

LES COMARQUES PLUVIOMÈTRIQUES DE LA CONCA DELS PIRINEUS ORIENTALS

Una aplicació de l'anàlisi factorial

Introducció

D'un temps ençà s'han efectuat estudis sobre els canvis temporals recents dels elements climàtics basats en les anàlisis d'un o de diversos observatoris amb esdeveniments extrems escollits per a comparar-los.

Això no obstant, no han estat massa freqüents els intents de delimitar regions o àrees en les quals els canvis hagin estat apropiadament comparables.

Les raons han estat parcialment pràctiques, com ara el fet de no disposar de prou estacions amb un mateix període prolongat de registres. A més, hi havia la qüestió d'elegir el mètode específic mitjançant el qual descriure el canvi, efectuar-ne comparacions i assolir un agrupament acceptable.

Tot i això, les indagacions sobre aquests temes són altament interessants, especialment tenint en compte que les pressions actuals sobre les condicions del medi ambient fan més important valorar els ajustaments als canviants recursos climàtics i a llur explotació.

Els models regionals de canvi en l'excedent o dèficit d'aigua, de freqüència i intensitat de la sequera, de l'alça o minva de les temperatures formen la base essencial per a una administració efectiva o una acció correctiva.

A més, per tal d'explicar les fluctuacions del clima, les anàlisis de poques estacions o els estudis basats sobre estacions no agrupades són menys satisfactoris com a informació base que el coneixement del model regional de tals fluctuacions.

Objecte, mètode i mitjans

El primer objectiu d'aquest treball és el de classificar les estacions pluviomètriques de la conca dels Pirineus Orientals en regions homogènies segons el total anual de precipitacions.

En cada una d'aquestes regions els canvis temporals seran comparables.

S'obtindrà així una regionalització o comarcalització de les precipitacions anuals mitjançant un mètode quantitativament objectiu.

Un cop classificades aquestes àrees es podrà elegir una estació patró de cada comarca que servirà per a trobar el model de distribució de la precipitació anual.

S'emprarà el mètode d'anàlisi de components i el d'anàlisi de factors principals. Diversos autors els han aplicat a les dades climatològiques amb la intenció de reduir la dimensió de les dades bàsiques que cal processar i de descriure alguns models climatològics. En la bibliografia hom exposa tots els treballs i estudis consultats per a l'elaboració d'aquest treball.

La base de dades ha estat constituïda per les precipitacions anuals de 43 observatoris durant 30 anys. Una matriu de 30 files i 43 columnes, 1 290 dades. Aquesta matriu, un cop tractada, en genera una altra de 43 x 43, els elements de la qual són els coeficients de correlació de cada observatori amb tots els altres. Aquesta matriu, lògicament, és simètrica.

El càlcul manual de la primera solució d'una matriu de 24 x 24 portava prop més de 70 hores l'any 1941 i s'estimava que cada nova solució requeria per sobre de les 40 hores (HARMAN, 1980). Per això s'insistia aleshores que l'aplicació del mètode d'anàlisi factorial a grans conjunts de variables esperava el desenvolupament d'una maquinària de càlcul escaient.

Si l'autor d'aquest article no hagués disposat de l'ordinador personal Olivetti M-20 del Centre Meteorològic, no hagués iniciat aquest treball. Així i tot, el càlcul dels *eigenvalors* i *eigenvectors* triga quelcom més de 4 hores.

En l'annex es mostra la relació dels programes emprats i adaptats.

Dades a tractar

El nombre d'observatoris no fou elegit a l'atzar. En una primera aproximació se n'elegiren dos per cada quadrícula del mapa de Catalunya a escala 1:250 000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Aquests dos observatoris estaven separats per la meitat del costat de la quadrícula, sense atendre cap altra consideració.

Quan la quadrícula ocupava el 50% o més d'una àrea que no era dels Pirineus Orientals (mar, conca de l'Ebre o França), només es prenia un observatori, excepte quan l'àrea dels Pirineus Orientals era insignificant (menys del 25% de la quadrícula), que aleshores no se'n prenia cap.

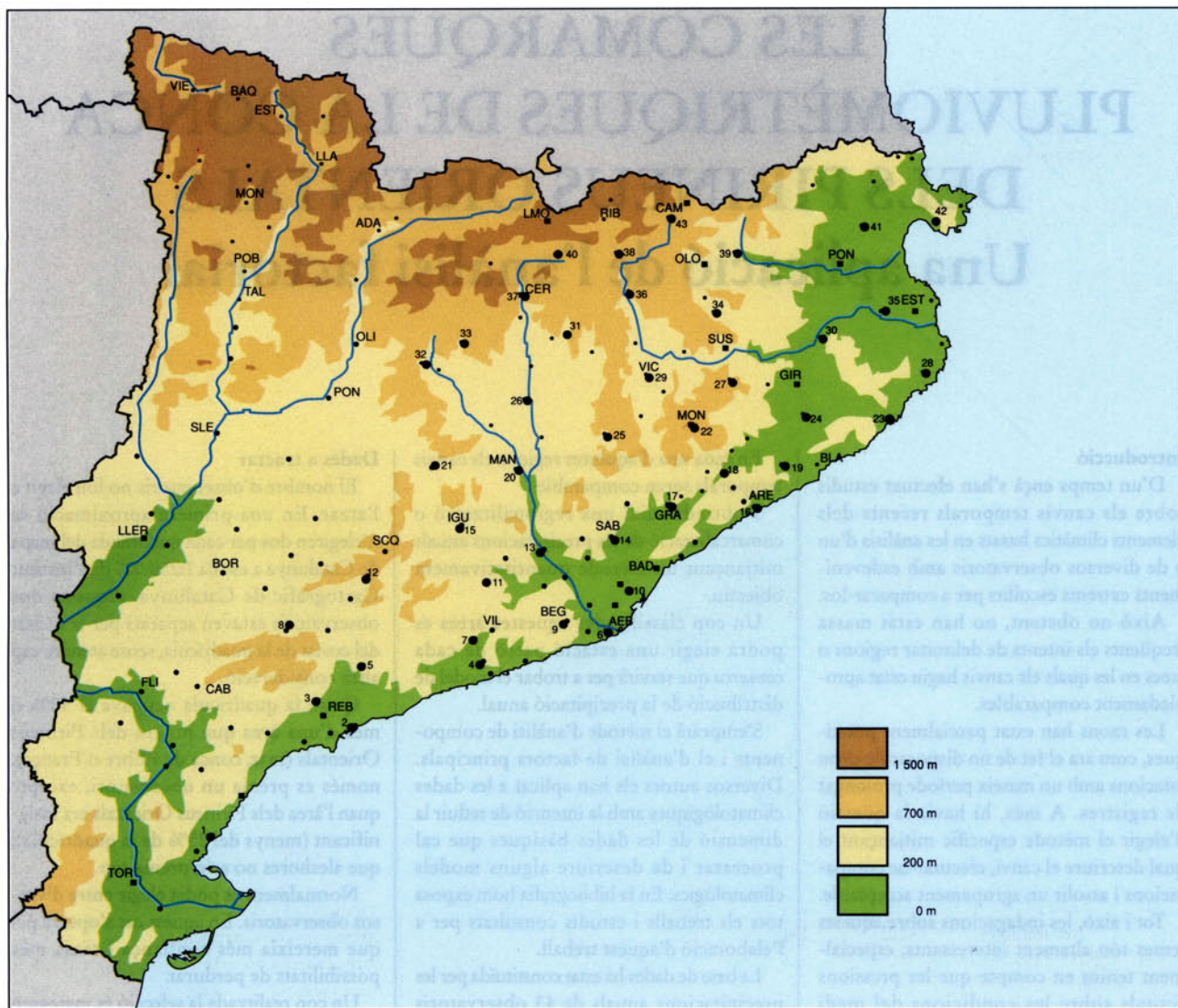
Normalment es podia elegir entre diversos observatoris. En aquest cas s'optava pel que mereixia més confiança i tenia més possibilitats de perdurar.

Un cop realitzada la selecció es marcaren en el mapa i es comprovà que hi havia unes llacunes o concentracions que no afavorien una distribució espacial uniforme. Aleshores se'n suprimiren alguns i se n'elegiren d'altres tot cercant que fossin els més idonis. El nombre total fou de 43. Llur situació queda reflectida en el *mapa 1* i llurs coordenades i altitud en la *taula 1*.

Per a un territori de l'extensió de la conca dels Pirineus Orientals potser semblin excessives aquestes 43 estacions, tenint en compte que GREGORY (1975) utilitzà 50 observatoris per a la Gran Bretanya i OGALLO (1980), 86 per a l'Àfrica Oriental (Kenya, Tanzània i Uganda); hom, però, volia distingir bé les regions homogènies i les unitats més petites.

