

EL CLIMOGRAMA NUVOLOSITAT-INSOLACIÓ COM A INDICADOR CLIMÀTIC: APLICACIÓ A CATALUNYA

The climogram cloudiness-insolation as a climatic indicator: one application to Catalonia.

Josep M.^a Núñez i Espallargas

i

Josep Pérez i Pérez

*Departament de Física
de la Terra i del Cosmos
Facultat de Física
Universitat de Barcelona*

[Rebut: novembre 1975]

* * *

ABSTRACT

The purpose is the study of the most outstanding features of the simultaneous evolution of insolation and cloudiness in Catalonia.

To this object two tables are presented of the average values for all the catalan meteorological stations which were able to carry out this kind of observations. Twenty places provide data on insolation and only fifteen gather information on cloudiness. From all this stations eight have been selected (Barcelona, Barcelona Airport, Ebro Observatory, Girona, Reus Airport, Montseny and la Molina) all of which, in addition to having dates on insolation and cloudiness, had averages based on observation periods of over fifteen years.

For the study of the simultaneous evolution of both variables the climògram method has been used. And the analysis obtained from this has shown highly suggestive evidences, presupposing a contribution towards a more complete understanding of the climate of Catalonia.

En el transcurs d'una investigació que els autors han portat a terme recentment sobre la distribució del balanç de radiació a Catalunya (*), foren recollides les sèries completes de dades mensuals de nuvolositat i d'insolació de totes aquelles estacions meteorològiques catalanes que disposen d'aquestes dades o que n'havien disposat abans.

Ambdues magnituds han estat oblidades quasi sistemàticament en els estudis climatològics del nostre país (**), ja que aquests estudis han limitat les anàlisis a uns altres elements comunament reconeguts com a més definidors del clima, com són la temperatura i les pluges. La nuvolositat i la insolació són magnituds que tendeixen a ocupar un lloc destacat entre les observades en els centres meteorològics estrangers (BUDYKO²) ja que, a més de tractar-se de dos elements que permeten d'avaluar l'energia radiativa rebuda per la superfície terrestre, vital en els balanços biològics (CLAYTON⁴), són part constituent del clima d'un lloc; entenent per clima un concepte sintètic que fa intervenir, d'una forma activa i en íntima relació, els diversos elements meteorològics (PEGUY⁸).

Insolació i nuvolositat a Catalunya

Malauradament, tot i que la situació és privilegiada, si la comparem amb la resta de la Península, el nombre d'estacions catalanes que enregistren dades de nuvolositat i/o d'insolació és escàs. Hem obtingut valors d'insolació de 20 llocs (taula 1) entre els quals hem inclòs les estacions que han deixat d'enregistrar-ne: Sant Cugat del Vallès, Sant Julià de Vilatorrada, Taradell, Cap de Begur, Seu d'Urgell i Riudabella. La nuvolositat només és enregistrada a 15 llocs (taula 2), dels quals Sant Cugat del Vallès, Sant Llorenç de Munt i Cap de Begur han deixat de fer-ho actualment. La columna encapçalada amb la lletra «f» denota el nombre d'anys que s'han tingut en compte per a obtenir els valors mitjans que surten a les dues taules (***). Com que les sèries

(*) Aquest treball ha estat portat a terme gràcies a una borsa d'estudis donada per l'Institut d'Estudis Catalans el desembre de 1972.

(**) Consultada l'obra bibliogràfica de CAMPMANY³, només han estat trobats els treballs d'ALVAREZ¹ i de GORCZYNSKI^{6 i 7}.

(***) Totes aquestes dades han estat recollides en els arxius del Centre Meteorològic del Pirineu Oriental a Barcelona i del Servicio Meteorológico Nacional a Madrid.

