1982). Però, per l'efecte barrera que fan les terres peninsulars, els efectes a la nostra àrea són modificats, i no reben les seves influències directament.

A Tivissa la mitjana de l'hivern és de 138,9 mm. La seva desviació típica és menor que la de les dues estacions anteriors, de 90,12 mm. Tot i això, el seu coeficient de variació és similar al de la tardor i primavera (64,88%). El seu màxim el trobem l'any 1917 amb 449,2 mm, mentre que el mínim es va donar el 1937 amb tan sols 9,2.

L'estiu

Durant l'estiu es dona un domini de les altes pressions subtropicals, les quals se situen en la seva posició més septentrional, mentre que la circulació ciclònica es troba a les latituds altes. En aquest període predominen els temps anticiclònics i els pantans baromètrics (Brunet, 1982). Això provoca una precipitació escassa, però aquesta precipitació és de caràcter tempestuós.

A Tivissa es dona una precipitació mitjana de 80,17 mm. El seu màxim es va detectar l'any 1937 amb 345,9 mm, i el seu mínim el trobem el fatídic estiu de l'any 1994 (1,5 mm), any en què durant l'estiu es va produir una onada d'incendis forestals que van assolir gran quantitat d'hectàrees a Catalunya. La irregularitat de l'estiu ve donada pel caràcter tempestuós que acostumen a tenir les precipitacions. Durant l'estiu trobem la desviació típica més baixa (64,13 mm), mentre que tenim el coeficient de variació més alt amb un 79,99% (s'ha de recordar que el coeficient de variació és el quocient entre la desviació típica i la mitjana i, tot i tenir una desviació típica baixa, la mitjana també és molt baixa).

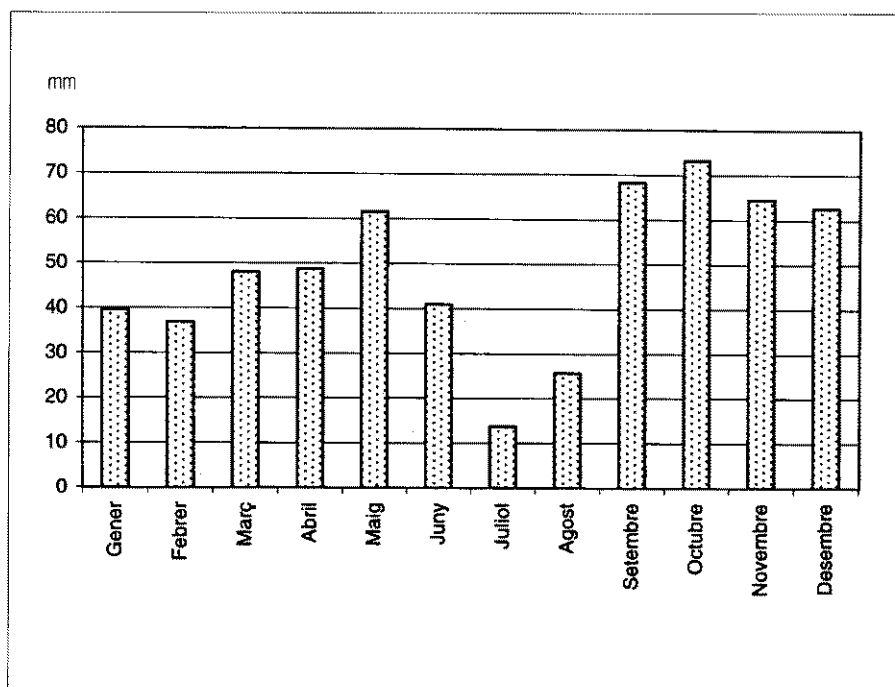


Fig. 6. Precipitació mitjana mensual. Tivissa 1912-1997

El règim mensual

Tal com s'observa a la figura 6, el mes amb una precipitació mitjana major és l'octubre, amb un total de 73,21 mm. El segueixen com a segon i tercer màxims els altres dos mesos de la tardor. Així tenim el setembre que supera els 68 mm i el novembre que per poc no arriba als 65. La segona estació en importància és la primavera però, per contra, el següent mes amb major precipitació, després dels mesos de la tardor, és el desembre (62,61 mm). Però a la resta dels mesos d'hivern la precipitació no és gaire abundant (gener, 39,56; febrer, 36,74 mm), fins i tot amb xifres inferiors a les del primer mes d'estiu (juny, 40,88 mm). Això fa que el total hivernal sigui menor que el de la primavera, on a la important precipitació del maig (61,58 mm) cal afegir-hi les del març i l'abril (48,04 i 48,76 mm, respectivament). El mínim el trobem als restants mesos d'estiu. Mentre l'agost amb prou feines supera els 25 mm, el juliol queda com el mes més sec amb sols 13,68 mm de mitjana. Cal tornar a fer esment que parlar de la mitjana és molt relatiu, ja que dins d'ella trobem extrems molt contrastats, cosa normal en la precipitació de la nostra zona.