Les precipitacions anuals corresponen a les produïdes entre els anys 1956 i 1985, és a dir, els trenta anys anteriors a l'inici d'aquest treball.

Les estacions tenien sèries completes en més del 90% dels casos. Quan hi havia



Mapa 1: Localització dels observatoris

(Mapa: autor)

llacunes es correlacionà l'estació amb una altra de pròxima que no fos, però, cap de les 42 restants, per tal de no introduir-hi una major correlació que la que tenien per elles mateixes. Un cop trobada la recta de regressió entre les dues estacions s'ompliren les llacunes. En aquest pas també s'empraren programes del M-20.

En aquest punt es disposa d'una matriu de 43 columnes/observatoris i 30 files/anys (taula 2).

Com a ampliació d'aquestes dades i ja que es disposava de programes estadístics adequats, es calcularen una sèrie de paràmetres com la mitjana i la desviació (taules 1 i 2). En el mapa 2 s'han transcrit els valors de la precipitació mitjana anual d'aquests trenta anys i s'han traçat les isohietes.

Fonaments teòrics

A continuació s'exposarà succintament la teoria de l'anàlisi factorial, que pot ampliar-se en la complexa i voluminosa literatura existent, de la qual cal esmentar HARMAN (1980) i ESSENWANGER (1976).

L'objecte de l'anàlisi factorial és representar una variable Z_j en termes de diversos factors subjacents. El model matemàtic més simple per a descriure una variable en termes d'altres vàries és el lineal, i aquest mètode és l'emprat aquí. Hi ha, això no obstant, diverses alternatives dintre de l'estructura lineal, en funció de l'objectiu de l'anàlisi.

Es poden distingir dos objectius: extreure la variància màxima i reproduir de la millor manera les correlacions observades.

Pearson fou el primer a proposar un mètode empíric per a la reducció d'un gran conjunt de dades de manera que se n'extregui el màxim de variància. El mètode fou desenvolupat completament per Hotelling (1933) i es coneix amb el nom de mètode de les components principals o anàlisi de components (AC). El model és:

$$Z_j = a_{j1}C_1 + a_{j2}C_2 + \dots + a_{jn}C_n \\ (j=1,2,\dots,n)$$

on cada una de les n variables observades (Z_j) es descriu linealment en funció de n noves components incorrelacionades ($C_1, C_2, \dots, C_n$). Una propietat important d'aquest mètode, pel que fa a la reducció de dades, és que cada component, al seu torn,

Número	Observatori	Latitud (N)	Longitud (E)	Altitud (m)	Precipitació (mm)	Desviació
1	Ametlla de Mar, l'	40.53	0.48	22	583	219
2	Tarragona	41.07	1.15	37	496	135
3	Reus	41.09	1.07	138	587	147
4	Pantà de Foix	41.15	1.38	104	604	118
5	Valls	41.17	1.15	282	516	169
6	Prat de Llobregat, el	41.18	2.06	10	663	217
7	Castellví de la Marca	41.19	1.37	190	616	143
8	Vimbodí	41.23	1.03	490	583	158
9	Begues	41.20	1.56	360	711	168
10	Barcelona	41.24	2.11	170	592	148
11	Sant Quintí de Mediona	41.28	1.40	332	626	162
12	Rocafort de Queralt	41.29	1.17	510	517	146
13	Esparreguera	41.32	1.52	206	652	200
14	Sabadell	41.33	2.07	245	638	168
15	Igualada	41.35	1.37	350	585	156
16	Arenys de Mar	41.35	2.33	5	607	178
17	Granollers	41.36	2.18	154	656	208
18	Sant Celoni	41.41	2.30	155	805	240
19	Tordera	41.42	2.43	30	756	218
20	Manresa	41.44	1.50	270	555	149
21	Calaf	41.44	1.31	715	566	148
22	Montseny	41.46	2.26	1708	1096	291
23	Sant Feliu de Guíxols	41.47	3.02	5	760	293
24	Sils	41.48	2.45	76	728	210
25	Moià	41.49	2.06	800	783	226
26	Balsareny	41.52	1.53	327	599	140
27	Vilanova de Sau	41.54	2.26	850	952	277
28	Palafrugell	41.55	3.10	81	681	228
29	Vic	41.56	2.16	484	739	176
30	Girona	41.58	2.50	90	843	258
31	Prats de Lluçanès	42.00	2.02	720	709	174
32	Solsona	41.59	1.31	664	655	171
33	Navès-Tentelatge	42.02	1.41	850	784	195
34	Planes d'Hostoles, les	42.03	2.33	347	1022	272
35	Jafre	42.04	3.00	44	697	224
36	Farga de Bebié, la	42.08	2.13	608	954	262
37	Cercs	42.10	1.50	720	968	309
38	Campdevàdol	42.13	2.10	738	1001	227
39	Castellfollit de la Roca	42.13	2.33	296	1009	251
40	Pobla de Lillet, la	42.15	1.59	848	920	241
41	Figueres	42.15	2.58	40	604	228
42	Cadaqués	42.17	3.17	45	594	238
43	Camprodon	42.19	2.22	950	1114	217

Taula 1: Número, nom, coordenades, precipitació anual i desviació de cada observatori

fa màxima la seva contribució a la suma de les variàncies de les n variables.

Per a un problema pràctic només cal quedar-se amb unes poques components, sobretot si donen compte d'una gran proporció de la variància total.

En contrast amb el mètode d'anàlisi de components o de la variància màxima, el model d'anàlisi factorial (AF) està dissenyat per a reproduir les correlacions. El model és:

$$Z_j = b_{j1}F_1 + b_{j2}F_2 + \dots + b_{jm}F_m + u_jY_j$$

$$(j=1,2,\dots,n)$$

on cada una de les n variables observades (Z_j) es descriu linealment en termes de m factors comuns (F_m) i un factor únic (essent m molt menor que n). Els factors comuns expliquen les correlacions entre les variables, mentre que el factor únic explica la variància

restant d'aquesta variable (fins i tot l'error). Als coeficients dels factors se'ls denomina *càrregues*.

En aquest treball Z_j representa la precipitació anual en un punt, que en funció de les precipitacions dels 43 observatoris seguiria el model AC:

$$Z_j = f(C_i) \quad (i=1,2,3,\dots,43)$$

Com és lògic de pensar, algunes d'aquestes 43 estacions estaran en la mateixa comarca pluviomètrica que el lloc j , i les seves precipitacions anuals així com llurs variacions al llarg dels anys s'assemblaran molt a la buscada; d'altres tindran alguna semblança i la resta, gairebé cap. Per tant, algunes de les 43 components estan fortament correlacionades entre si.

Mitjançant l'AC, es descriurà la precipitació anual en aquest punt com a funció de 43 components incorrelades.

Un cop aplicat aquest model es veurà que a la pràctica només importen unes poques components, les quals representen un alt percentatge de la variància total. L'aplicació de l'AF reforça l'esmentat anteriorment i el nombre de factors comuns queda reduït.

Segons el model AC les noves components expliquen per torn la màxima quantitat de variància de les variables. És a dir, la primera component és la combinació lineal de les variables originals que contribueix a un màxim de la seva variància total; la segona component no correlacionada amb la primera contribueix a un màxim de la variància residual, i així successivament fins que s'analitza la variància total. La suma de les variàncies de les n components és igual a la suma de les variàncies de les variables originals.

Les variables se solen expressar en forma estàndard per tal que la variància sigui la unitat. Aleshores, l'anàlisi es fa a partir de la matriu de correlacions, amb la variància total igual a n . Per a dita matriu (simètrica i definida positiva), totes les n components són reals i positives.