TAULA 1

Valors mitjans d'insolació a Catalunya expressats en hores de sol.
Average values for insolation in Catalonia expressed in hours of sunlight.

	f	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Barcelona	52	4,7	5,7	5,7	7,2	8,3	9,2	10,1	8,6	6,5	5,7	4,9	4,3
Barcelona (a)	31	5,0	6,0	5,9	7,2	8,5	9,3	10,5	9,1	6,7	5,7	5,1	4,5
Granollers	11	4,8	6,3	6,2	7,5	8,5	9,4	10,0	9,2	6,7	6,1	4,9	4,5
Montseny	17	5,5	5,8	5,5	5,8	6,7	8,0	9,1	7,6	5,9	5,4	5,1	4,9
Sabadell	25	5,3	6,5	6,4	7,5	8,6	9,5	10,3	9,4	6,9	6,4	5,6	5,0
St. Cugat del Vallès	13	4,9	5,7	6,2	7,7	8,2	9,2	9,7	8,7	6,7	5,7	4,8	4,6
St. Julià de Vilatorrada	28	4,2	5,4	5,0	6,5	6,5	8,3	9,0	8,1	6,6	5,5	4,7	3,8
Taradell	6	5,3	6,4	6,5	7,5	8,2	10,0	10,3	9,2	7,5	5,8	5,6	4,6
Vic	11	4,1	6,1	6,1	7,0	7,8	8,5	9,7	9,5	6,9	5,6	4,6	3,3
Girona	30	4,8	5,7	5,9	6,7	7,9	8,5	9,6	8,6	6,7	5,8	5,1	4,3
Begur (cap)	19	4,6	4,7	5,0	6,0	6,7	7,4	9,3	7,2	5,9	5,2	4,7	3,8
Figueres	4	3,8	5,0	6,1	5,9	6,7	6,4	8,8	7,6	6,2	5,9	4,3	3,6
La Molina	16	4,2	5,1	5,8	6,5	7,8	8,5	9,9	9,1	6,6	5,9	4,0	3,3
Lleida	20	4,0	6,0	6,8	8,3	9,5	10,4	11,3	10,3	7,9	6,6	4,7	3,2
Seu d'Urgell	2	—	7,9	5,6	7,0	5,6	9,3	10,8	8,5	9,1	6,3	6,4	4,4
Tarragona	14	4,7	5,7	5,9	7,0	8,2	9,1	9,9	8,4	6,7	6,0	5,1	4,6
Ebre (o)	63	5,2	6,1	6,2	7,5	8,5	9,5	10,3	9,3	7,2	6,1	5,4	4,9
Reus	19	5,6	6,5	6,5	7,9	8,9	9,7	10,2	9,4	7,1	6,5	5,8	5,3
Riudabella	15	5,2	5,7	6,4	7,9	8,3	10,1	10,8	10,0	7,8	6,6	5,0	4,8
Vandellòs	5	4,6	6,6	6,3	7,2	7,8	8,6	10,4	11,8	7,1	6,4	5,4	4,4

TAULA 2

Valors mitjans de nuvolositat a Catalunya expressats en octes.
Average values for cloudiness in Catalonia expressed in oktas.

	f	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Barcelona	23	3,9	4,1	4,4	4,4	4,2	3,8	2,9	3,5	4,2	4,2	4,2	3,9
Barcelona (a)	23	4,0	3,9	4,4	4,4	4,2	3,8	2,9	3,6	4,2	4,1	4,2	4,0
Montserrat	17	4,2	4,4	5,0	5,4	5,0	4,8	4,0	4,4	4,9	4,9	4,8	4,4
St. Cugat del Vallès	5	3,9	4,4	3,6	3,8	3,2	3,2	2,4	3,0	3,8	3,9	4,2	3,9
St. Llorenç	9	3,5	3,9	4,0	4,4	4,3	4,2	3,2	3,6	4,2	4,4	4,2	3,9
Vic	12	4,9	4,4	5,0	5,0	5,1	5,1	3,6	3,9	4,4	5,1	4,8	4,9
Girona	23	4,1	4,2	4,7	4,9	4,8	4,6	3,7	4,0	4,5	4,6	4,5	4,2
Begur (cap)	9	4,0	4,5	4,4	4,6	4,6	4,0	3,5	3,7	4,5	4,5	4,5	4,0
Figueres	12	3,3	3,5	3,3	3,9	3,7	3,6	2,5	3,0	3,6	3,4	3,5	3,3
La Molina	18	3,5	3,8	4,1	4,5	4,6	4,3	3,4	3,4	3,9	3,9	3,9	3,8
Lleida	20	4,9	3,9	4,0	4,2	4,1	3,7	2,4	2,7	3,6	3,9	4,7	5,2
Tarragona	15	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,0	3,1	3,8	4,5	4,3	4,2	4,0
Ebre (o)	22	3,9	3,7	4,1	4,2	4,1	3,6	2,7	3,1	3,7	3,9	4,0	3,7
Reus (a)	20	4,1	4,1	4,3	4,4	4,4	4,0	3,0	3,7	4,3	4,2	4,2	4,0
Vandellòs	5	4,8	3,8	4,5	4,8	4,6	4,0	3,0	3,8	4,3	3,8	4,2	4,4