Les seves desviacions típiques varien des dels 88,01 del novembre als 26,62 de l'agost. Per contra els coeficients de variació es mouen entre el 206,42% del juliol i el 85,87% del maig. El mes amb la precipitació més elevada de la

sèrie va ser el novembre de 1967 amb un total de 666,5 mm. Tots els mesos han tingut anys amb precipitació nul·la excepte l'abril i el maig, en què, tot i no ser nul·la, van ser precipitacions mínimes (1,7 el 1947 i 1,8 mm el 1924, respectivament).

La precipitació diària

Disposem de dades de la precipitació diària a partir del mes de juliol de 1947. Sí que disposem per al període complet (1912-1997) dels dies de precipitació (neu o pluja) i dels màxims diaris anuals. En parlar de la precipitació diària entenem aquella precipitació recollida en un període de 24 hores i que superi els 0,1 mm (quan aquesta no supera aquesta xifra es parla de precipitació inapreciable).

Dies de pluja

El nombre de dies amb pluja superior a 0,1 mm registrats a l'observatori de Tivissa ha estat en aquests 86 anys de 4.846, que donen una mitjana de 56,3 dies a l'any. A la figura 7 tenim l'evolució dels dies de pluja amb precipitació superior a 0,1 mm. S'observa clarament una tendència al descens en el seu nombre. Aquí també trobem una gran irregularitat, que va dels 97 dies que es van registrar el 1936 fins als 27 de 1965 (l'any 1993 sols enregistra 23 dies de pluja superior a 0,1 mm, però no disposem de les dades de dos mesos).

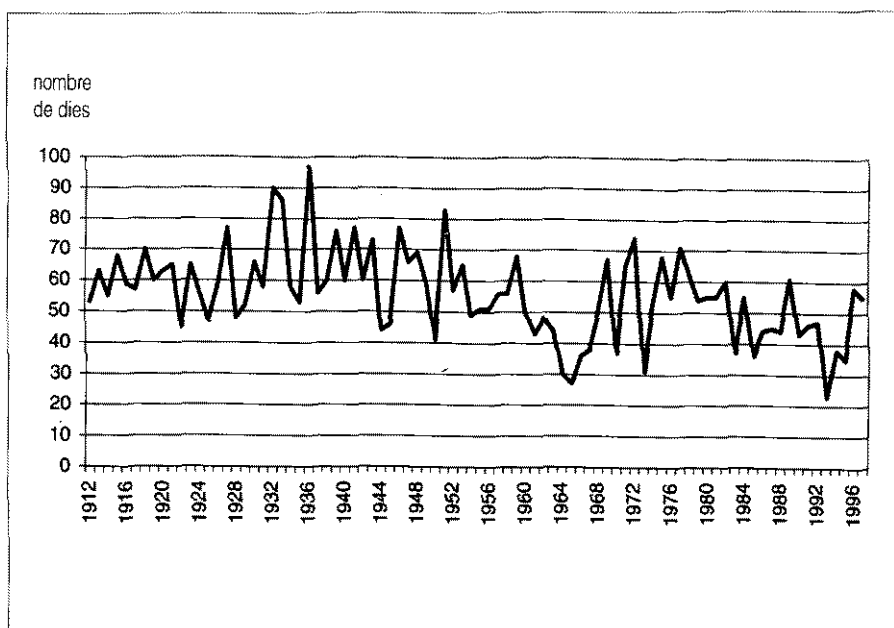
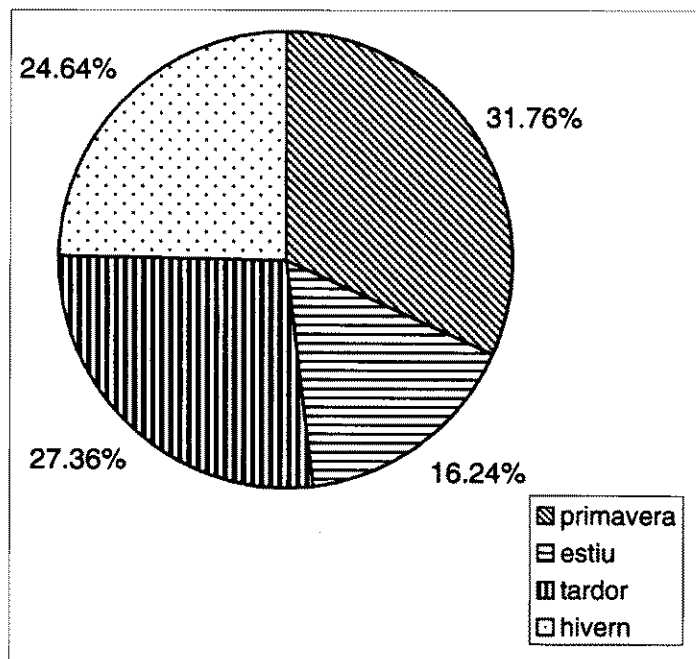


