

4. APLICACIÓ DE LA TÈCNICA D'ARKIN

A continuació anem a exposar els resultats obtinguts en l'aplicació de la tècnica d'Arkin, tant en la seva versió original com amb les modificacions que s'hi ha introduït per millorar la seva aplicabilitat al nostre cas.

4.1. Versió original

En aquest treball s'ha utilitzat un mètode equivalent al que va fer servir Arkin (1979), estudiant totes les imatges, pixel a pixel, de cada un dels mesos, imatge a imatge per cada un dels dies del mes, i discriminant cada pixel en funció de la seva temperatura. Tots aquells que eren més freds que la temperatura llindar predeterminada, 235 K, es consideraven com part d'un núvol que portava precipitació, i se'ls hi associava una determinada intensitat de pluja, 3 mm/h. En principi s'han estudiat les imatges corresponents a cada hora, 24 hores al dia per cada un dels mesos en estudi. Tot i que es disposa de 48 imatges per dia, s'ha comprovat que la utilització de la meitat de les imatges no empitjora significativament els resultats (veure més endavant), i en canvi es redueix a pràcticament la meitat el temps de processament de l'ordinador.

Els resultats obtinguts per cada un dels mesos s'han acumulat posteriorment en intervals de tres mesos, que correspondrien a les quatre estacions climàtiques aproximadament, i finalment per un període de 12 mesos, de juliol del 1994 a juny de 1995.

4.1.1. Període anual, juliol 1994 – juny 1995

Per la totalitat del període estudiat, s'obté un coeficient de correlació de 0.60 entre les mesures dels pluviòmetres i les estimacions fetes amb el model, amb una sobreestimació de la precipitació de 0.77 mm/dia/obs. per al conjunt dels observatoris

estudiats, que correspondria aproximadament a una **sobreestimació** mitjana de 260 mm per cada observatori en tot el període estudiat, aplicant les condicions de temperatura llindar i precipitació de la tècnica original d'Arkin. Si tenim en compte que la tècnica original és va calibrar en una zona oceànica tropical, no és estranya aquesta sobreestimació. En la taula 4.1 hi figuren també els resultats corresponents a cada una de les tres zones en què hem dividit el territori estudiat seguint els criteris de Font (Font, 1983), com ja s'ha indicat. Val a dir que totes les dades anteriors s'han obtingut comparant les dades de precipitació recollida a cada un dels observatoris, amb la proporcionada per la tècnica per al pixel corresponent a la situació de l'observatori, i fent la correlació de Pearson entre aquestes parelles de valors, que és la metodologia normalment emprada en aquesta mena d'estudis, mentre que la desviació s'obté restant de la precipitació mesurada la precipitació estimada per la tècnica.

Taula 4.1. Correlacions i desviacions per la tècnica original durant tot el període juliol94-juny95.

Temperatura llindar = 235 K	TOTAL	ZONA I	ZONA II	ZONA III
Coefficient de correlació	+0,60	+0,20	+0,70	+0,47
Desviació (mm/dia/obs)	-0.77	-0.04	-1.51	-0.74
Precipitació INM (mm/dia/obs)	+1.35	+2.90	+1.01	+0.86

En la taula 4.1, les desviacions estan en mm/dia/obs, negatives les sobreestimacions i positives les subestimacions. Pot apreciar-se clarament com el mètode té una baixa correlació en la zona I, nord i nord-oest, i té un comportament millor en les altres dues, sobretot en la segona, litoral mediterrani. Una primera explicació d'aquests resultats podria venir de la diferent tipologia de la precipitació en cada una de les zones, sent preferentment frontal i amb un fort component orogràfic en la primera zona, i preferentment de tipus convectiu les precipitacions més intenses de les altres dues zones. S'hi ha inclòs la precipitació mitjana mesurada en els observatoris per tenir una idea de la importància de les desviacions. Així podem veure que la desviació en la zona I és de poca magnitud, però en canvi en les altres dues zones la desviació és del 150% en la zona II i del 86% en la zona III. En la gràfica de la figura 4.1 es representa la precipitació estimada per la tècnica en cada un dels observatoris al llarg del període estudiat, front la mesurada realment en l'observatori. Es pot veure com la majoria dels punts queden per sobre la diagonal, i per tant com la tècnica sobreestima la precipitació en la majoria dels observatoris.

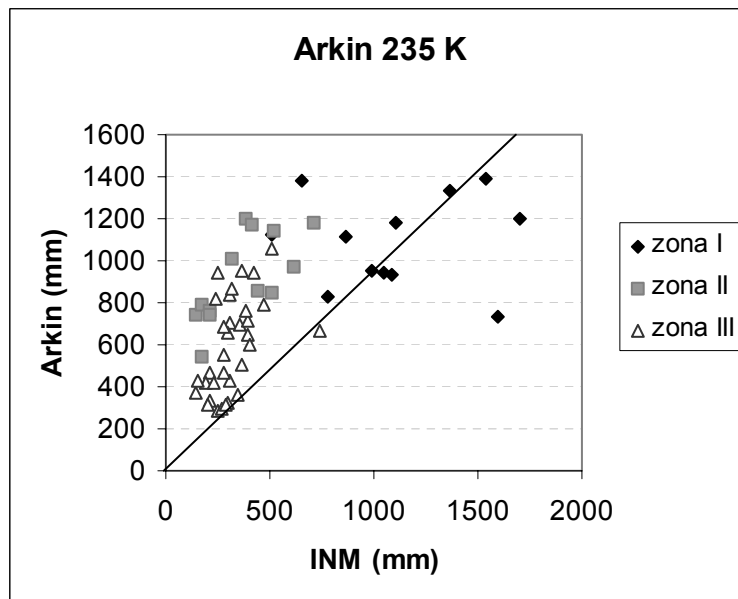


Figura 4.1. Tècnica d'Arkin. Període anual. Representació de la precipitació estimada front la mesurada en cada un dels observatoris.