de dades utilitzades fineixen el 1972, actualment hauran d'afegir-s'hi, com a noves estacions, les d'Ascó (central nuclear) i la de l'aeroport de Girona, que començaren a funcionar, aproximadament, per aquelles dates. Advertim, també, que, al moment de confeccionar la taula corresponent, només hem tingut en compte els períodes en què les estacions recullen dades de la nuvolositat expressades en octes (vuitens de cel cobert), i n'hem exclòs aquells altres en què les mesures es feien en dècimes o en quarts de cel cobert, unitats que no són reduïbles entre elles.

Deixant de banda els múltiples aspectes que poden estudiar-se a la vista de les dades presentades, en aquest article ens atindrem exclusivament a un punt que resulta ésser important com a indicador climatològic: la comparació simultània de les respectives evolucions en el temps de la nuvolositat i de la insolació.

Evolució de la insolació al llarg de l'any

Per a una primera aproximació, i com a plantejament general de la qüestió a què ens referim, d'entre totes les estacions meteorològiques, n'escollirem quatre que poden ésser representatives del País Català: dues de caràcter costaner i allunyades entre elles (Barcelona i l'Observatori de l'Ebre), una de muntanya (Montseny) i l'altra de l'interior (Lleida).

Pel que fa a la insolació (fig. 1), hom aprecia una tendència comuna a totes quatre estacions. Observem com la gràfica de l'evolució d'aquesta magnitud al llarg de l'any, ofereix un aspecte que s'aproxima al d'una sinusoide d'un període de 12 mesos, amb un màxim destacat a l'època estival, més concretament, el mes de juliol, i un mínim: el desembre. L'única diferència essencial entre les quatre figures està en l'amplitud de l'oscil·lació: gran a Lleida, petita al Montseny i, lògicament, moderada a les estacions costaneres.

Evolució de la nuvolositat al llarg de l'any

En principi semblaria correcte de pensar que, essent la nuvolositat una magnitud que mesura la coberta nuvolosa, o sia, un fenomen conceptualment oposat a les hores del sol, la seva evolució al llarg de l'any hauria de seguir una trajectòria també oposada a la de la insolació. Però, aprofundint més, ens adonem que no es tracta de dues observacions complementàries. Per una part, l'observador que anota les dades de nuvolositat té en compte núvuls com ara els cirrus, que no constitueixen una pantalla per a les radiacions solars que impressionen la banda sensible de l'heliògraf. Per altra banda, tampoc la distribució i la velocitat dels núvols no és absolutament la mateixa a tots els llocs del cel i en tots els moments del dia. I, finalment, hi ha també una diferència essencial de mètodes, ja que, mentre la mesura de la insolació és contínua i objectiva, la de la nuvolositat és el resultat d'una mitjana màxima de tres observacions per dia, sotmeses, a més, a un factor de subjectivitat. En conseqüència, tot i existint una altra correlació entre totes dues magnituds, les mesures no són sempre