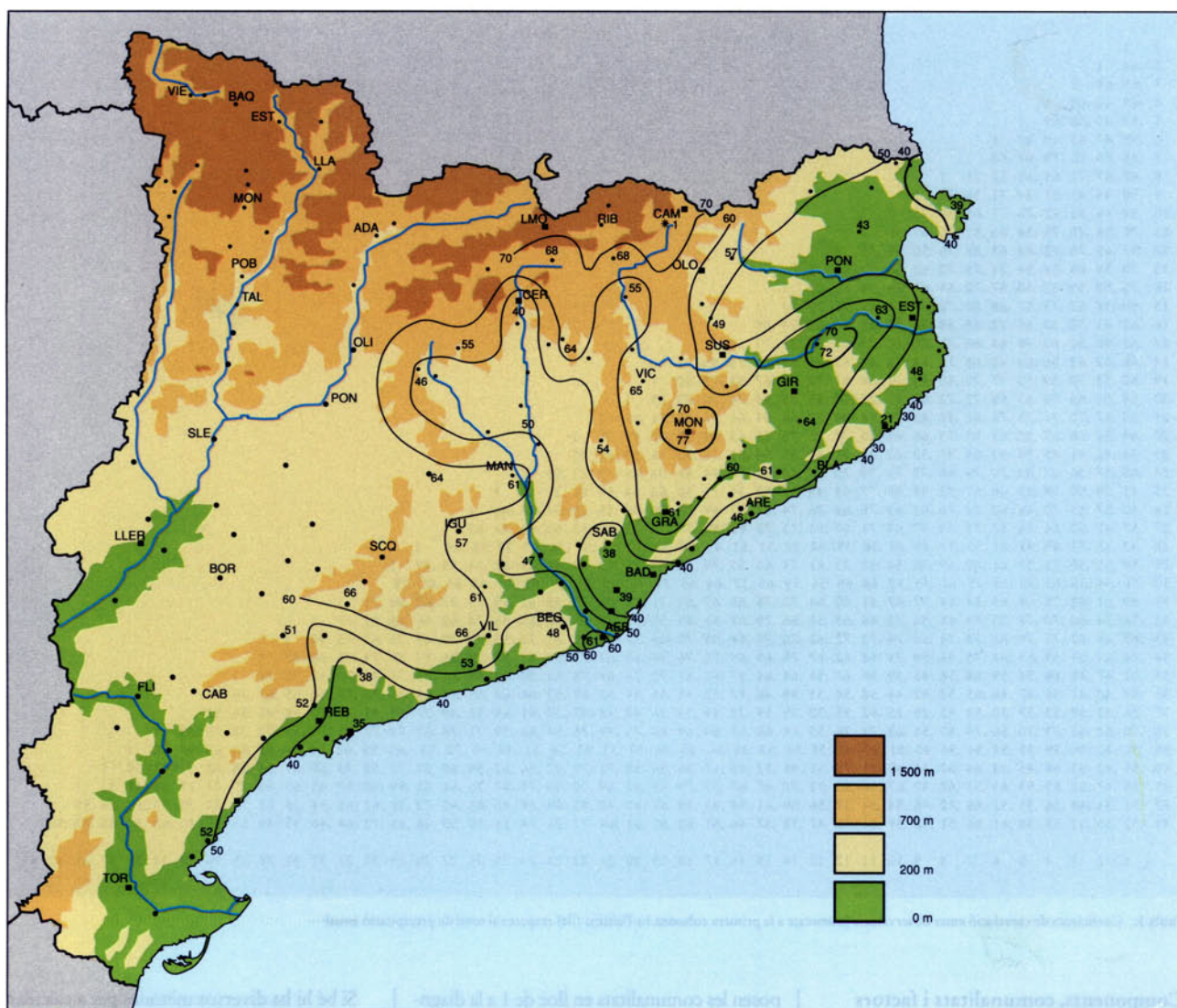
Mètode operatiu

A partir de la matriu de dades és possible, mitjançant el programa (SLCOV), de generar una matriu de correlacions com:

$$\begin{vmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \dots & r_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

	Ametlla	Tarragona	Reus	P. Foix	Valls	el Prat L.	Castellví	Vimbodí	Begues	Barcelona	St. Quintí	Rocafort	Esparreguera	Sabadell	Igualada	Arenys	Granollers	St. Celoni	Tordera	Manresa	Calaf	Montseny
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1956	554	645	525	602	604	769	566	530	823	614	627	503	524	514	594	616	482	768	717	417	533	922
1957	619	690	559	678	570	708	704	568	651	647	602	536	676	733	532	596	588	735	751	554	602	969
1958	374	380	766	560	447	476	534	426	555	519	423	379	576	559	498	557	457	737	655	522	480	934
1959	839	593	677	775	731	1014	853	795	994	918	754	588	721	923	799	846	864	1089	927	712	763	1371
1960	765	647	677	684	694	712	832	681	706	683	815	643	827	718	945	645	671	930	690	678	713	1150
1961	450	544	476	468	475	536	415	524	530	454	406	317	639	504	433	429	476	562	500	498	379	795
1962	744	654	692	672	709	807	760	669	927	879	747	615	1072	1041	731	1016	886	1051	1055	688	623	1223
1963	843	455	478	651	598	1174	685	477	865	806	683	531	829	781	718	955	768	1095	1141	796	653	1310
1964	453	473	589	558	574	435	442	762	530	499	489	479	490	597	433	474	497	707	620	522	578	863
1965	350	379	565	556	652	542	535	594	530	586	565	500	570	538	619	609	673	1016	813	601	581	1159
1966	344	382	351	467	330	512	441	522	927	514	300	347	424	462	407	520	640	710	571	376	501	782
1967	694	499	533	649	579	556	588	587	865	588	531	374	556	474	536	788	515	649	778	464	463	985
1968	433	540	555	475	601	560	635	558	588	626	501	431	633	510	531	681	525	786	643	515	631	1177
1969	920	876	924	824	1056	753	799	926	842	870	824	765	925	832	846	867	902	1363	1035	807	910	1398
1970	268	325	447	520	347	504	597	570	636	482	555	477	531	455	583	482	536	725	737	436	528	987
1971	975	586	739	645	457	1164	750	933	1028	719	870	639	1295	1014	825	855	1133	1272	1342	911	819	1670
1972	899	656	988	743	711	1047	911	865	884	663	932	984	935	698	743	757	830	1009	940	630	839	1568
1973	259	275	369	336	237	414	429	472	506	355	447	401	517	545	351	407	474	464	478	329	387	745
1974	940	405	548	616	415	404	602	552	496	364	573	495	594	605	549	496	601	720	472	496	452	971
1975	528	421	646	684	501	664	655	581	627	491	583	498	578	482	460	464	576	646	831	498	569	1074
1976	444	497	556	599	560	742	705	570	593	491	801	621	583	656	547	440	673	586	625	531	578	1235
1977	765	533	751	777	515	632	792	650	839	599	843	615	793	863	671	713	781	789	1059	730	534	1710
1978	371	439	471	458	275	756	505	381	534	413	505	429	416	516	400	575	505	618	705	333	414	688
1979	524	513	638	586	484	525	540	519	829	568	799	543	618	737	560	597	655	792	838	668	539	1177
1980	411	384	414	447	320	433	539	320	545	395	462	322	453	486	373	350	510	659	620	368	343	924
1981	559	345	490	745	422	429	528	447	545	448	659	435	514	480	575	305	597	481	474	464	491	780
1982	781	569	648	690	436	767	706	731	893	673	812	644	581	731	716	575	1307	1278	884	647	725	1613
1983	506	292	492	495	326	757	464	392	766	634	617	404	631	635	638	474	533	697	547	522	464	890
1984	273	397	474	688	486	690	611	539	718	70	597	664	614	563	591	645	679	710	724	604	594	1123
1985	604	475	575	473	367	413	368	362	555	96	472	341	441	491	334	475	352	512	510	337	288	675
Mitjana	583	496	587	604	516	663	616	583	711	592	626	517	652	638	585	607	656	805	756	555	566	1096
Desviació	219	135	147	118	169	217	143	158	168	48	162	146	200	168	156	178	208	240	218	149	148	291