Fig. 7. Dies de pluja (>0,1 mm). Tivissa 1912-1997

Fig. 8.
Distribució
estacional del
nombre de dies
de precipitació.
Tivissa
1912-1997



Pel que fa a la seva distribució estacional, en la figura 8 es veu el predomini de la primavera, que representa de mitjana el 31,76% dels dies de pluja anuals. A la tardor li correspon el 27,36%, l'hivern no arriba al 25% i l'estiu amb prou feines supera el 16,24%. Comparant aquestes dades amb els percentatges estacionals de precipitació registrada s'observa com, mentre en el cas de la precipitació la tardor ocupa destacada la primera posició amb el 35'3%, en el nombre de dies amb pluja tan sols representa el 27,36%. Cas contrari passa amb la primavera que, de tenir el 27,15% de la pluja recollida, passa a tenir quasi el 32% dels dies de precipitació. L'hivern presenta xifres similars (23,81 i 24,64% respectivament). L'estiu també presenta un augment de la representativitat de la pluja recollida respecte al nombre de dies amb pluja.

Si fem el mateix però mensualment es veu aquesta situació. En la figura 9 es veu com els mesos de primavera tenen els màxims anuals (el maig representa el 11,76% anual). Per contra els mesos de tardor que tenien els màxims en pluja recollida passen a un segon terme (el novembre té el 9,49%). Els mesos d'hivern i estiu tenen una gran similitud amb les dades de precipitació.