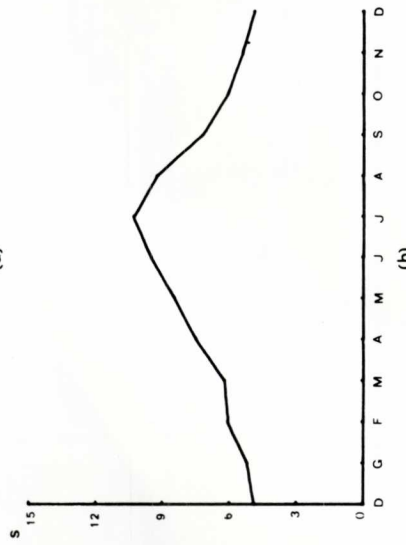
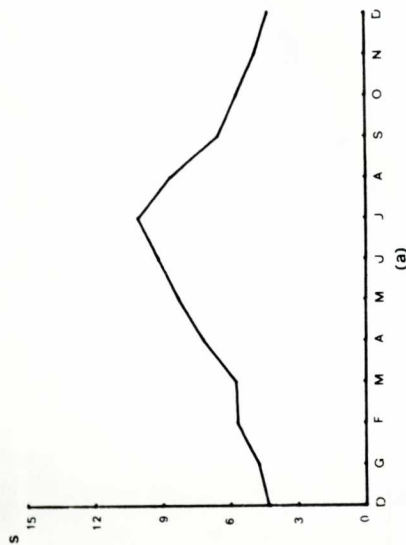
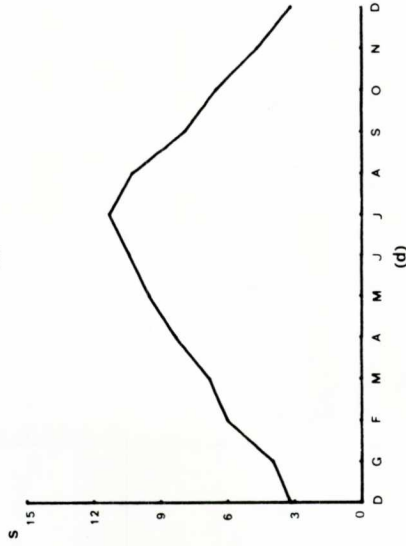
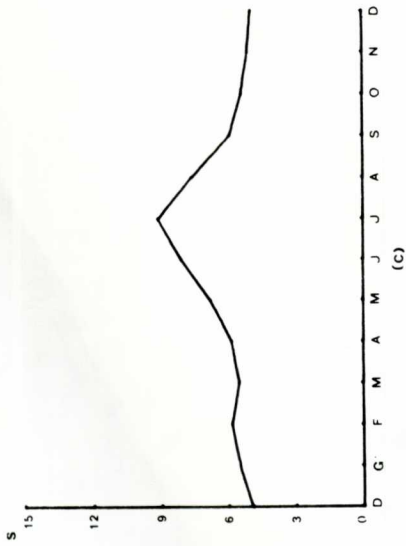


Fig. 1. Evolució anual de la insolació: (a) Barcelona, (b) Observatori de l'Ebre, (c) Montseny i (d) Lleida.
 Annual evolution of insolation: (a) Barcelona, (b) Ebro Observatory, (c) Montseny and (d) Lleida.