4.1.2. Períodes estacionals

En el punt anterior hem presentat els resultats corresponents a tot el període estudiat, anem ara a veure'ls per cada una de les estacions climàtiques convencionals.

En la taula 4.2.a tenim els coeficients de correlació i les desviacions, corresponents a cada una de les estacions astronòmiques, convenientment aproximades, estiu (juny, juliol i agost), tardor (setembre, octubre i novembre), hivern (desembre, gener i febrer) i primavera (març, abril i maig). Aquest sistema d'agrupar els mesos en estacions és el mateix conveni que segueix el GPCC. En la taula 4.2.b s'han ordenat les estacions en funció dels coeficients de correlació, i de les desviacions, de major a menor. En la gràfica de la figura 4.2 es mostra d'una manera visual, la variació de les correlacions amb les diferents estacions, així com entre les diverses zones entre si.

Es pot apreciar la disparitat de resultats entre les diferents zones i les diferents estacions. En general, les pitjors correlacions s'obtenen per a l'hivern, excepte en la zona I, on s'obtidrien les millors, sense arribar tot i així a un mínim acceptable. Per al conjunt del territori estudiat, la pitjor correlació correspondria a la primavera, mentre que per a la zona II serien l'hivern i la primavera les pitjors, al igual que en la zona III, tot i que no tant marcadament. També es pot veure com les desviacions són negatives i grans per la major part de les zones i estacions, és a dir la tècnica original sobreestima fortament la precipitació. Com s'aprecia en la taula 4.2.b l'ordre en el coeficients de correlació, de major a menor, per a cada una de les zones és tardor, estiu, primavera, hivern, intercanviant-se el lloc aquestes dues últimes si prenem el conjunt. Si recordem que la tècnica identifica millor la precipitació d'origen convectiu, es fa fàcil entendre que la tardor i l'estiu tinguin les majors correlacions. Si ens fixem en les desviacions, ordenant-les de manera que siguin menors, veiem una sèrie semblant. La tardor i l'estiu són les estacions amb desviacions més petites, encara que s'intercanvien el lloc en la zona II, i l'hivern i la primavera les que les tenen més grans. La zona I queda en canvi fora d'aquests raonaments, amb l'ordre invertit. Els tipus de precipitació predominant en aquesta zona pot explicar aquest comportament dispar.

Taula 4.2.a. Correlacions i desviacions per a cada estació astronòmica.

	Correlació			
	TOTAL	ZONA I	ZONA II	ZONA III
Estiu	0,56	0,09	0,59	0,49
Tardor	0,64	0,18	0,73	0,55
Hivern	0,55	0,06	-0,16	0,27
Primavera	0,43	0,07	-0,05	0,45
	Desviació (mm/dia/obs)			
Estiu	-0.15	-0.12	-0.15	-0.15
Tardor	-0.02	+0.21	-0.20	-0.04
Hivern	-0.39	-0.07	-0.80	-0.34
Primavera	-0.25	-0.04	-0.44	-0.25

Taula 4.2.b. Correlacions i desviacions per a cada estació astronòmica (representada per la seva inicial) ordenats de major a menor.

	TOTAL	ZONA I	ZONA II	ZONA III
Coefficient de correlació	TEHP	TEPH	TEPH	TEPH
Desviacions	TEPH	PHET	ETPH	TEPH

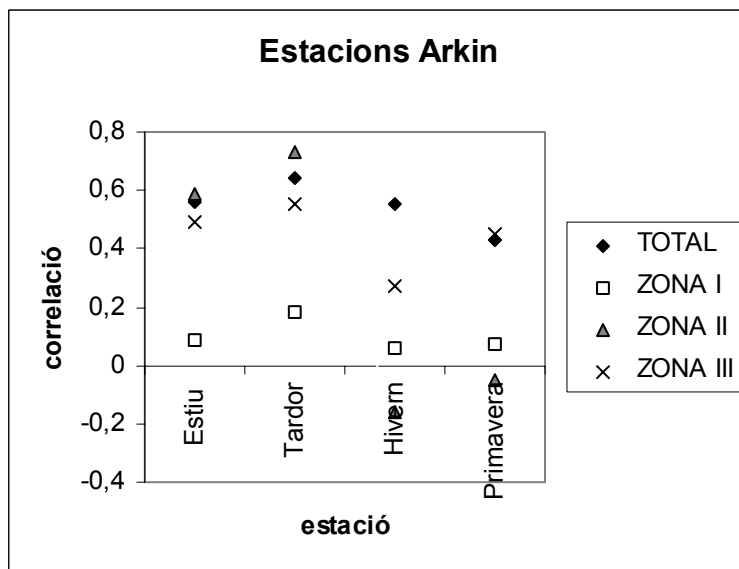


Figura 4.2. Tècnica d'Arkin: correlacions per a cada estació astronòmica

4.1.3. Períodes mensuals

El mes ha estat la unitat temporal escollida en el tractament de les dades, de l'agrupació dels mesos s'obtenen les dades corresponents a les estacions i d'aquestes el període anual. Això es va fer així per poder seguir l'evolució de la tècnica al llarg de l'any, i per altra banda per la impossibilitat de tractar d'una sola vegada les més de 17000 imatges. Com veurem més endavant, un cop avançat el treball es va veure la possibilitat d'aplicar les tècniques dia a dia. Els resultats poden veure's en la taula 4.3, tant per la totalitat dels observatoris, com per cada una de les zones.

Taula 4.3. Correlacions per cada un dels dotze mesos, per al conjunt dels observatoris i per cada una de les tres zones per separat.