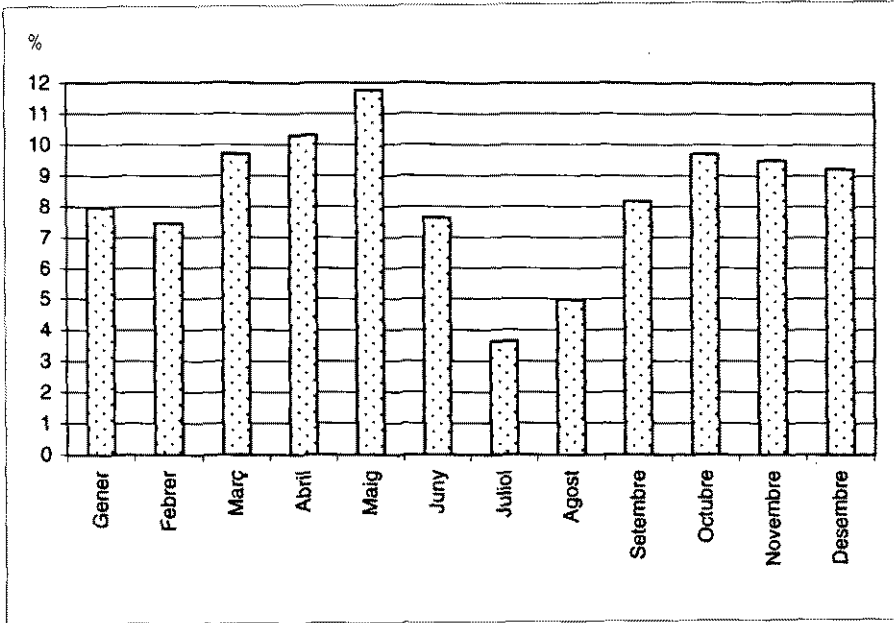


Fig. 9. Distribució mensual dels dies de precipitació

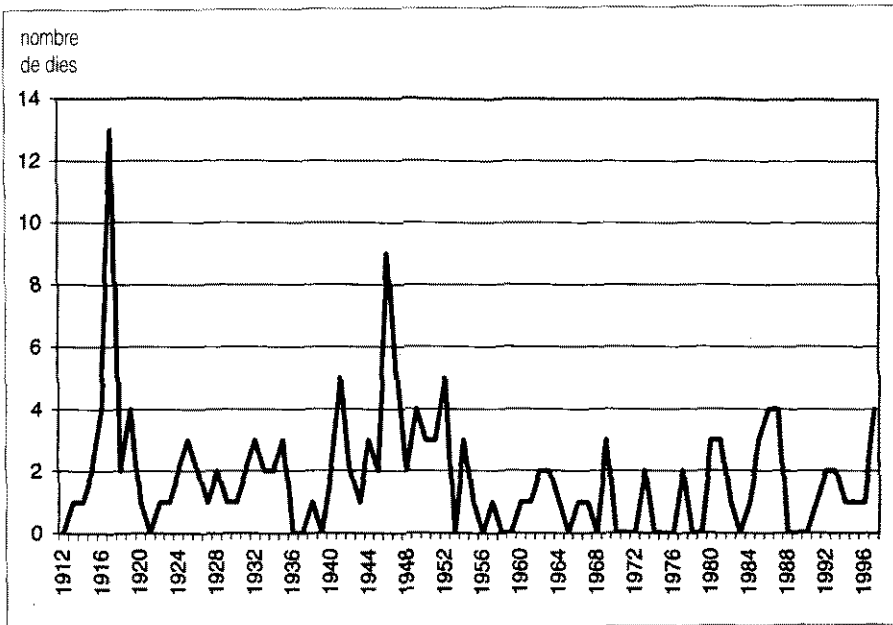


Fig. 10. Dies de neu. Tivissa 1912-1997

Dies de neu

L'observatori de Tivissa ha registrat un total de 153 dies de neu en el nostre període d'estudi, amb una mitjana d'1,8 dies l'any. L'any amb un nombre de dies major va ser el 1917 amb 13 dies (fig. 10). Sols en cinc anys de tota la sèrie s'han superat els 4 dies de neu anuals. Durant els altres 82 anys les xifres no han superat els 4 dies registrats l'any 1997. Amb això es podria arribar a la conclusió que no s'ha produït un descens en el nombre de dies de nevades, sinó que s'ha produït un augment en el nombre d'anys en què no es produeix cap nevada. Dels 23 anys en què no s'ha produït cap nevada, tan sols 5 són abans del 1952 (darrer any en què s'arriba als 5 dies de neu). Però també s'ha de dir que els 13 dies de neu de l'any 1917 o els 9 dies de l'any 1946 són excepcionals.

Estacionalment hi ha un predomini absolut de les nevades a l'hivern, que amb els seus 124 dies representa un 81,1% del total de la sèrie. La primavera, amb un total de 23 dies, representa el 15%. Finalment tenim la tardor amb tan sols 6 dies de neu durant tot el període, cosa que significa el 3,9% del total. La figura 11 mostra la seva distribució mensual. En ella veiem com els tres mesos de l'hivern tenen el major nombre de dies de neu; el seu mes central, el gener, és el capdavanter amb 58 dies, seguit pel desembre amb 35 i el febrer amb 31. El següent mes en importància és el primer mes de la primavera, el març, amb 20 dies (inici de març). La resta de dies de neu es reparteixen entre els 6 del novembre (finals de mes) i, ja com a molt excepcionals, els 3 dies del mes d'abril.