	St. Feliu G.	Sils	Moia	Balsareny	Vila Sau	Palafreugell	Vic	Girona	Prats Ll.	Solsona	Navès Tent.	Planes Host.	Jafre	Farga Bebié	Cercs	Campepinal	Castellfollit	Pobla Lillet	Figueres	Cadaqués	Camprodon
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
1956	571	739	497	452	814	576	575	884	711	801	860	1125	622	808	897	856	819	813	455	458	1020
1957	939	751	728	535	861	849	773	855	806	781	904	1031	907	858	754	1027	856	781	692	800	1151
1958	891	486	503	510	676	675	495	624	463	618	577	763	426	463	582	689	813	477	496	727	1140
1959	1768	927	910	809	1486	1175	899	1049	884	1030	1236	1418	987	1257	1165	1344	1582	903	790	1176	1026
1960	1238	875	788	788	995	851	836	954	984	1011	956	1193	722	1187	1188	1971	1197	878	464	913	1150
1961	752	488	563	477	552	397	579	816	457	575	618	826	420	654	627	842	1008	552	383	319	1011
1962	1060	1001	854	653	1279	699	980	876	966	788	859	1719	617	1137	945	1083	1115	1039	830	671	944
1963	918	1141	758	726	1305	1378	865	1187	971	774	1062	1331	1124	1272	1176	1294	1400	1117	947	911	1604
1964	848	527	628	601	866	733	751	629	713	698	892	940	786	1200	1020	1361	1491	1171	675	607	989
1965	1200	819	723	638	1183	940	721	1121	695	515	741	1045	967	1075	815	964	958	688	934	550	1079
1966	834	554	653	507	734	860	595	553	495	460	503	700	412	894	699	764	684	623	352	352	958
1967	521	614	630	530	659	430	632	707	586	533	620	758	565	960	785	980	976	793	425	440	1187
1968	608	544	668	645	765	652	635	789	630	756	860	912	658	1033	735	941	923	1171	719	548	1113
1969	887	1035	1076	865	1306	749	890	1183	825	947	1144	1267	923	960	1030	1330	860	1117	873	469	1210
1970	606	786	635	482	851	493	670	806	592	567	587	911	597	697	650	796	938	875	338	580	1180
1971	743	1134	1047	916	1047	741	927	1027	769	684	906	1276	984	866	960	1096	1132	1174	1291	1002	1258
1972	788	919	913	697	1087	876	915	1114	1010	749	1014	1249	874	1205	1155	1429	1245	1482	711	591	1674
1973	466	446	526	380	615	375	459	541	462	473	625	595	293	625	729	744	584	733	267	232	824
1974	441	491	594	487	915	430	630	763	689	524	709	873	640	796	1494	954	882	892	413	456	1061
1975	739	721	910	601	849	561	898	830	845	645	900	897	521	1204	1350	942	985	1100	450	463	1142
1976	608	718	1273	609	1112	581	1000	1006	661	637	850	1046	716	1188	1127	1071	1126	1080	545	529	1224
1977	1006	1079	1364	721	1478	936	1054	1616	914	779	858	1364	1233	1630	1076	1248	1185	1028	729	1195	1363
1978	562	601	710	454	697	565	651	626	566	432	511	753	512	948	755	675	664	710	434	409	863
1979	564	739	972	761	848	563	811	633	792	705	821	818	575	848	1270	908	748	1015	523	600	1045
1980	553	542	770	449	862	530	583	617	499	427	496	1140	628	654	716	755	978	664	431	545	919
1981	425	522	653	592	673	526	629	549	633	556	638	695	600	752	850	879	827	805	628	519	885
1982	759	853	1130	595	1555	643	1039	1143	903	744	877	1459	862	1290	1362	1379	1514	1394	729	495	1567
1983	468	595	727	484	781	494	570	495	529	507	686	716	526	706	765	766	982	790	369	400	1034
1984	484	674	832	633	1012	558	643	749	719	596	710	932	663	739	936	946	946	1062	682	455	1066
1985	544	521	469	369	706	587	460	551	509	332	499</										



Mapa 4: Correlació amb Camprodon

(Mapa: autor)

Eigenvalor número	Eigenvalor	% del total variància	Variància acumulada
1	27,39	63,70	63,70
2	2,43	5,65	69,35
3	2,11	4,91	74,26
4	1,92	4,47	78,73
5	1,09	2,54	81,27
6	1,01	2,35	83,62
7	0,86	2,00	85,62
8	0,85	1,98	87,60
9	0,73	1,70	89,30
.	..	..	..
.	..	..	..
.	..	..	..
43	0,00	0,0	100,00

Taula 4: Valors propis (eigenvalors) de la matriu de coeficients de correlació. Tant per cent explicat de la variància total i de la variància acumulada per cada eigenvalor

I dels *eigenvectors* poden computar-se les càrregues o coeficients de les components,

$$a_{jc} = \alpha_{jc} \sqrt{\lambda_c} \quad (c=1,2,\dots,n)$$

Aquestes càrregues poden interpretar-se com els *coeficients de correlació* entre els observatoris i les noves categories o agrupaments definits per la connexió *eigenvalor/eigenvector*. A aquestes noves categories se les anomena components o factors.

Així aquestes noves components o factors representen una reorganització de les interconnexions entre les N dades originals, de tal forma que la major part de les N unitats de variància estiguin concentrades en unes relativament poques d'aquestes noves categories.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	COM
1	0,76	-0,01	-0,18	-0,03	-0,14	-0,15	0,65
2	0,70	-0,13	-0,37	-0,31	0,06	0,14	0,76
3	0,73	0,07	-0,35	-0,14	-0,03	0,30	0,77
4	0,80	0,14	-0,11	-0,20	-0,14	0,09	0,73
5	0,73	-0,15	-0,25	-0,48	0,17	0,21	0,92
6	0,76	-0,20	-0,01	0,24	0,10	-0,30	0,78
7	0,89	0,12	-0,08	-0,10	-0,14	-0,00	0,85
8	0,81	0,06	-0,28	-0,08	0,18	0,10	0,79
9	0,71	-0,25	-0,10	0,26	0,02	-0,34	0,76
10	0,80	-0,44	-0,07	-0,09	0,11	-0,15	0,88
11	0,85	0,27	-0,18	0,10	-0,25	-0,01	0,91
12	0,82	0,29	-0,29	-0,01	0,07	0,05	0,84
13	0,79	-0,25	-0,29	0,23	-0,17	0,02	0,86
14	0,84	-0,22	-0,03	0,15	-0,28	-0,05	0,85
15	0,87	-0,09	-0,16	-0,06	-0,17	-0,14	0,84
16	0,77	-0,44	-0,09	0,07	0,10	-0,10	0,83
17	0,82	0,10	-0,04	0,35	0,05	-0,11	0,82
18	0,86	-0,21	-0,10	0,12	0,18	-0,04	0,84
19	0,85	-0,22	0,02	0,34	0,01	0,07	0,90
20	0,91	-0,14	-0,05	0,13	-0,11	0,06	0,88
21	0,89	-0,00	-0,25	-0,07	0,19	-0,01	0,90
22	0,91	0,17	0,03	0,26	-0,00	0,12	0,93
23	0,61	-0,36	0,39	-0,42	-0,07	0,04	0,84
24	0,91	-0,14	0,09	0,20	-0,07	0,02	0,91
25	0,71	0,39	0,10	0,28	-0,21	0,21	0,84
26	0,87	-0,08	-0,10	-0,01	-0,14	0,10	0,80
27	0,86	0,11	0,31	0,07	0,03	0,03	0,85
28	0,67	-0,32	0,50	-0,15	0,14	-0,03	0,84
29	0,87	0,31	0,13	0,09	-0,09	0,04	0,89
30	0,82	0,14	0,26	0,04	0,03	0,29	0,85
31	0,89	0,18	0,05	-0,15	-0,06	-0,16	0,88
32	0,81	-0,07	-0,07	-0,44	-0,08	-0,09	0,88
33	0,88	0,02	-0,04	-0,31	0,09	-0,07	0,88
34	0,84	-0,09	0,16	0,03	0,00	-0,04	0,75
35	0,82	0,01	0,36	0,04	0,07	0,24	0,87
36	0,72	0,33	0,42	-0,13	0,07	-0,01	0,82
37	0,56	0,47	-0,01	-0,30	-0,31	-0,36	0,85
38	0,87	0,23	0,09	-0,21	0,24	-0,04	0,92
39	0,68	0,16	0,40	-0,12	0,21	-0,24	0,76
40	0,71	0,47	-0,16	0,15	0,30	-0,12	0,88
41	0,76	-0,28	0,05	0,25	0,15	0,25	0,80
42	0,70	-0,22	0,42	-0,06	-0,36	0,08	0,85
43	0,69	0,31	0,07	0,20	0,29	-0,04	0,71
VAR	27,39	2,43	2,11	1,92	1,09	1,01	
%	63,70	5,65	4,91	4,47	2,54	2,35	

Taula 5: Càrregues de les sis primeres components principals (C1-C6) i comunalitats (COM) per a cada observatori

comunes generadores de pluja i sembla suggerir que la influència de les condicions locals úniques de l'observatori són generalment de poca importància (< 25%).

Així mateix, aquesta interpretació confirmaria els treballs de PUIGCERVER i GUILLO (1970 i 1971) i de l'autor d'aquest treball (1986), respecte al fet que la major part de

les precipitacions sobre Catalunya són degudes a sistemes organitzats de borrasques amb els seus fronts associats i no pas a precipitacions locals, malgrat la forta intensitat d'algunes vegades.

Analitzada la matriu amb les comunalitats en la diagonal principal resulten quatre *eigenvalors* que superen la unitat, els quals,

a més, superen el 77% de la variància total (taula 6).

Aquests quatre *eigenvalors* porten, cada un, associat un vector de 43 components. Les càrregues dels quatre principals factors per a cada un dels observatoris es calculen de la forma següent:

$$a_{ij} = e_{ij} \cdot \sqrt{\lambda_i} \quad (i=1,2,3,4) \quad (j=1,2,\dots,43)$$

essent λ_i l'*eigenvalor* i , i e_{ij} l'*eigenvector* corresponent. A la taula 7 vénen expressades les càrregues o correlacions amb les noves categories o factors.