	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN
Tot	0,74	0,20	0,69	0,50	0,32	0,49	0,48	0,67	0,16	0,56	0,51	0,41
I	0,54	-0,03	0,52	0,28	-0,19	-0,20	0,53	0,15	0,67	0,39	-0,11	0,78
II	0,71	0,83	0,50	0,54	0,69	0,00	0,00	-0,20	0,40	0,69	0,64	-0,07
III	0,60	0,44	0,80	0,10	-0,01	0,66	-0,05	0,30	0,47	0,23	0,59	0,39

Les correlacions són força diferents, depenen del mes i de la zona en estudi, s'han remarcat en negreta els valors més alts. Per al total d'observatoris, varien entre 0.74 del juliol, fins a 0.16 del març. En la zona I les millors correlacions són pels mesos de març i juny, en la zona II, els mesos amb correlacions més altes serien juliol, agost, novembre, abril i maig, i en menor mesura setembre i octubre. En la zona III les més altes serien els mesos de juliol, setembre i desembre, i en menor mesura maig.

Si representem les dades anteriors en una gràfica, figura.4.3, podem veure la diferent evolució de les correlacions al llarg de l'any per cada una de les zones.

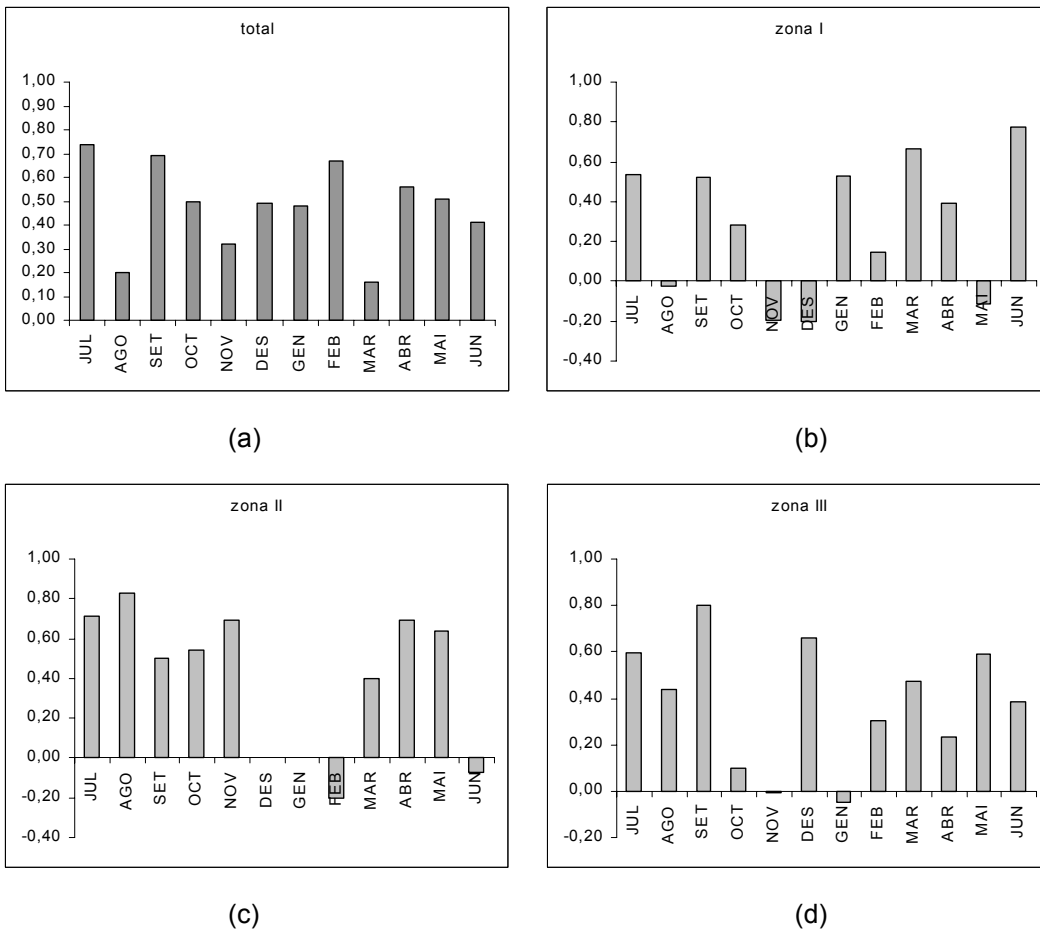


Figura 4.3. Tècnica d'Arkin: correlacions per cada un dels mesos. (a) Tots els observatoris; (b) zona I; (c) zona II; (d) zona III.

En general podem dir que aquesta diferent evolució justifica en part la divisió en zones que s'ha fet, ja que el seu comportament és força divers. Les desviacions corresponents, en mm, estan en la taula 4.4, mostrant-se la desviació del conjunt dels observatoris per a cada una de les zones en estudi.

Taula 4.4. Desviacions corresponents a cada un dels mesos (positives les subestimacions i negatives les sobreestimacions).

	TOTAL		ZONA I		ZONA II		ZONA III	
	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%
JUL	-1052	-164	-357	-88	-218	-1132	-476	-222
AGO	-551	-76	+191	+39	-346	-487	-396	-249
SET	+596	+14	+759	+45	-136	-9	-27	-3
OCT	+650	+13	+627	+44	-178	-10	326	+10
NOV	-1743	-53	-531	-49	-614	-125	-598	-35
DES	-1727	-60	+404	+21	-1100	-570	-1031	-129
GEN	-4220	-159	-731	-41	-1889	-1889	-1599	-212
FEB	-2264	-78	-266	-17	-806	-485	-1192	-107
MAR	-1381	-75	+433	+39	-1195	-836	-618	-103
ABR	-2089	-145	-542	-97	-338	-144	-1209	-186
MAI	-1764	-93	-203	-23	-555	-223	-1006	-131
JUN	-1661	-96	-465	-185	-285	-100	-910	-76

Com en les taules anteriors, les sobreestimacions corresponen a les desviacions negatives, mentre que les subestimacions a les positives. Encara que els resultats són dispars depenent del mes i la zona, pot veure's com en el conjunt dels observatoris les majors sobreestimacions en percentatge corresponen als mesos de juliol, gener i abril, i en general als mesos d'hivern i primavera, mentre que en els de tardor, la tècnica aproxima molt més les seves estimacions. Destaca la forta sobreestimació percentual dels mesos de gener i juliol en la zona del litoral mediterrani (II), que és conseqüència de la baixa precipitació en aquesta zona. També ressalta que els mesos en què va ploure més, setembre, octubre i novembre siguin els que millor aproxima la tècnica.