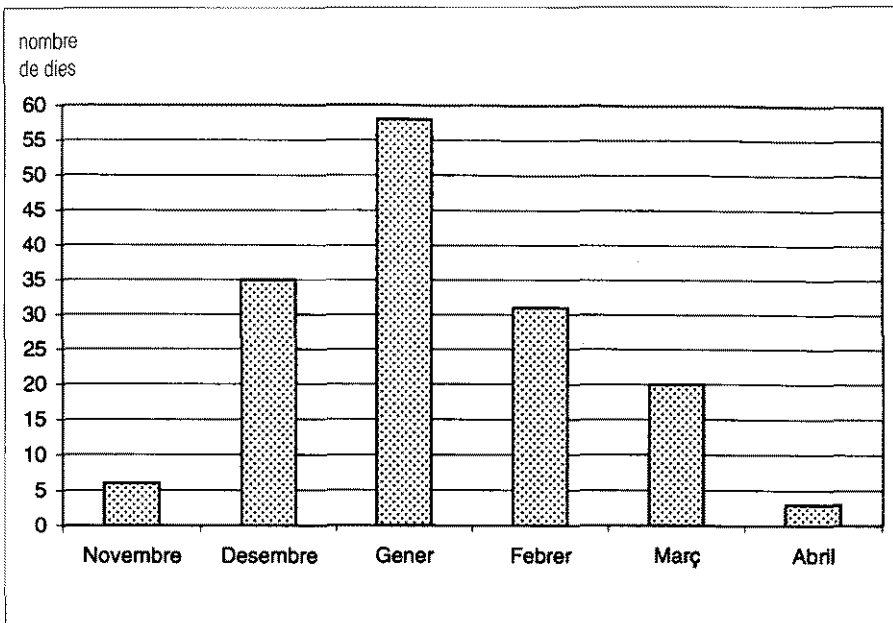


Fig. 11. Distribució mensual dels dies de neu. Tivissa 1912-1997

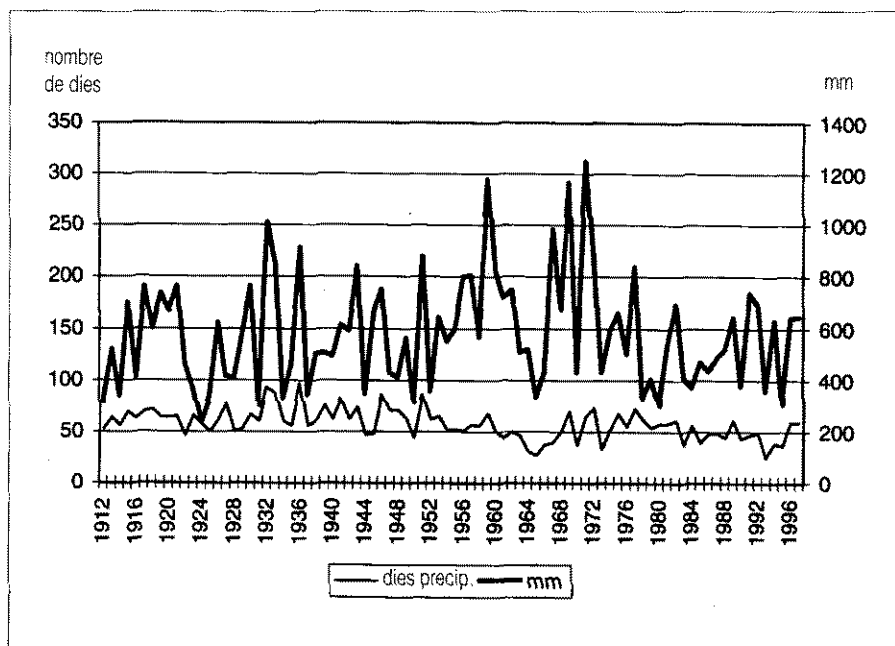


Fig. 12. Comparació dels dies de precipitació i la precipitació registrada

Correlació entre dies de precipitació i precipitació registrada

A la figura 12 hem afegit a les precipitacions totals anuals les dades del nombre de dies de precipitació apreciable. El resultat mostra en un primer cop d'ull que no hi ha una bona relació entre nombre de dies de precipitació i quantitat registrada. Calculem el coeficient de correlació entre les dues variables (nombre de dies i precipitació), i veiem que ens dona 0,44, un valor efectivament baix.

Precipitacions més importants

En primer lloc cal fer notar que treballem amb dades de quantitats diàries. Quan diem que en un determinat dia va caure una certa quantitat de litres, no sabem si va estar plovent tot el dia o bé la precipitació va quedar reduïda a un nombre concret d'hores o fins i tot de minuts. La figura 13 mostra l'evolució de les precipitacions diàries superiors a 50 mm per al període 1948-1996. La mitjana anual durant aquest període és de 2,3 dies. Es pot veure un cert descens en el seu nombre, i podem arribar a la conclusió, tot i que amb certes reserves, que les majors precipitacions registrades als anys 50 i 60 vénen donades en part per la importància d'aquestes pluges intenses. Les precipitacions diàries superiors a 100 mm durant el període 1948-1997 donen una mitjana de 0,4 dies a l'any.