S'hi observa com les càrregues de les quatre primeres components i dels quatre factors principals no difereixen pas gaire (taules 5 i 7).

Interpretació dels factors

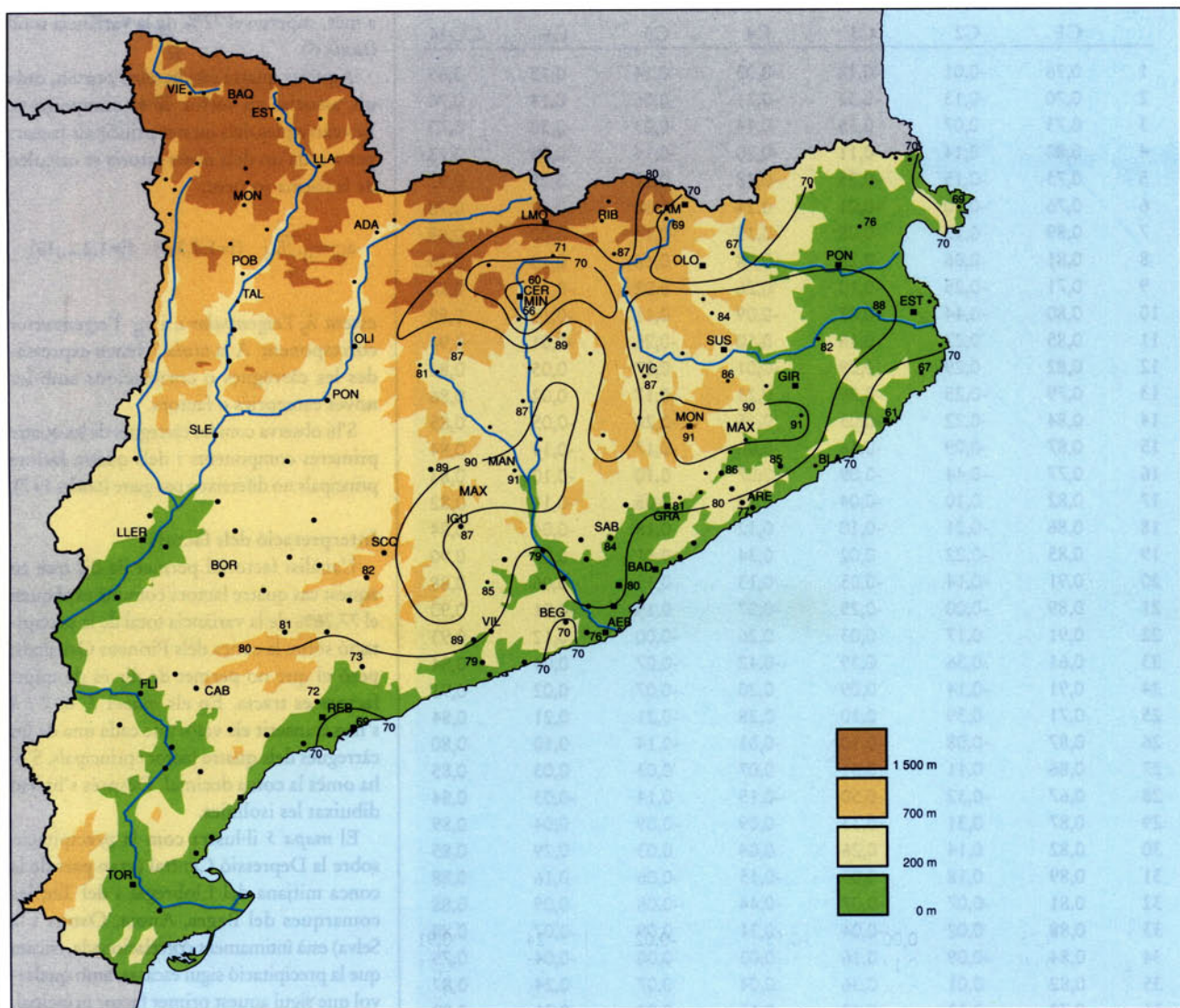
L'anàlisi factorial permet de dir que en aquest cas quatre factors comuns expliquen el 77,26% de la variància total de la precipitació sobre la conca dels Pirineus Orientals; però el que no permet de dir és de quins factors es tracta. En els mapes 5, 6, 7 i 8 s'han transcrit els valors de cada una de les càrregues dels quatre factors principals. S'hi ha omès la coma decimal. Després s'hi han dibuixat les isolínies.

El mapa 5 il·lustra com la precipitació sobre la Depressió Central (gran part de la conca mitjana del Llobregat i del Ter, les comarques del Bages, Anoia, Osona i la Selva) està íntimament correlacionada, encara que la precipitació sigui escassa, amb qualsevol que sigui aquest primer factor principal. Els coeficients de correlació superen el 85%.

D'altra banda, l'àrea de menor correlació (si bé també bastant elevada en la majoria dels casos) és la Costa; el mínim de correlació se centra a la conca alta del Llobregat amb un valor del 56%.

Tot i que no es pot deduir exactament què significa aquest factor, hom tendiria a associar-lo dinàmicament als temporals de ponent, que són els que aporten la major proporció de precipitació als Pirineus Orientals. Estàticament podria associar-se a l'obertura de cada observatori vers l'oest. BENICHO (1987).

En el mapa 6, la franja costanera (excepte el Baix Penedès), el pre-litoral, gran part de la conca del Llobregat i l'Empordà són dins de l'àrea correlacionada positivament amb el segon factor, mentre que les àrees més muntanyoses estan correlacionades negativament. El màxim positiu és del 43% a la costa i el màxim negatiu (47%) a la capçalera



Mapa 5: Primer factor 63%

(Mapa: autor)

del Llobregat. Aquest factor podria associar-se als temporals de llevant o a l'obertura vers el sud-est o, potser, d'alguna manera, al relleu.

En el mapa 7 també hi ha dues àrees clarament diferenciades: una correlacionada positivament amb el tercer factor, el terç NE de la conca dels Pirineus Orientals amb un màxim a la conca alta del Ter (41%), i una altra de correlacionada negativament, el terç SE amb un màxim del 34%. Aquest factor podria associar-se als temporals del NE o a l'obertura al NE.

El mapa 8 té una configuració més complexa: mentre als anteriors les correlacions positives i negatives estaven ben separades, en aquest hi ha una gran àrea central

Eigenvalor número	Eigenvalor	% del total variància	Variància acumulada
1	27,23	63,33	63,33
2	2,28	5,29	68,62
3	1,94	4,51	73,13
4	1,78	4,13	77,26
5	0,94	2,18	79,44
6	0,83	1,93	81,37
..	..	..	..
..	..	..	..
43	0,00	0,00	100,00

Taula 6: Valors propis (eigenvalors) de la matriu de coeficients de correlació amb les comunaltats a la diagonal principal. Tant per cent explicat de la variància total i de la variància acumulada per cada eigenvalor