Les fortes sobreestimacions dels mesos hivernals, així com les baixes correlacions, poden associar-se al tipus de precipitació que les origina, majoritàriament frontal i per tant de núvols poc freds. La tècnica es va idear per a precipitació convectiva, identificant malament la precipitació d'altre tipus.

4.2. Modificació de la tècnica d'Arkin

Com ja hem comentat l'aplicació de la tècnica original d'Arkin proporciona una correlació de 0.60 per a tot el període estudiat, i la totalitat dels observatoris, amb una forta sobreestimació de la precipitació. Aquests resultats no són d'estranyar, ja que el mateix autor de la tècnica avisa de la necessitat de recalibrar-la i adaptar-la si es canvia de situació geogràfica i, sobretot, climàtica (Arkin, 1979). Amb aquest objectiu s'ha modificat en primer lloc la temperatura llindar, determinant el seu efecte sobre les correlacions entre les quantitats estimades per la tècnica i aquelles mesurades en els observatoris, per posteriorment ajustar la quantitat de precipitació assignada i així reduir les desviacions del mètode.

4.2.1. Canvi de la temperatura llindar

Per cobrir un ampli marge de temperatures es va optar per aplicar la tècnica per temperatures llindars (T_h) entre 200 K i 275 K, en intervals de 5 K. Els coeficients de correlació obtinguts per la totalitat del període estudiat tant per la totalitat dels observatoris com per cada una de les zones per separat figuren en la taula 4.5, així com en la gràfica de la figura 4.4.

En la taula, s'ha marcat amb negreta els coeficients de correlació més alts, per ajudar a la interpretació dels resultats. Com es pot apreciar en la gràfica de la figura 4.4 la temperatura llindar original no és la que proporciona la millor correlació en cap de les zones estudiades. Per les zones II, el Llevant peninsular i les illes Balears, i III, tot el centre i sud de la península, així com per al conjunt de l'àrea estudiada, temperatures llindars més altes donen millors correlacions. Per la zona I, Galícia i el litoral Cantàbric, no hi ha cap temperatura llindar que proporcioni unes correlacions mínimament acceptables, i per tant, en principi, cal concloure que la tècnica d'Arkin no serveix per estimar la precipitació en la zona I.

Taula 4.5. Coeficients de correlació per la tècnica d'Arkin. Període anual. Diferents T_h .

Th (K)	Total	Zona I	Zona II	Zona III
200	0,00	0,00	0,00	0,00
205	-0,05	0,00	0,07	0,00
210	0,12	-0,26	0,23	0,08
215	0,31	-0,05	0,47	0,15
220	0,52	0,25	0,58	0,32
225	0,55	0,27	0,49	0,44
230	0,58	0,21	0,58	0,46
235	0,60	0,20	0,70	0,47
240	0,63	0,25	0,78	0,48
245	0,65	0,24	0,81	0,51
250	0,66	0,26	0,83	0,52
255	0,67	0,21	0,84	0,54
260	0,67	0,17	0,85	0,55
265	0,66	0,02	0,86	0,59
270	0,56	-0,29	0,86	0,59
275	0,48	-0,57	0,83	0,53

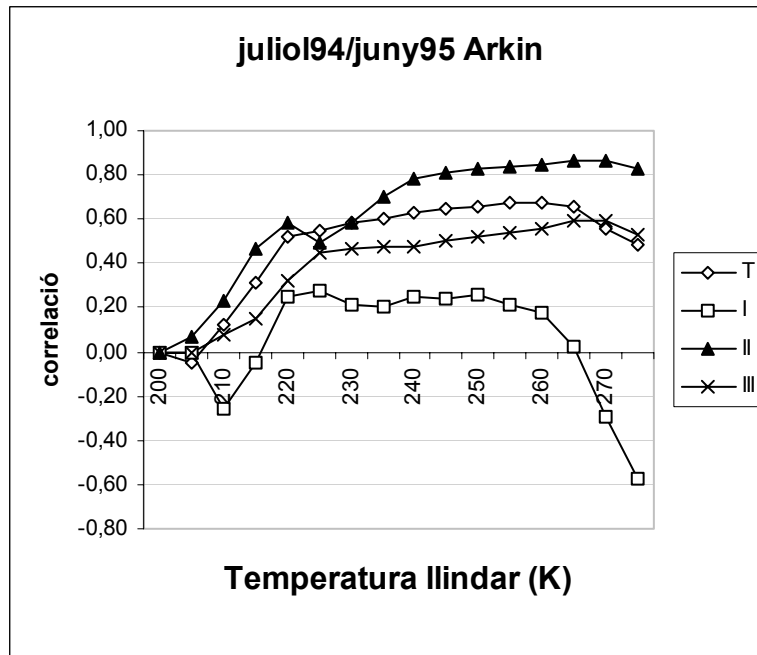


Figura 4.4. Tècnica d'Arkin. Període anual. Conjunt dels observatoris i diferents zones. Coeficients de correlació per les diferents T_h.

Cal fer notar que si augmentem la temperatura lliandar, això necessàriament es tradueix en un augment de les sobreestimacions del mètode en considerar com a "núvol" pixels que abans no considerava, i s'haurà de compensar disminuint l'assignació de precipitació.

L'estudi es va repetir per a cada un dels mesos per separat, i en cada una de les estacions climàtiques en què es van agrupar aquests mesos. Els resultats es poden veure en la taula 4.6, on els mesos s'han agrupat com en l'apartat anterior. En les taules hi veiem tant els coeficients de correlació per la totalitat dels observatoris com per a cada una de les tres zones en què s'han agrupat.

Taula 4.6. Tècnica d'Arkin: coeficients de correlació per a cada una de les estacions climàtiques de l'any, amb diferents temperatures llindars.