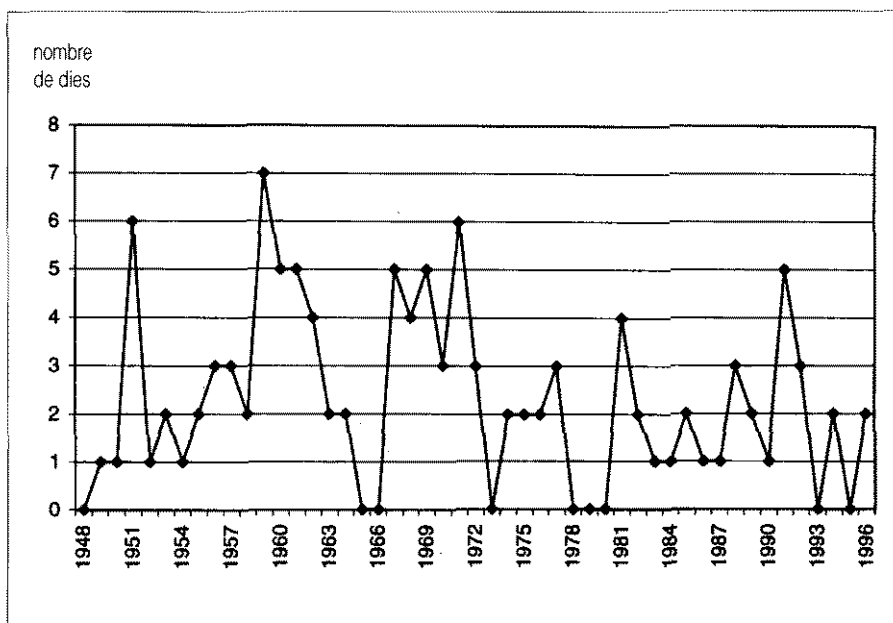


Fig. 13. Dies amb pluja >50 mm. Tivissa 1948-1996

Disposem per a tot el període sencer de la precipitació diària màxima de cada any. El màxim el tenim el novembre de 1945: el dia 19 d'aquell mes es recolliren un total de 222,4 mm. Altres precipitacions diàries a destacar són els 176 mm del 29 de setembre de 1971 o els 171,5 mm del 9 de novembre de 1967. En les dades anteriors al 1948, a excepció d'aquest màxim de 1945, no hi ha cap any en què algun dia superi els 150 mm. Els mesos de setembre i octubre tenen el més gran nombre d'anys en què es va produir la precipitació diària màxima, amb un total de 16 cada un, mentre que el novembre en presenta 9.

Als mesos de setembre i octubre els segueix el desembre amb 14 anys. En canvi els altres dos mesos hivernals no superen els 3 anys. Els mesos de primavera tenen el nombre d'anys repartits, que van dels 8 del mes de maig als 4 d'abril, passant pels 6 del març. Finalment tenim l'estiu: 4 per al juny, 2 per al juliol i tan sols 1 any per a l'agost.

Pluja diària màxima probable en diferents períodes de retorn

En el càlcul dels períodes de retorn per a Tivissa hem obtingut una mitjana dels màxims diaris anuals de 81,5 mm, amb una desviació típica de 40,2. Y_n i S_n per a un període de 86 anys són 0,5580 i 1,1980, respectivament. Finalment Y_n dona els següents valors:

per a $t = 2$, llavors $Yt = 0,3665$ per a $t = 5$, llavors $Yt = 1,4999$
per a $t = 10$, llavors $Yt = 2,2504$ per a $t = 25$, llavors $Yt = 3,1986$
per a $t = 50$, llavors $Yt = 3,9019$ per a $t = 100$, llavors $Yt = 4,6002$

Substituïm tots aquests valors a l'equació definida a l'apartat de Mètodes i els resultats apareixen a la taula IV.

TAULA IV: PRECIPITACIÓ ESPERADA SEGONS PERÍODE DE RETORN

<i>Període de retorn (anys)</i>	<i>Precipitació esperada (mm)</i>
2	75,1
5	113,1
10	138,3
25	170,1
50	193,7
100	217,1

Tenint en compte aquests resultats i per a tota la sèrie, tenim la probabilitat de trobar cada dos anys precipitacions diàries superiors a 75 mm. Si mirem en els 10 darrers anys, en cinc s'ha arribat a aquesta quantitat. A partir de 5 anys les pluges poden superar els 100 mm. Se superen els 200 mm en un període de retorn de 100 anys.

DISCUSSIÓ

Ha quedat molt clar que a l'hora de fer un estudi sobre l'evolució d'un element del clima no és vàlid qualsevol registre. Dos són els requisits fonamentals:

- suficient longitud en el temps
- qualitat contrastada (poques llacunes i homogeneïtat)

La sèrie de Tivissa compleix aquests dos requisits. Tenim dades suficients (86 anys), les llacunes són mínimes (les hem resolt mitjançant correlació lineal) i l'aplicació del test d'homogeneïtat de Von Neumann ens confirma la seva validesa.

Les precipitacions dins l'àmbit mediterrani es caracteritzen per la seva irregularitat, tant en el temps com en l'espai. Aquesta irregularitat queda clara en el cas de Tivissa. La seva gran amplitud (més de 1.200 mm l'any 1971, i no s'arribà als 250 mm l'any 1924), fa que els 583,9 mm de mitjana no siguin gaire representatius ni significatius. Això provoca una desviació típica (σ) molt gran (216,35). Però, tot i aquesta gran amplitud, quasi en un 78% dels anys les precipitacions van estar compreses entre els 250 i els 750 mm.

A l'hora de classificar els anys segons la seva precipitació, hem utilitzat el mètode dels quintils. Amb ells hem fet la distribució dels anys en molt secs, secs, normals, plujosos i molt plujosos. Els resultats demostren que trobem anys de tota manera durant tot el període, però queden com a anys secs els corresponents a la dècada dels 20 i dels 80, mentre que serien anys plujosos els de la dècada dels 50 i dels 60.