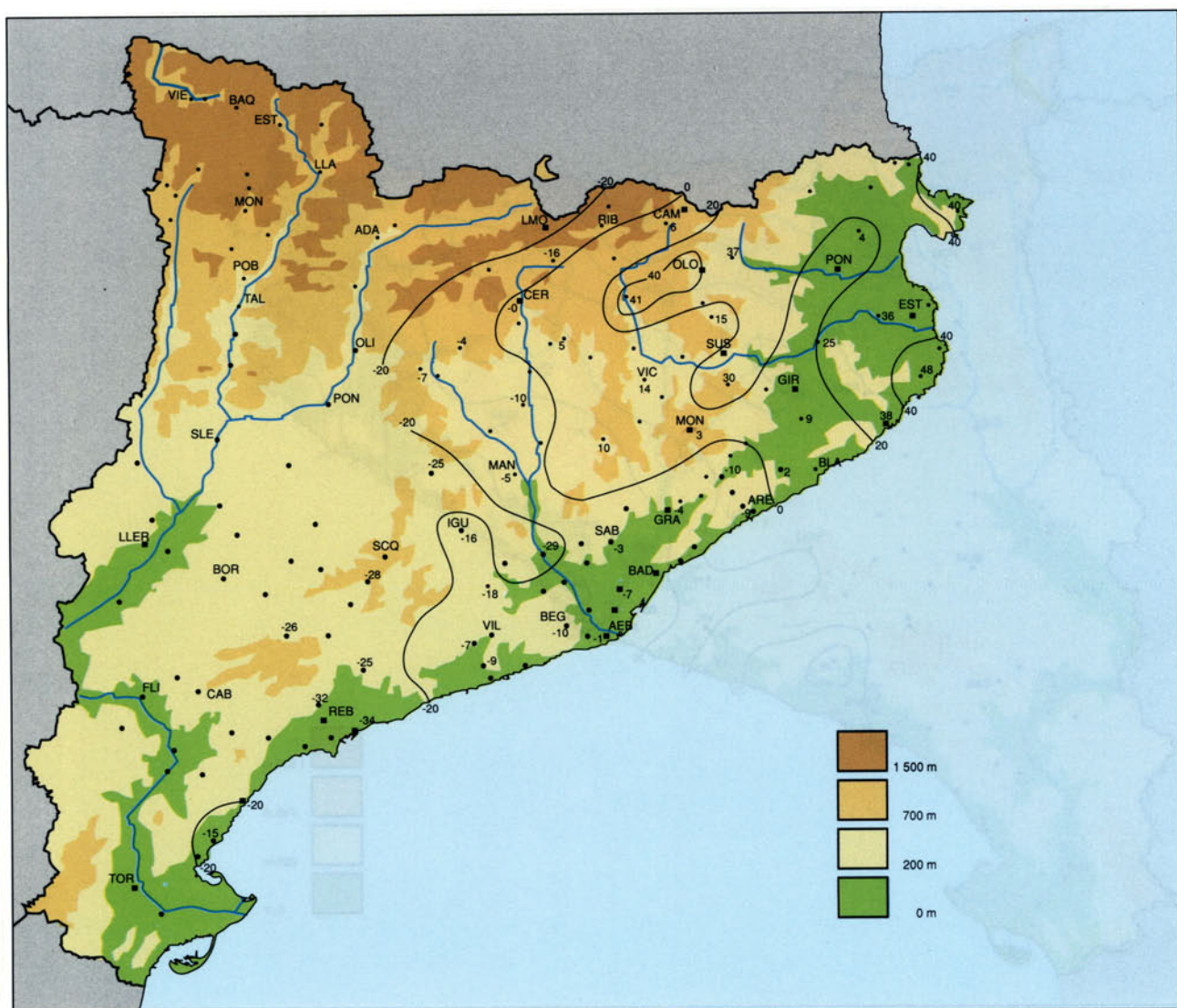


Foto 1: Observatori de l'Estarit

(Foto: autor)

	F1	F2	F3	F4		F1	F2	F3	F4
1	0,75	0,00	-0,15	-0,02	24	0,91	0,14	0,09	0,20
2	0,69	0,12	-0,34	-0,28	25	0,71	-0,38	0,10	0,27
3	0,72	-0,06	-0,32	-0,13	26	0,87	0,07	-0,10	-0,01
4	0,79	-0,13	-0,09	-0,18	27	0,85	-0,10	0,30	0,07
5	0,73	0,15	-0,25	-0,48	28	0,67	0,31	0,48	-0,15
6	0,76	0,19	-0,01	0,22	29	0,87	-0,30	0,14	0,09
7	0,89	-0,12	-0,07	-0,10	30	0,82	-0,13	0,25	0,04
8	0,81	-0,06	-0,26	-0,08	31	0,89	-0,17	0,05	-0,15
9	0,70	0,23	-0,10	0,24	32	0,81	0,07	-0,07	-0,43
10	0,80	0,43	-0,07	-0,08	33	0,87	-0,01	-0,04	-0,30
11	0,85	-0,27	-0,18	0,10	34	0,84	0,08	0,15	0,03
12	0,82	-0,28	-0,28	-0,01	35	0,82	-0,00	0,36	0,04
13	0,79	0,24	-0,29	0,22	36	0,72	-0,31	0,41	-0,12
14	0,84	0,21	-0,03	0,15	37	0,56	-0,45	-0,00	-0,29
15	0,87	0,08	-0,16	-0,06	38	0,87	-0,23	0,09	-0,21
16	0,77	0,42	-0,09	0,07	39	0,67	-0,15	0,37	-0,12
17	0,81	-0,10	-0,04	0,33	40	0,71	-0,47	-0,16	0,14
18	0,86	0,20	-0,10	0,11	41	0,76	0,26	0,04	0,24
19	0,85	0,22	0,02	0,34	42	0,69	0,22	0,40	-0,05
20	0,91	0,14	-0,05	0,33	43	0,69	-0,28	0,06	0,17
21	0,89	-0,00	-0,25	-0,08					
22	0,91	-0,17	0,03	0,26	VAR	27,23	2,28	1,94	1,78
23	0,61	0,36	0,38	-0,39	%	63,33	5,29	4,51	4,13

Taula 7: Càrregues dels quatre factors principals (F1-F4) per a cada observatori



Mapa 7: Tercer factor 4,5%

(Mapa: autor)

Foto 2: Pedregada al Maresme al juliol de 1986

(Foto: autor)

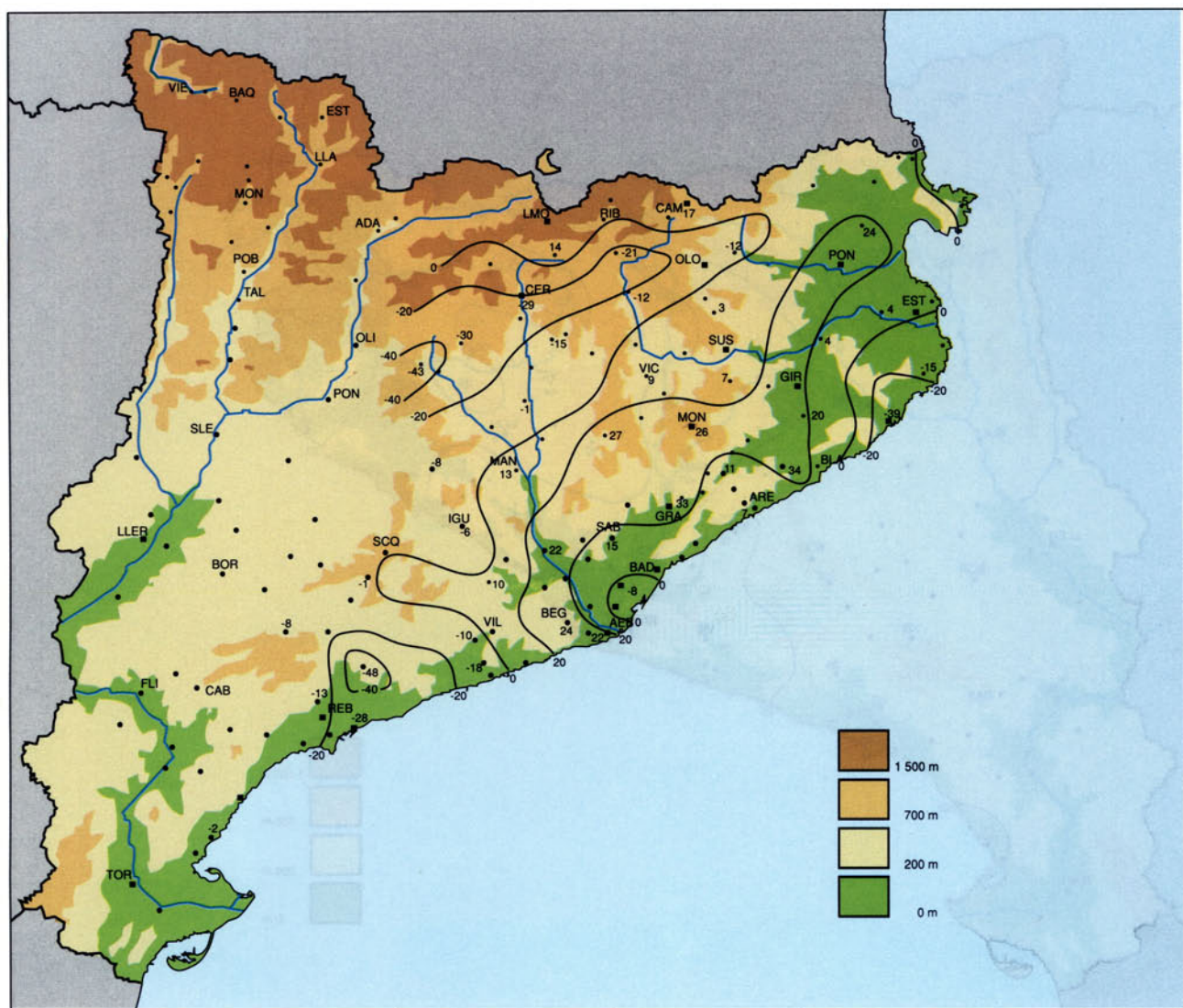


climàtic se sobreentén que aquests límits mai no seran cap línia, sinó una franja més o menys extensa.