Estiu (JJA)					Tardor (SON)				
Th (K)	Total	Zona I	Zona II	Zona III	Th (K)	Total	Zona I	Zona II	Zona III
200	0,00	0,00	0,00	0,00	200	0,00	0,00	0,00	0,00
205	0,00	0,00	0,00	0,00	205	0,14	0,00	0,11	0,00
210	0,00	0,00	0,00	0,00	210	0,16	0,00	0,13	0,00
215	0,17	0,05	-0,35	0,05	215	0,28	0,00	0,35	0,38
220	0,39	0,03	-0,11	0,49	220	0,46	0,15	0,66	0,47
225	0,51	0,11	0,62	0,37	225	0,52	0,32	0,64	0,56
230	0,61	0,13	0,65	0,53	230	0,62	0,22	0,68	0,54
235	0,56	0,09	0,59	0,49	235	0,64	0,18	0,73	0,55
240	0,61	0,25	0,69	0,55	240	0,64	0,09	0,71	0,57
245	0,59	0,10	0,69	0,56	245	0,63	0,01	0,78	0,55
250	0,60	0,04	0,71	0,60	250	0,63	0,02	0,84	0,54
255	0,63	0,19	0,73	0,61	255	0,61	-0,02	0,82	0,51
260	0,59	0,15	0,77	0,58	260	0,62	0,02	0,83	0,52
265	0,59	0,24	0,77	0,61	265	0,60	-0,04	0,84	0,53
270	0,59	0,26	0,75	0,61	270	0,56	-0,02	0,86	0,52
275	0,65	0,21	0,76	0,64	275	0,48	-0,21	0,86	0,49

Taula 4.6. Tècnica d'Arkin: coeficients de correlació per a cada una de les estacions climàtiques de l'any, amb diferents temperatures llindars (cont.)

Hivern (DGF)					Primavera (MAM)				
Th (K)	Total	Zona I	Zona II	Zona III	Th(K)	Total	Zona I	Zona II	Zona III
200	0,00	0,00	0,00	0,00	200	0,00	0,00	0,00	0,00
205	0,00	0,00	0,00	0,00	205	0,00	0,00	0,00	0,00
210	0,29	-0,20	-0,18	0,23	210	-0,05	0,00	0,23	0,00
215	0,36	-0,23	-0,28	0,14	215	0,02	0,17	-0,11	0,09
220	0,55	0,08	-0,35	0,22	220	-0,03	0,12	-0,43	0,08
225	0,49	0,08	-0,33	0,22	225	0,24	0,28	-0,55	0,21
230	0,49	-0,04	-0,28	0,26	230	0,36	0,25	-0,41	0,30
235	0,55	0,06	-0,16	0,27	235	0,43	0,07	-0,05	0,45
240	0,61	0,16	-0,14	0,26	240	0,49	0,05	0,20	0,48
245	0,63	0,20	-0,16	0,26	245	0,59	0,29	0,47	0,48
250	0,66	0,31	-0,08	0,27	250	0,62	0,24	0,51	0,49
255	0,67	0,21	-0,02	0,29	255	0,66	0,20	0,66	0,54
260	0,67	0,18	0,03	0,30	260	0,66	0,14	0,83	0,50
265	0,66	-0,09	0,14	0,32	265	0,67	-0,05	0,86	0,54
270	0,46	-0,67	0,13	0,24	270	0,62	-0,30	0,87	0,51
275	0,33	-0,75	0,09	0,16	275	0,56	-0,39	0,81	0,42

Estudiant les correlacions anteriors podem veure com la zona I no dóna en cap cas correlacions acceptables per a cap temperatura llindar ni cap estació climàtica. En canvi si prenem la totalitat dels observatoris una temperatura llindar de 255-260 K proporciona correlacions de 0.67. En general, temperatures llindars força més altes que la original proporcionen millors correlacions en tots els casos. La vessant mediterrània (zona II) és la que proporciona correlacions millors, excepte en els mesos d'hivern, en tots els casos per sobre de 260 K de temperatura llindar. La zona III presenta correlacions entre les altres dues, acceptables a l'estiu i menys per a la tardor i la primavera, i inacceptables per a l'hivern, encara que molt millors que a la zona II, amb temperatures llindars també força més altes que la original de 235 K.

Els coeficients de correlació de cada un dels mesos els podem veure en la taula 4.7.

Taula 4.7. Tècnica d'Arkin: coeficients de correlació per a cada un dels mesos, la totalitat dels observatoris i diferents temperatures llindars.

Th (K)	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN
210	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	-0,20	0,28	0,34	-0,08	0,00	0,14	0,00
215	-0,04	0,29	0,09	0,37	-0,10	0,10	0,35	0,51	-0,07	-0,07	0,22	-0,09
220	0,74	0,25	0,38	0,48	0,01	0,42	0,51	0,56	-0,07	-0,05	0,39	0,30
225	0,73	0,07	0,46	0,45	0,18	0,42	0,42	0,64	0,04	0,28	0,59	0,33
230	0,76	0,13	0,66	0,44	0,29	0,40	0,43	0,67	0,10	0,48	0,58	0,42
235	0,74	0,20	0,69	0,50	0,32	0,49	0,48	0,67	0,16	0,56	0,51	0,41
240	0,74	0,24	0,71	0,51	0,32	0,67	0,50	0,62	0,18	0,64	0,51	0,43
245	0,70	0,33	0,71	0,52	0,33	0,74	0,52	0,58	0,28	0,67	0,58	0,48
250	0,74	0,37	0,73	0,50	0,30	0,78	0,54	0,58	0,33	0,65	0,60	0,49
255	0,78	0,43	0,75	0,48	0,27	0,77	0,57	0,60	0,37	0,64	0,62	0,52
260	0,75	0,49	0,77	0,50	0,28	0,76	0,58	0,59	0,44	0,64	0,63	0,47
265	0,74	0,51	0,75	0,50	0,27	0,72	0,61	0,57	0,57	0,61	0,62	0,46
270	0,72	0,59	0,66	0,48	0,27	0,46	0,43	0,41	0,45	0,53	0,67	0,39
275	0,73	0,71	0,54	0,38	0,18	0,34	0,31	0,29	0,25	0,40	0,71	0,37

Com podem veure les correlacions són molt diferents segons els mesos, trobant-se els millors valors amb temperatures per sobre la original de 235 K, excepte el mes de febrer. Si ens fixem en les temperatures llindars que proporcionen les millors correlacions en cada un dels mesos, no sembla haver-hi cap tipus de regularitat al llarg de l'any, amb variacions molt importants en mesos successius. Destaca la baixa correlació del mes de novembre, sent un mes tradicionalment plujós, que contrasta amb la correlació força més alta del mes de desembre.