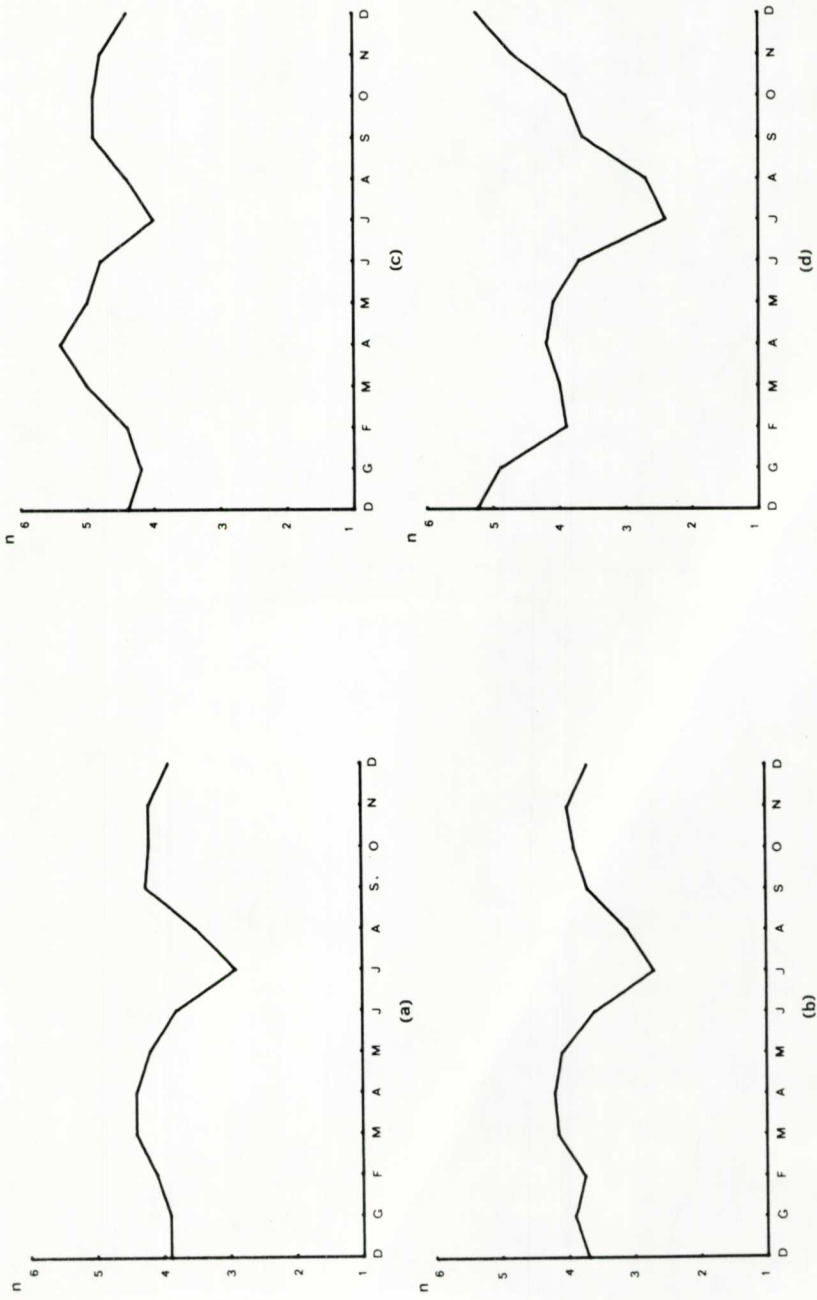


Fig. 2. Evolució anual de la nuvolositat: (a) Barcelona, (b) Observatori de l'Ebre, (c) Montseny i (d) Lleida. Annual evolution of cloudiness: (a) Barcelona, (b) Ebro Observatory, (c) Montseny and (d) Lleida.

reduïbles l'una a l'altra. Per adonar-se d'aquestes diferències, cal mirar els gràfics que ens mostren l'evolució anual de la nuvolositat a les quatre estacions seleccionades (fig. 2). Tan sols la nuvolositat de Lleida mostra una evolució molt aproximadament sinusoidal amb igual període i en oposició de fase a la de la insolació; en els altres llocs, i especialment en el de muntanya, l'oscil·lació tendeix a assemblar-se a una sinusoide d'un període de sis mesos. Els mínims de nuvolositat tenen lloc a l'hivern i a l'estiu, i és en aquesta darrera estació que dona sempre el valor més baix. Contràriament, les èpoques de màxima coberta nuvolosa corresponen a la primavera i a la tardor.