Calculada la tendència de les precipitacions, aquesta ens indica un lleuger augment de +0,39 mm, tot i que hem d'agafar amb pinces aquesta dada. Aquesta tendència positiva és deguda al fet que les grans quantitats recollides durant els anys centrals (anys 50 i 60) van provocar una tendència a l'augment tan important que, tot i el descens actual, la tendència global surt encara positiva. En dividir el registre en tres subseccions (1912-1949; 1950-1972; 1973-1997), es veuen clarament tres períodes diferenciats, tots ells amb alts i baixos. El període central és, en conjunt, el de les precipitacions màximes; per contra, el darrer és, en conjunt, el de les mínimes, i el període inicial (tot i enregistrar l'any 1924 la precipitació mínima de tota la sèrie) queda entremig dels dos anteriors.



Estació meteorològica de Tivissa, a l'actual emplaçament

Pel que fa al règim estacional, tal i com és típic a la zona mediterrània, trobem un predomini de la tardor amb més del 35% del total. Per contra, l'estiu no arriba al 14%, i és l'estació seca per excel·lència a la nostra zona. Aquest predomini de la tardor queda confirmat quan baixem a escala mensual, on els tres mesos de tardor ocupen els tres primers llocs, superant tots tres l'11% del total anual. Per contra l'agost no arriba al 5% i el juliol (mes amb la menor precipitació mitjana) no supera el 2,5%. Els mesos de primavera i hivern queden en una situació intermèdia.

El nombre de dies de pluja apreciable ($>0'1$ mm) presenta una evolució negativa, però la seva irregularitat és important. Al contrari que amb la precipitació recollida, el nombre de dies té el seu màxim a la primavera, mentre que la tardor queda en un segon lloc. La conclusió a què s'arriba és que, tot i que els dies amb pluja són menors a la tardor, aquestes pluges donen més quantitat recollida. Per contra les pluges de la primavera, tot i haver-n'hi més, són normalment més moderades. A l'estiu trobem pocs dies amb pluja, però acostumen a ser pluges tempestuoses, cosa que fa pujar el seu percentatge. Mensualment el màxim el tenim als mesos de primavera; el maig és el màxim (11,76% anual de mitjana).

La neu té una mitjana d'1,8 dies anuals. Hi ha un augment dels anys sense cap nevada, però també es veu clar que els anys amb més de 4 dies de neu són excepcionals. L'hivern s'emporta (òbviamment) la major part de les nevades amb un 81,1%.

Hem fet la correlació entre els dies de pluja i la pluja registrada. El resultat és una correlació força baixa, de 0,44. Aquest resultat és conseqüència de la irregularitat de les precipitacions a la nostra zona (sobretot a la tardor i a l'estiu). Podem trobar anys amb pocs dies de precipitacions, però que poden registrar quantitats elevades. Per contra, podem trobar anys amb molts dies de precipitació però amb quantitats baixes.

Les pluges iguals o superiors a 50 mm tenen 2,3 dies de mitjana anual (1948-1997). Es pot veure un cert descens en la seva evolució. La màxima precipitació en 24 hores recollida a l'estació de Tivissa es va produir el 19 de novembre de 1945 amb uns extraordinaris 222,4 mm. Però, a excepció d'aquesta data, en els anys anteriors a 1948 no s'ha enregistrat cap precipitació diària que superés els 150 mm.

Finalment, hem calculat els períodes de retorn de la pluja màxima probable, on veiem com tan sols en un període de 2 anys podem trobar una precipitació diària màxima esperada superior als 75 mm, i se superen els 100 mm en un període de retorn de 5 anys, i els 200 mm en un període de 100 anys. S'ha de tenir en compte que el resultat obtingut per al període de 100 anys serà tan sols indicatiu del que es pot esperar, ja que el nombre d'anys de la nostra sèrie és inferior a 100. Però en el nostre cas ens dona una precipitació inferior a la que realment es va produir com a màxim el 19 de novembre de 1945. Gil i col·laboradors (1995), en un treball sobre valors màxims anuals de la precipitació diària a Màlaga, es troben amb el mateix resultat, i conside-

ren que això és causat pel fet que és un màxim molt extrem i, com ja hem dit, estem parlant de previsibilitat. La irregularitat de les precipitacions en l'àmbit mediterrani dona lloc a la freqüent aparició de quantitats elevades, com les previstes en el cas de Tivissa.

La precipitació és un element del clima molt irregular, irregularitat que augmenta en l'àmbit mediterrani. Aquesta irregularitat impossibilita fer una anàlisi segura de la seva evolució global. En el nostre cas queda clar: amb tots els matisos que hem esmentat durant el desenvolupament del treball i en la discussió, podem afirmar que en els darrers anys s'ha produït un descens de la precipitació, però també s'ha de dir que els màxims els trobem en els anys centrals de la sèrie (anys 50 i 60), mentre que els registres dels anys anteriors són inferiors. En tota la sèrie trobem anys secs i les precipitacions extraordinàries no són més importants que abans en xifres absolutes, tal vegada sí en xifres relatives.