Si fem el mateix per a cada una de les tres zones per separat tindrem els coeficients de correlació que es mostren en la taula 4.8.

Taula 4.8. Tècnica d'Arkin: coeficients de correlació per cada un dels mesos, cada zona per separat i diferents temperatures llindars.

ZONA I												
Th	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN
215	-0,34	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,11	0,14	0,11	0,37	0,00	0,18	0,32
220	0,66	-0,30	0,47	-0,09	0,11	-0,25	0,56	0,18	0,60	-0,53	0,26	-0,48
225	0,62	-0,32	0,29	0,28	0,11	-0,23	0,52	0,41	0,66	-0,09	0,41	0,44
230	0,63	-0,16	0,57	0,37	-0,04	-0,39	0,48	0,40	0,70	0,25	0,20	0,74
235	0,54	-0,03	0,52	0,28	-0,19	-0,20	0,53	0,15	0,67	0,39	-0,11	0,78
240	0,51	0,00	0,56	0,17	-0,25	0,27	0,53	-0,08	0,60	0,66	-0,19	0,65
245	0,37	0,06	0,51	0,14	-0,13	0,35	0,58	-0,33	0,67	0,71	-0,24	0,53
250	0,51	-0,07	0,55	0,07	0,00	0,34	0,62	-0,21	0,70	0,59	-0,42	0,18
255	0,64	0,01	0,53	-0,28	-0,37	0,20	0,63	-0,27	0,71	0,49	-0,47	-0,03
260	0,63	-0,08	0,58	-0,26	-0,08	0,37	0,61	-0,35	0,65	0,50	-0,63	-0,16
265	0,69	0,12	0,57	-0,17	-0,09	0,54	0,42	-0,50	0,60	0,26	-0,66	-0,05
270	0,73	0,13	0,51	-0,12	-0,08	-0,63	-0,18	-0,78	0,01	-0,01	-0,56	-0,30
275	0,71	0,20	0,40	-0,20	-0,30	-0,61	-0,64	-0,56	-0,22	-0,05	-0,63	-0,40

Taula 4.8. Tècnica d'Arkin: coeficients de correlació per a cada un dels mesos, cada zona per separat i diferents temperatures llindars (cont.).

ZONA II												
Th	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN
215	0,00	0,41	-0,02	0,34	-0,01	-0,34	-0,10	0,25	-0,19	0,00	0,61	-0,25
220	0,00	0,89	0,41	0,52	0,47	-0,24	-0,20	0,06	0,10	0,00	0,67	-0,14
225	0,50	0,82	0,40	0,43	0,68	-0,07	-0,20	0,01	0,28	0,31	0,56	0,02
230	0,56	0,81	0,38	0,34	0,69	-0,13	-0,10	-0,20	0,34	0,70	0,70	-0,01
235	0,71	0,83	0,50	0,54	0,69	0,00	0,00	-0,20	0,40	0,69	0,64	-0,07
240	0,76	0,82	0,45	0,54	0,63	-0,03	0,00	-0,30	0,43	0,77	0,69	-0,14
245	0,74	0,79	0,51	0,58	0,72	0,06	0,00	-0,20	0,40	0,81	0,70	-0,08
250	0,75	0,77	0,50	0,58	0,63	0,20	0,00	-0,20	0,45	0,85	0,70	0,07
255	0,66	0,69	0,61	0,58	0,61	0,37	0,00	-0,20	0,51	0,85	0,72	0,26
260	0,63	0,75	0,60	0,63	0,59	0,45	0,02	-0,20	0,54	0,82	0,76	0,45
265	0,57	0,70	0,62	0,64	0,59	0,44	0,17	-0,30	0,55	0,83	0,76	0,48
270	0,54	0,66	0,64	0,68	0,57	0,36	0,20	-0,40	0,35	0,87	0,80	0,41
275	0,51	0,63	0,57	0,70	0,56	0,24	0,16	-0,40	-0,32	0,82	0,81	0,47

Mirant els resultats es fa difícil generalitzar. En la zona I, Galícia i Cantàbric, només en el mes de juny la millor correlació s'obté per la temperatura original, 235 K; en els mesos de març i abril la millor temperatura llindar seria 245 K, per al mes de gener 255 K, 260 K per al setembre, 265 K en el desembre i 270 K per al mes de juliol. En els altres mesos no hi ha cap correlació mínimament acceptable. No sembla haver-hi cap regularitat en la variació de la temperatura llindar al llarg de l'any.

Taula 4.8. Tècnica d'Arkin: coeficients de correlació per a cada un dels mesos, cada zona per separat i diferents temperatures llindars (cont.).