Evolució simultània: el climograma nuvolositat-insolació

Per refermar les peculiaritats de l'evolució simultània de la nuvolositat i de la insolació i, al mateix temps, obtenir un coneixement més bo del clima d'un lloc, hem fet ús del climograma, mètode ja descrit pels autors clàssics. Es tracta d'un mètode que permet l'estudi simultani de dues variables respecte a una tercera, que acostuma a ésser el temps, i que ha estat utilitzat quasi exclusivament per a comparar entre ells els elements climàtics més usuals, com són els ja esmentats: temperatura, pluges i també humitat (CONRAD⁵).

En aquest estudi, hem traçat els climogrames nuvolositat-insolació corresponents a les 8 estacions que segueixen: Barcelona, Aeroport de Barcelona, Observatori de l'Ebre, Girona, Lleida, Aeroport de Reus, Montseny i la Molina (fig. 3), les úniques que recullen simultàniament dades de nuvolositat i d'insolació i on, a més, els valors mitjans han estat calculats a partir de sèries superiors a 15 anys; així els graus d'estabilització dels valors mitjans poden ésser considerats satisfactoris.

Les característiques essencials d'aquest climograma són les següents: la configuració és com la d'un polígon, on cadascun dels vèrtexs representa un mes de l'any; i les coordenades dels quals són els valors mitjans de la nuvolositat i de la insolació corresponents al dia central de l'esmentat mes. Els segments rectilinis uneixen mesos consecutius. El pendent d'aquests segments (ds/dn) representa la variació de la insolació en relació amb la nuvolositat, o bé, la raó ($ds/dn = ds/dt : dn/dt$) entre les dues velocitats de variació. Així, el fet que un segment tingui més pendent que un altre, significarà que, en el primer cas, la insolació ha variat, respecte a la nuvolositat, més ràpidament que en el segon. Un pendent positiu indicarà que ambdues magnituds creixen a l'uníson, mentre que un pendent negatiu simbolitzarà que, en créixer una variable, l'altra disminueix. La longitud del segment dependrà de la importància de les variacions experimentades per ambdós elements.