AGRAÏMENTS

El nostre agraïment al Sr. Adolf Brull i Monner, actual observador de l'estació meteorològica de Tivissa (més de 48 anys essent l'observador), per haver-nos permès l'accés al banc de dades, i facilitar-nos al màxim la tasca de recopilació dels registres. També volem donar les gràcies a Jaume Martí i a Joaquim Vernet, els quals van estar a la meva disposició quan vaig tenir algun dubte sobre les dades o bé vaig demanar informació que desconeixia de la història i el funcionament de l'estació.

BIBLIOGRAFIA

ALEXANDERSSON, H. (1986): "A homogeneity test applied to precipitation data". *International Journal of Climatology*, 6: 661-675.

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.

BRUNET, M. (1982): "La aplicación del método sinóptico al análisis de las situaciones de precipitación en el Camp de Tarragona". *Tarraco, cuadernos de Geografía*, 3: 165-183.

CONRAD, V. i POLLAK, C. (1962): *Methods in Climatology*, Harvard University Press. Cambridge, MA.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1995): *Manual de climatología aplicada*, Síntesis, Col. Espacios y Sociedades. Madrid.

GIL, D. *et al.* (1995): "Estudio estadístico y sinóptico del máximo de la serie de valores anuales de precipitación máxima diaria en el aeropuerto de Málaga", a: *Situaciones de riesgo climático en España* (José Creus Novau Ed.) Instituto Pirenaico de Ecología. Jaca, p. 85-94.

HANSEN-BAUER, I. i FORLAND, E. (1994): "Homogenizing Long Norwegian Precipitation Series". *Journal of Climate*, 7: 1001-1013.

HIERRO, M. i SABATÉ, R. (1995): "Evolució de les precipitacions a Flix durant el període 1955-1984 (II part)". Centre d'Estudis Ribera d'Ebre. *Miscel·lània 10*: 125-143.

JONES, P.D. *et al.* (1986): "Northern Hemisphere Surface Air Temperature Variations: 1851-1984". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25: 161-179.

LAKEMAN, J.A. (ed) (1996): *Climate Change 1995. The Science of Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge.

LÓPEZ BONILLO, D. (1980): "Las precipitaciones en el Camp de Tarragona". *Tarraco, cuadernos de Geografía*, I: 61-81.

MARQUÈS, E.; ARASA, A. i BLAY, J. (1989): "El medi natural", a: *La Ribera d'Ebre. Transformacions sòcio-econòmiques i perspectives de futur* (J. Sorribes i J.J. Grau Eds.) Caixa de Catalunya, col·lecció Catalunya Comarcal. Barcelona.

MARTÍN VIDE, X. (1987): *Característiques climatològiques de la precipitació en la franja costera mediterrània de la Península Ibèrica*. Generalitat de Catalunya, ICC. Barcelona.

MARTÍN VIDE, X. (1997): "Las series barométricas más largas de Europa: el caso de Barcelona", a: *III Jornades de Meteorologia Eduard Fontserè*. Associació Catalana de Meteorologia. Barcelona.

MARZOL, V. (1988): *La lluvia: un recurso natural para Canarias*. Servicio de Publicaciones de la Caja de Ahorros de Canarias. Santa Cruz de Tenerife.

MITCHELL, J.M. (1953): "On the causes of instrumentally observed secular temperature trends". *Journal of Meteorology and Applied Climatology*, 10: 244-261.

MOBERG, A. i ALEXANDERSSON, H. (1997): "Homogenization of Swedish Temperature Data. Part II: Homogenized Gridded Air Temperature Compared With a Subset of Global Gridded Air Temperature Since 1861". *International Journal of Climatology*, 17: 35-54.

PETERSON, T.C. i EASTERLING, D.R. (1994): "Creation of Homogeneous Composite Climatological Reference Series". *International Journal of Climatology*, 14: 671-679.

RODRÍGUEZ BARRERA, R. (1995): *Análisis de series meteorológicas, evaluación del cambio climático*. Tesi doctoral inèdita. Universitat de Barcelona. Barcelona.

SALADIÉ BORRAZ, O. (1999): "L'estació meteorològica de Tivissa: 88 anys d'història continuats". Centre d'Estudis Ribera d'Ebre. *Miscel·lània 13*: 63-66.

SALADIÉ GIL, X. (1985): *Dalt d'un cim de la Ribera. Poesies*. Tivissa.

URIARTE, A. (1983): *Régimen de precipitaciones en la costa NW de la Península Ibérica*. Caja de Ahorros Provincial de Guipúzcoa. San Sebastián.