ZONA III												
Th	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN
215	0,00	0,08	0,00	0,00	-0,09	0,50	-0,06	0,00	0,00	-0,09	-0,12	-0,02
220	0,16	0,47	0,65	0,22	-0,22	0,66	-0,11	0,31	-0,02	0,13	0,14	0,50
225	0,53	0,28	0,77	0,14	-0,13	0,67	0,00	0,10	0,14	0,19	0,52	0,36
230	0,54	0,37	0,86	0,06	-0,06	0,66	-0,05	0,35	0,41	0,14	0,54	0,42
235	0,60	0,44	0,80	0,10	-0,01	0,66	-0,05	0,30	0,47	0,23	0,59	0,39
240	0,68	0,46	0,85	0,12	0,04	0,68	-0,06	0,22	0,49	0,28	0,56	0,47
245	0,67	0,47	0,87	0,16	0,01	0,65	-0,04	0,20	0,50	0,28	0,67	0,51
250	0,67	0,50	0,86	0,23	-0,03	0,65	-0,01	0,17	0,37	0,28	0,67	0,54
255	0,71	0,52	0,83	0,25	-0,04	0,67	0,00	0,19	0,20	0,32	0,72	0,57
260	0,67	0,53	0,79	0,33	-0,03	0,66	0,03	0,17	0,10	0,38	0,76	0,49
265	0,61	0,48	0,72	0,45	-0,04	0,64	0,11	0,16	0,11	0,39	0,77	0,51
270	0,53	0,51	0,56	0,56	0,00	0,52	0,08	0,09	-0,07	0,30	0,82	0,51
275	0,55	0,61	0,40	0,61	-0,04	0,47	0,06	-0,02	-0,21	0,19	0,84	0,50

En les altres dues zones ens trobem amb una variabilitat semblant, encara que amb correlacions més altes, excepte en els mesos d'hivern. Cal destacar que la millor correlació en la zona del Llevant s'obté per una temperatura tant baixa com 220 K, en el mes d'agost, mentre que el mes següent és de 270 K. També es té que per una part significativa dels mesos les millors correlacions es donen per a la major temperatura llindar estudiada 275 K. Una primera explicació d'aquests resultats podria venir dels diferents tipus de precipitació que poden haver-hi en diferents èpoques de l'any; en el mes d'agost la precipitació probablement vingui de cel·les convectives molt desenvolupades, i d'aquí una temperatura llindar tan baixa, mentre que en altres mesos la precipitació pot venir de l'arribada de sistemes frontals, amb núvols "calents", i d'aquí que apareguin temperatures llindars tant altes.

4.2.2. Canvi de l'assignació de precipitació

Com ja s'ha indicat la tècnica original proporciona en general sobreestimacions de la precipitació. Aquestes resultarien encara més grans si es modifica la temperatura llindar en el sentit d'augmentar-la. Per tant, es va creure necessari compensar la sobreestimació modificant la quantitat de precipitació assignada, variant-la des de 0.1 mm/h fins a 5.0 mm/h a intervals de 0.1 mm/h. Com era d'esperar les menors desviacions s'obtenen per quantitats de precipitació assignades força més petites que l'original de 3 mm/h. En les taules 4.9 i 4.10 podem veure aquelles assignacions que proporcionen les menors desviacions. Donada la gran quantitat de dades a representar, s'ha optat per indicar només aquella assignació de precipitació que proporciona menor desviació en valor absolut en cada un dels casos. El tractament es va fer mes a mes, agrupant-los posteriorment en grups de tres, que correspondrien a les quatre estacions climàtiques, i finalment en la totalitat de l'any estudiat.

La primera columna correspon a la temperatura llindar (en K) estant totes les assignacions de precipitació en mm/h. Val a dir que com només s'ha tractat entre 0.1 i 5.0 mm/h, per alguns mesos i per les temperatures llindars extremes entre les estudiades, possiblement una assignació més gran (per 220 K) o més petita (per 275 K), potser proporcionaria menors desviacions. En tot cas caldria discutir el significat físic de temperatures llindars per sota de 220 K o per sobre de 275 K en el cim dels núvols.

S'ha indicat en negreta el cas en què la correlació assolida era més gran per cada un dels casos, tal com s'ha tractat en l'apartat anterior, per ajudar en la interpretació dels resultats. Podem veure en primer lloc que si prenem la temperatura llindar original de 235 K, l'assignació de precipitació que proporciona menor desviació és notablement inferior a l'original de 3 mm/h, per tots els casos excepte els mesos de setembre i octubre, és a dir, per a la tardor. En la resta dels casos queda per sota de 2 mm/h.

Taula 4.9. Tècnica d'Arkin: assignacions de precipitació (mm/h) que proporcionen menors desviacions, per a diferents temperatures llindars, el conjunt dels observatoris i diferents períodes de temps.

Th (K)	94-95	Estiu	Tardor	Hivern	Primavera
220	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
225	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
230	3,5	2,8	5,0	2,5	2,8
235	1,9	1,5	2,9	1,5	1,5
240	1,3	1,0	1,8	1,0	1,0
245	0,9	0,7	1,3	0,7	0,7
250	0,7	0,6	1,1	0,6	0,5
255	0,5	0,5	0,8	0,4	0,4
260	0,4	0,3	0,6	0,4	0,3
265	0,3	0,3	0,5	0,3	0,2
270	0,2	0,2	0,4	0,2	0,1
275	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1

En el període anual, per a la temperatura llindar original de 235 K la intensitat que proporciona menor desviació és 1.9 mm/h, mentre que si considerem aquelles temperatures llindars que proporcionen les millors correlacions, la intensitat de precipitació baixa als 0.4 o 0.3 mm/h, és a dir, una dècima part de l'original.

Per estacions climàtiques, taula 4.9, veiem que en tres d'elles la menor desviació correspon a una assignació d'1.5 mm/h, mentre que per a la tardor és pràcticament el doble, coincidint gairebé amb l'original. Si en lloc de fixar-nos en una Th de 235 K mirem aquella que dona millors correlacions, la diferència és força més gran; així per a l'estiu la millor correlació seria amb una Th de 275 K, i una intensitat de 0.2 mm/h; a la tardor coincidiria amb l'original de 235 K i 2.9 mm/h. En els mesos d'hivern tindriem 255 K i 0.4 mm/h, i en la primavera 265 K i 0.2 mm/h.

Taula 4.10. Tècnica d'Arkin: assignacions de precipitació (mm/h) que proporcionen menors desviacions, diferents temperatures lliandars, el conjunt dels observatoris i períodes mensuals.