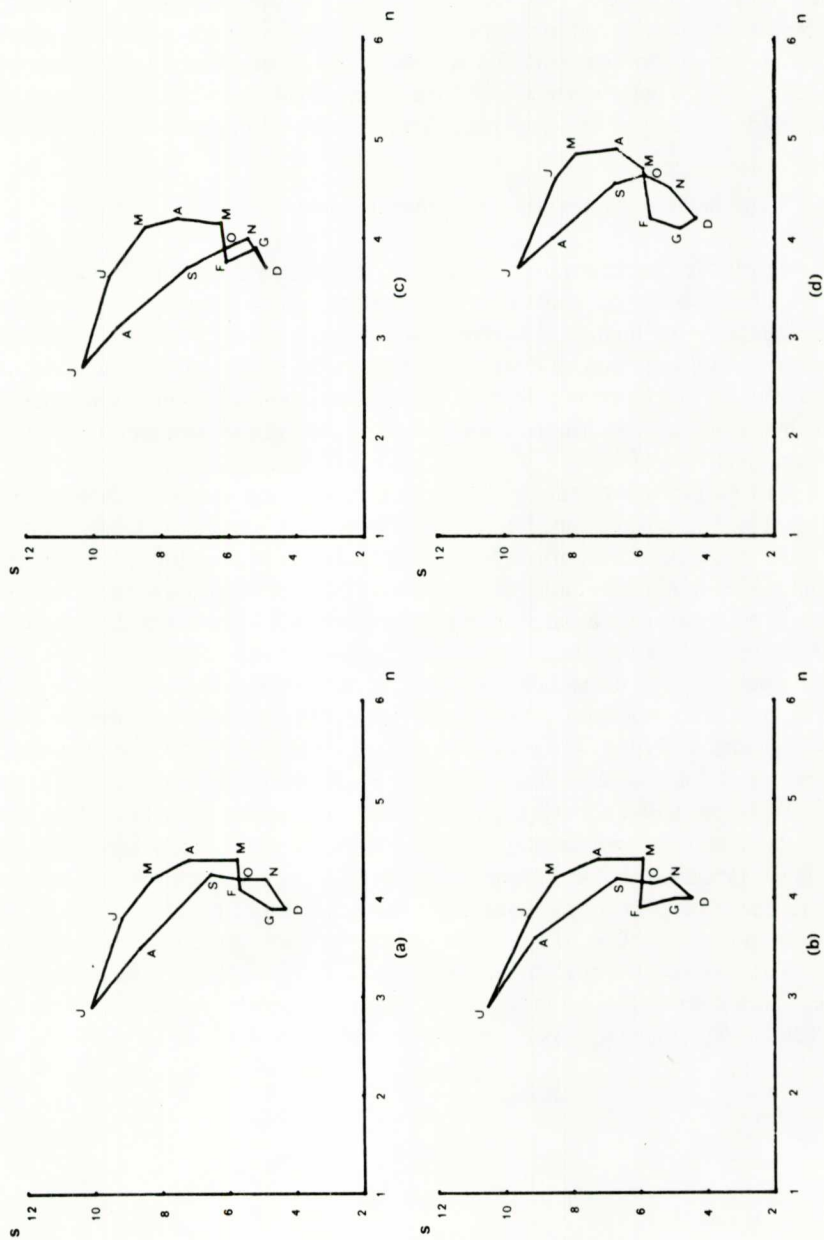


Fig. 3. Climogrames nuvolositat-insolació: (a) Barcelona, (b) Aeroport de Barcelona, (c) Observatori de l'Ebre i (d) Girona. Climogram cloudiness-insolation: (a) Barcelona, (b) Barcelona Airport, (c) Ebro Observatory and (d) Girona.