S'obtenen dues regions, A i B, essent aquesta darrera no contínua, repartida per les vores de la conca i bastant menys extensa que la A, que ocupa tot el nucli. Això es veu millor en el mapa 5, on la regió B és la que té valors inferiors a 0,70.

En el mapa 9 s'ha posat un subíndex de lletra (a,b,c) al número de comarca, no pas perquè presentin diferències sinó per distingir-les bé en nomenar-les, ja que algunes no formen un continu.

El nombre i la forma de les comarques finals està determinat en gran part pels factors segon, tercer i quart.



Mapa 8: Quart factor 4%

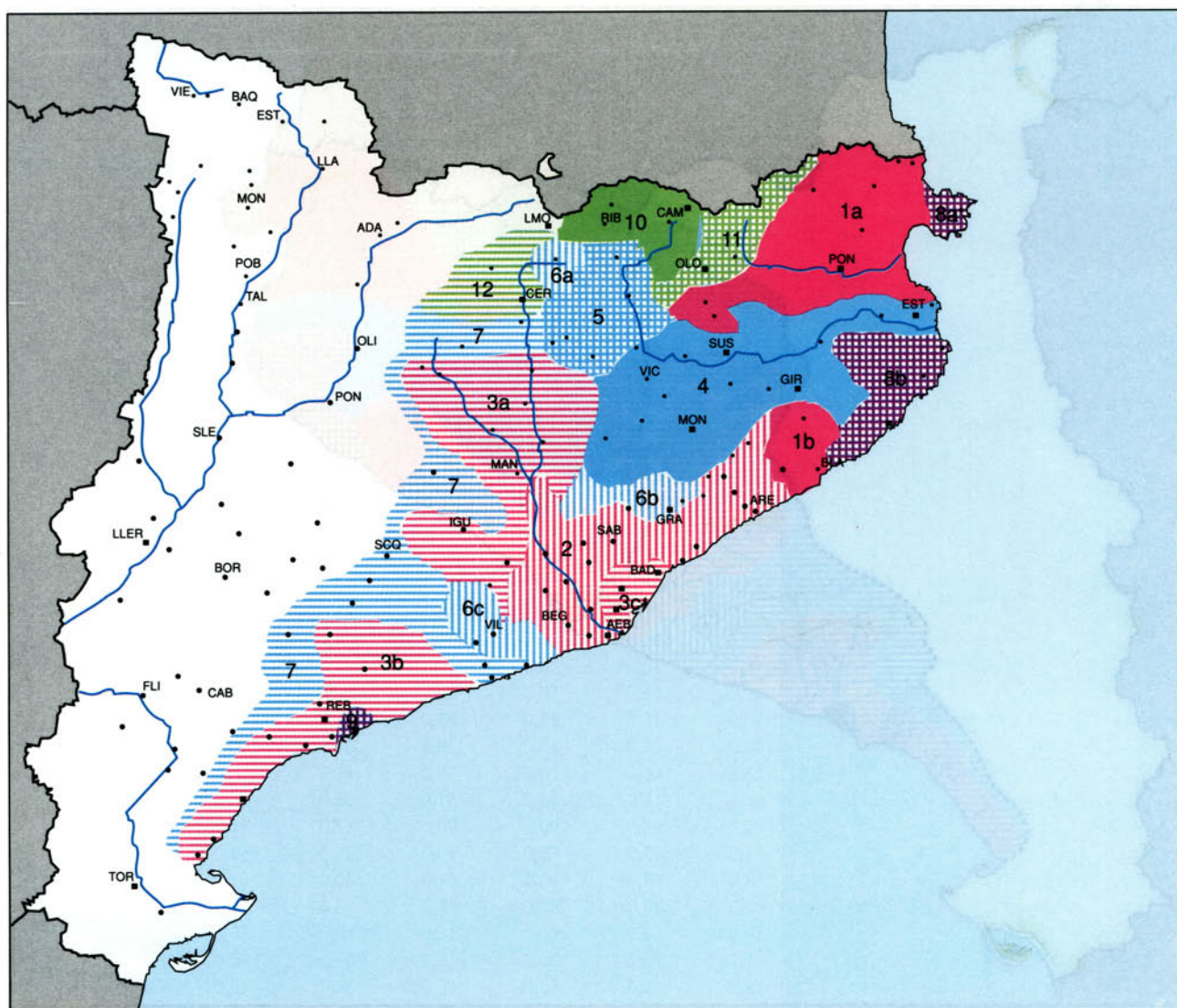
(Mapa: autor)

S'hi pot observar com les conques importants coincideixen en gran part amb comarques o subregions definides aquí.

La conca del Fluvià, llevat de la seva capçalera, i la de la Muga coincideixen amb la comarca 1a. La conca del Ter, excepte la seva capçalera, coincideix amb les comarques 4 i 5. La conca del Llobregat, a excepció també de la seva capçalera, i la del Besòs coincideixen amb la comarca 2a i part de la 3a. Les conques del Gaià i del Francolí, amb la 3b. Les capçaleres del Fluvià, del Ter i del Llobregat estan en la subregió B2, que coincideix amb les comarques 10, 11 i 12. I el límit de la conca dels Pirineus Orientals amb la de l'Ebre coincideix amb la comarca 7.

A (1 ^a . dominant) > 0,7	A.1 (2 ^a >0)	A.1.1. (3 ^a >0)	(4 ^a >0) : 19,24,34,41	1
			(4 ^a <0) : Ø	
	A.1.2. (3 ^a <0)		(4 ^a >0) : 6,9,13,14,16,18,20	2
			(4 ^a <0) : 1,5,10,15,26,32	3
	A.2 (2 ^a <0)	A.2.1. (3 ^a >0)	(4 ^a >0) : 22,25,27,29,30,35	4
			(4 ^a <0) : 31,36,38	5
		A.2.2. (3 ^a <0)	(4 ^a >0) : 11,17,40	6
			(4 ^a <0) : 3,4,7,8,12,21,33	7

Figura 1



Mapa 9: Comarques pluviomètriques

(Mapa: autor)

B (1 ^a . major) < 0,7	B.1.(2 ^a >0)	B.1.1.(3 ^a >0)	(4 ^a >0) : Ø	8
			(4 ^a <0) : 23,28,42	
	B.2.(2 ^a <0)	B.1.2.(3 ^a <0)	(4 ^a >0) : Ø	9
			(4 ^a <0) : 2	
		B.2.1.(3 ^a >0)	(4 ^a >0) : 43	10
			(4 ^a <0) : 39	
		B.2.2.(3 ^a <0)	(4 ^a >0) : Ø	11
			(4 ^a <0) : 37	
				12

Figura 2

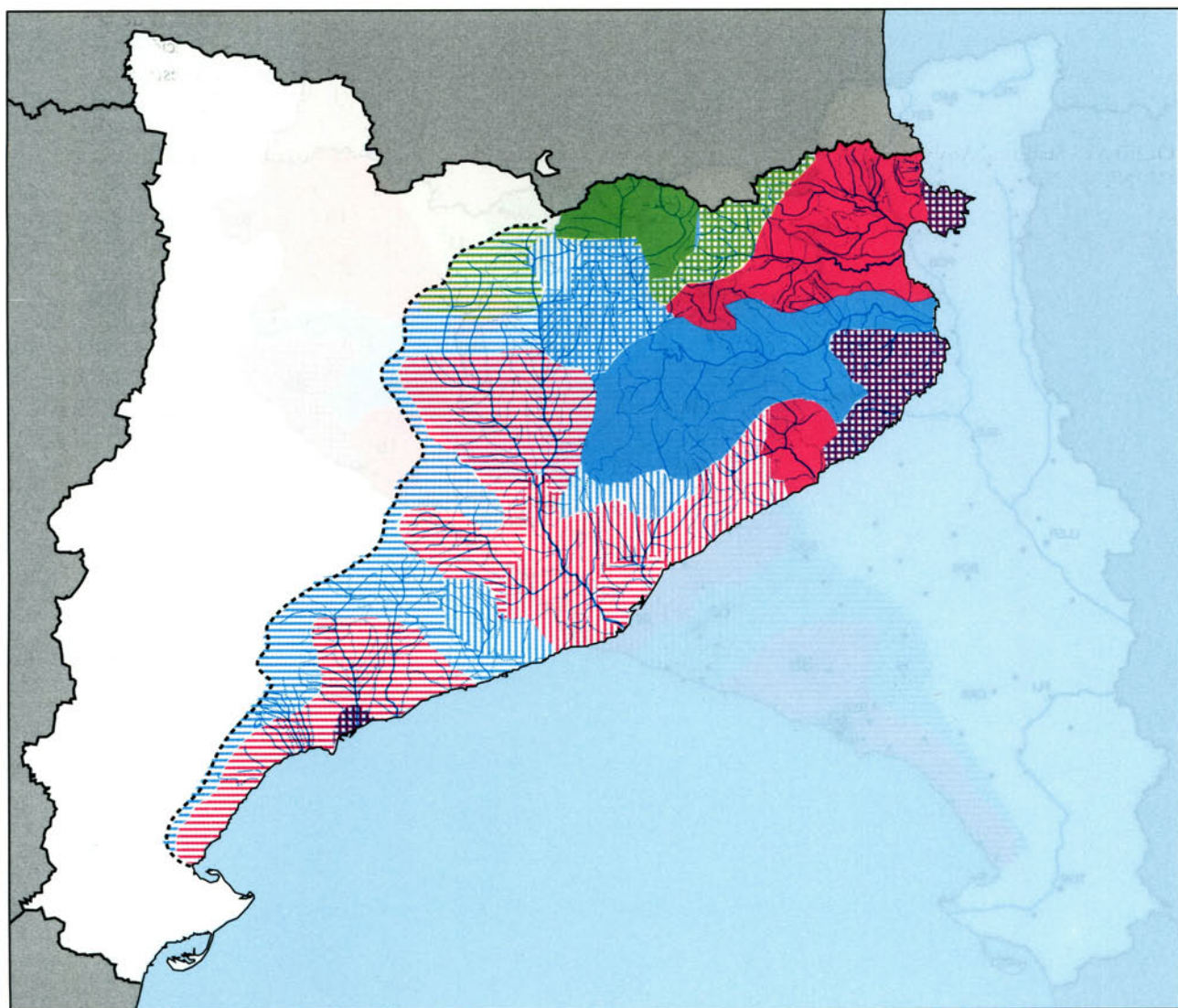
Això és completament lògic, ja que els rius discorren per àrees que tenen una precipitació particular, la pròpia d'aquella conca, normalment diferenciada de la contigua.