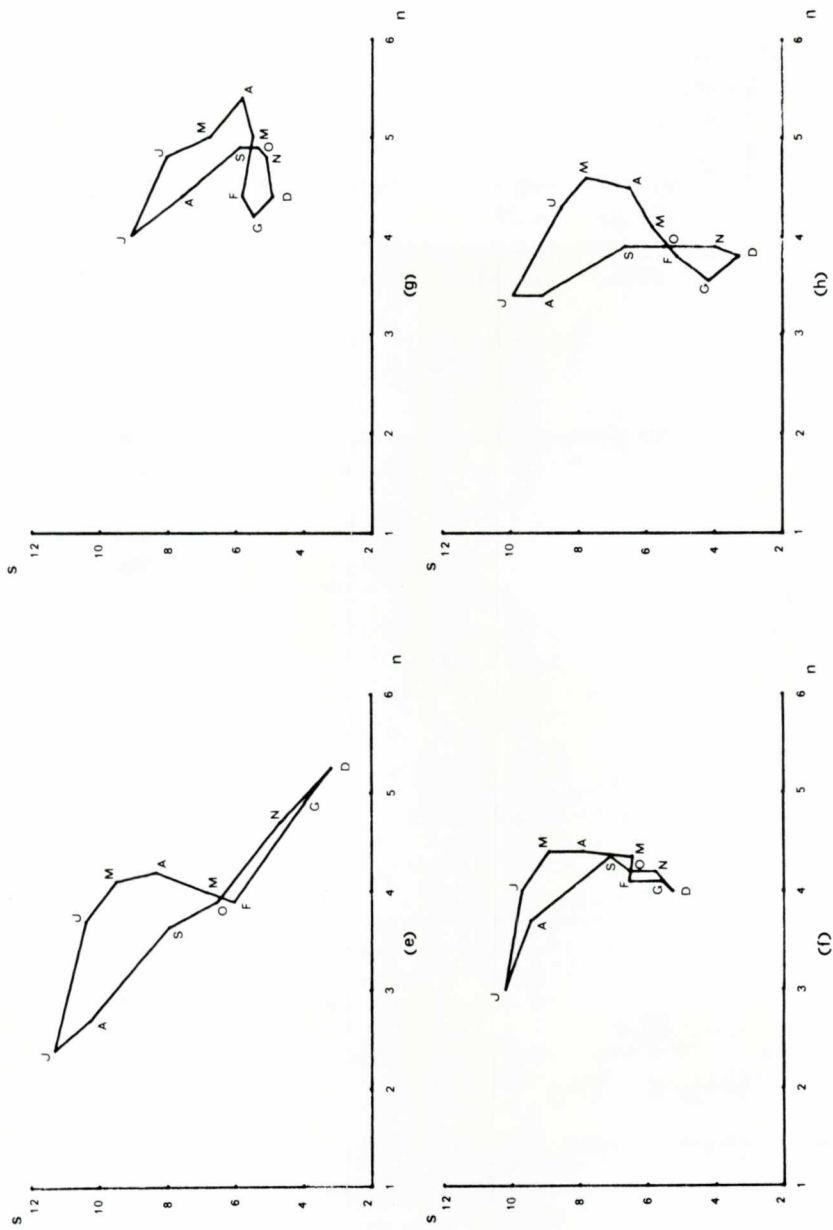


Fig. 3 (cont.). Climogrames nuvolositat-insolació: (e) Lleida, (f) Aeroport de Reus, (g) Montseny i (h) La Molina. Climogram cloudiness-insolation: (e) Lleida, (f) Reus Airport, (g) Montseny and (h) La Molina.

Conclusions

El fet que els punts no es trobin situats sobre una recta de pendent negatiu significa que, encara que la insolació i la nuvolositat són variables generalment contraposades, no poden considerar-se en rigor com a complementàries.

Dos costats del polígon es tallen sempre deixant a cada banda dues àrees d'extensió diferent. El tall sempre té lloc entre febrer i març, per una part, i entre octubre i novembre per l'altra. Per tant, en els equinoccis, té lloc un canvi de tendències.

L'àrea més gran, constituïda per segments de pendent negatiu, correspon al període comprès entre març i octubre, en el qual en créixer la insolació decreix la nuvolositat, i la velocitat de creixement de la insolació sempre és més gran entre la primavera i l'estiu, que no entre aquesta darrera estació i la tardor. L'allunyament dels punts indica una major variació de la nuvolositat i/o de la insolació en aquesta època de l'any.

A les estacions costaneres i, especialment, a la de muntanya, l'àrea més petita, constituïda quasi sempre per segments de pendent positiu, indica que a un augment d'insolació correspon, també, un augment de la nuvolositat. Només Lleida presenta un comportament oposat, propi, segons sembla, de les estacions de caràcter continental. La proximitat dels punts expressarà la petita variació experimentada per ambdues variables.

Finalment assenyalem que l'extensió de les àrees és un índex de l'asimetria al llarg de l'any pel que fa a la relació de velocitats de variació, o sia, de la no complementarietat entre la nuvolositat i la insolació.

Aquí només hem fet un esbós de les característiques més generals del climograma nuvolositat-insolació. L'estudi més detallat caldrà fer-lo en les anàlisis de climes locals.

BIBLIOGRAFIA

1. ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M. 1937. «La insolació a Barcelona». *Notes d'Estudi del Servei Meteorològic de Catalunya*, 66: 319-332. Barcelona.
2. BUDYKO, M. I. 1958. *The Heat Balance of the Earth's Surface*. Washington, D.C.
3. CAMPANY, M. 1937. «Bibliografia de la meteorologia catalana». *Notes d'Estudi del Servei Meteorològic de Catalunya*, 68: 397-517. Barcelona.
4. CLAYTON, R. 1973. *Luz y materia viviente*. 2 vol: Reverté. Barcelona.
5. CONRAD, V.; POLLAK, L. W. 1950. *Methods in Climatology*. Harvard U.P. Cambridge.
6. GORCZYNSKI, L. 1935. «Mean degrees of cloudiness along the mediterranean coasts». *Comptes Rendus des séances de la Société des Sciences et des Lettres de Varsovie* 28(3): 1-15. Varsòvia.
7. GORCZYNSKI, L. 1935. «The mean duration of bright sunshine along the mediterranean coasts». *Bull. Acad. Pol. Sci. Let.*, 33: 1-8. Cracòvia.
8. PEGUY, Ch. 1970. *Précis de Climatologie*, Masson. Paris.