Tant la precipitació sobre una conca com la mateixa conca s'influeixen mútuament per formar una unitat que es manté al llarg del temps; si una de les dues canvia, això fa variar l'altra per tal de mantenir-se l'equilibri.

En el mapa 10, de conques dels Pirineus Orientals, s'han acolorit, seguint les mateixes claus que en el mapa 9, aquestes comarques per tal de mostrar llur coincidència.

Conclusió

Hom ha assignat 43 observatoris a dotze comarques pluviomètriques mitjançant un



Mapa 10: Conques i comarques pluviomètriques

(Mapa: autor)

Regió A	Comarca 1 — ple	Vermell (A.1)
	Comarca 2 — ratllat vertical	
	Comarca 3 — ratllat horitzontal	
	Comarca 4 — ple	Blau (A.2)
	Comarca 5 — quadrícula	
	Comarca 6 — ratllat vertical	
	Comarca 7 — ratllat horitzontal	
Regió B	Comarca 8 — quadrícula	Morat (B.1)
	Comarca 9 — ratllat horitzontal	
	Comarca 10 — ple	Verd (B.2)
	Comarca 11 — quadrícula	
	Comarca 12 — ratllat horitzontal	

Figura 3

mètode completament objectiu, l'anàlisi factorial. En aquestes comarques les fluctuacions de la precipitació anual poden ser estudiades més satisfactòriament; a més hom podrà elegir una o diverses estacions pluviomètriques patrons que permetran de trobar un model de distribució de les precipitacions anuals en cada zona.

Data de recepció de l'original: 11.88

Alejandro Martínez Albaladejo
 Director del Centre Meteorològic
 Zonal de Barcelona
 Institut Nacional de Meteorologia

Annex

Els programes emprats han estat els inclosos en els paquets següents de l'ordinador personal Olivetti M-20:

OLISTAT - Statistical Analysis

OLINUM - Numerical Analysis

De l'OLISTAT, els programes:

- SLSTA1: per al càlcul de la mitjana i de la desviació de la precipitació de cada observatori.

- SLSLRS: per al càlcul dels coeficients de la regressió lineal, el coeficient de correlació, el pendent de la recta, etc.

- SLCOV: per al càlcul de la matriu de coeficients de correlació del conjunt de 30 observacions de 43 estacions.

De l'OLINUM:

- SLJAC: per al càlcul dels eigenvalors i eigenvectors d'una matriu simètrica.

BIBLIOGRAFIA

BENICHO, P. I LE BRETON, O.: "Prise en compte de la topographie pour la cartographie des champs pluviométriques statistiques". *La Météorologie*, núm. 19, pàgs. 23-34. 1987.

DYER, T.G.J.: "The assignment of rainfall stations into homogeneous groups: An application of principal component analysis", a *Quart. J.R. Met. Soc.* núm. 103, pàgs. 1005-1013. 1975.

ESSENWANGER: *Applied Statistics in Atmospheric Science. Part A*. Elsevier Co. 1976.

GREGORY, S.: "On the delimitation of regional patterns of recent climatic fluctuations", a *Weather*, volum 30, núm. 9, pàgs. 276-287. 1975.

GUILLO, A. I PUIGSERVER, M.: "Sobre las contribuciones relativas de las precipitaciones local y generalizada a la precipitación total en Cataluña". *Revista Geofísica*, núm. 3. 1970.

HARMAN, H.H.: *Análisis Factorial Moderno*. Ed. Saltés. 1980.

LINÉS ESCARDO, A.: *Perturbaciones típicas que afectan a la Península Ibérica y precipitaciones asociadas*. INM A-80. 1981.

MARTÍNEZ ALBALADEJO, A.: *Perturbaciones típicas de precipitación en Cataluña. Caracterización y Cuantificación. Aplicación a la Predicción*. Tesis de licenciatura. Universitat de Barcelona, 1986.

OGALLO, L.: *Regional classification of East African rainfall stations into homogeneous groups using the method of principal component analysis*. Statistical Climatology. Ed. Elsevier. 1980.

PUIGSERVER, M. I GUILLO, A.: "Contribución al estudio de la precipitación organizada en Cataluña". *Revista Geofísica* núm. 1 i 2. 1971.

STIDD, CH.: "The use of eigenvectors for climatic estimates", a *Journal of Applied Meteorology*, volum 6, pàgs. 255-264. 1967.

VILLA, D. (ET. AL.): *Análisis estadístico de la pluviometría en la Península Ibérica*. INM A-132. 1985.

Empezar sobre una base sólida



Cuando se están estableciendo las bases para la construcción de un edificio o autopista o de un sistema completo de información geográfica, se necesita una tecnología avanzada en topografía y cartografía. Existe un sistema suficientemente flexible que contiene una amplia gama de aplicaciones; una solución que resuelve todas las necesidades de captura de datos: INTERGRAPH.

Una base sólida para su proyecto

Para mejorar la eficacia en los proyectos o levantamientos para ingeniería, se requiere:

- ☐ Conexión con libretas electrónicas.
- ☐ Diseño parametrizado.
- ☐ Proyecto, simulación y cálculo de redes geodésicas.
- ☐ Modelos digitales del terreno.
- ☐ Aplicaciones para la implantación y diseño en ingeniería.
- ☐ Aplicaciones para cálculo y análisis de movimiento de tierras.

INTERGRAPH ofrece estas herramientas como parte de un sistema total e integrado, para la captura, gestión, análisis y presentación de información geográfica. Con INTERGRAPH, todos los ficheros relacionados con un proyecto forman parte de una base de datos única. La información compartida ayuda a los distintos departamentos a comunicarse adecuadamente, evitando la duplicación de datos, mejorando la productividad.

Un compromiso sólido de formación y asistencia

Para INTERGRAPH, la formación y asistencia al usuario son temas prioritarios. A partir del conocimiento de las tareas cotidianas en topografía e ingeniería, se consigue mejorar la productividad y la eficacia, introduciendo adecuadamente los gráficos interactivos. Este compromiso con el usuario ha convertido a INTERGRAPH en el líder mundial en cartografía asistida por ordenador. Empezar con INTERGRAPH supone establecer una base sólida, para cualquier proyecto en topografía, ingeniería o cartografía.

Un sistema único. Todas las soluciones.

Para más información, dirigirse a:
INTERGRAPH ESPAÑA, S.A.
C/. Gobelos, 47-49 LA FLORIDA
28023 MADRID Tel.: 91 - 372 80 17
EDIFICIO UNIBER c/. Aribau, 197-199
08021 BARCELONA Tel.: 93 - 200 52 99
c/. Las Mercedes, 8 48930 LAS ARENAS
GETXO (VIZCAYA) Tel.: 94 - 463 40 66

INTERGRAPH