Th (K)	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun
220	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
225	4,8	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
230	2,2	3,1	5,0	5,0	3,4	3,1	1,8	3,1	3,0	2,4	2,9	2,9
235	1,1	1,7	3,5	3,5	2,0	1,9	1,2	1,7	1,7	1,2	1,6	1,5
240	0,7	1,1	2,1	2,1	1,3	1,3	0,8	1,1	1,2	0,8	1,0	1,1
245	0,5	0,8	1,6	1,5	0,9	0,9	0,6	0,7	0,8	0,6	0,6	0,8
250	0,4	0,6	1,2	1,0	0,7	0,7	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,7
255	0,3	0,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,5
260	0,3	0,3	0,7	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4
265	0,2	0,2	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
270	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
275	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

Cal recordar que el període analitzat va ser un any molt sec, i d'aquí podrien venir unes intensitats tan baixes, encara que no és estrany que siguin menors que les originals, donada la diferent climatologia del territori estudiat amb aquell on es va preparar la tècnica, i per al tipus de nuvolositat objecte d'estudi.

Finalment, si ens fixem en els resultats mes a mes, veiem que la diversitat encara és més gran. Amb la temperatura lliandar original de 235 K la millor assignació de

precipitació segueix una variació quasi regular, amb un mínim en el mes de juliol, un creixement fins el màxim de setembre i octubre i un decreixement, encara que amb alts i baixos, fins el mes de juny. Si ens fixem amb aquelles T_h que donen les millors correlacions (taula 4.8) les menors intensitats de precipitació correspondrien al mesos d'agost i maig, que també tenen la major T_h (275 K), mentre que en l'altre extrem hi ha el mes de febrer, amb la menor temperatura llindar, i les majors assignacions de precipitació, 230 o 235 K i 3.1 o 1.7 mm/h. La resta de mesos varien entre 1.5 i 0.2 mm/h.

El mateix tractament s'ha fet per a cada una de les zones per separat amb els resultats que recullen les taules 4.11 i 4.12.

Taula 4.11. Tècnica d'Arkin: assignacions de precipitació (mm/h) que proporcionen menors desviacions, diferents T_h , diferents períodes de temps, i diferents zones.

ZONA I					
Th (K)	94-95	Estiu	Tardor	Hivern	Primavera
220	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
225	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
230	5,0	3,4	5,0	4,6	5,0
235	3,0	2,1	3,9	2,8	2,8
240	2,0	1,5	2,5	1,9	1,9
245	1,5	1,1	1,8	1,4	1,2
250	1,1	0,9	1,5	1,1	0,9
255	0,9	0,7	1,1	0,8	0,7
260	0,7	0,5	0,9	0,7	0,5
265	0,5	0,4	0,7	0,5	0,4
270	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3
275	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2

Taula 4.11. Continuació.

ZONA II					
Th (K)	94-95	Estiu	Tardor	Hivern	Primavera
220	5,0	5,0	5,0	2,9	5,0
225	4,1	4,6	5,0	0,9	2,4
230	2,0	2,0	4,2	0,5	1,2
235	1,2	1,0	2,4	0,2	0,7
240	0,8	0,6	1,6	0,2	0,5
245	0,6	0,5	1,3	0,1	0,3
250	0,5	0,4	1,0	0,1	0,2
255	0,4	0,3	0,8	0,1	0,2
260	0,3	0,2	0,7	0,1	0,1
265	0,2	0,2	0,6	0,1	0,1
270	0,2	0,1	0,5	0,1	0,1
275	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1
ZONA III					
Th (K)	94-95	Estiu	Tardor	Hivern	Primavera
220	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
225	5,0	5,0	5,0	4,7	4,8
230	3,1	2,8	5,0	2,0	2,3
235	1,6	1,4	2,7	1,1	1,2
240	1,0	0,9	1,6	0,7	0,8
245	0,7	0,7	1,1	0,5	0,5
250	0,5	0,5	0,8	0,4	0,4
255	0,4	0,4	0,6	0,3	0,3
260	0,3	0,3	0,5	0,2	0,2
265	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
270	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1
275	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1

Són de destacar les diferències entre les tres zones, i entre les quatre estacions en una mateixa zona. Així, en la zona I la tardor presenta una assignació de 5 mm/h en la temperatura llindar on la correlació és màxima, mentre que totes les altres assignacions, tant d'aquesta com de les altres dues zones queden molt per sota del valor original de 3 mm/h. En la zona II es mouen entre els 0.1 mm/h de la primavera fins els 0.4 / 0.5 mm/h de la tardor, és a dir diferències d'un factor de 5, en cada cas per a les temperatures llindars que tenen les correlacions més altes. En la zona III encara és més notable la disparitat, en presentar el màxim de la tardor per una temperatura llindar baixa, i en conseqüència una assignació més gran, mentre que la resta de valors queden entre 0.2 i 0.3 mm/h.

Taula 4.12. Tècnica d'Arkin: assignacions de precipitació (mm/h) que proporcionen menors desviacions, diferents T_h , períodes mensuals i diferents zones.

ZONA I												
Th	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun
220	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
225	4,7	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,2
230	2,5	5,0	5,0	5,0	3,6	5,0	3,4	4,7	5,0	2,8	4,4	2,0
235	1,6	5,0	5,0	5,0	2,1	4,0	2,2	2,7	5,0	1,6	2,6	1,2
240	1,2	3,3	3,4	3,1	1,4	2,5	1,6	1,8	3,4	1,1	1,7	0,9
245	0,9	2,1	2,5	2,1	1,1	1,7	1,3	1,3	2,0	0,8	1,1	0,7
250	0,7	1,5	1,9	1,5	0,8	1,3	1,0	1,0	1,4	0,6	0,8	0,6
255	0,6	1,0	1,4	1,1	0,7	1,0	0,8	0,8	1,0	0,5	0,6	0,5
260	0,5	0,8	1,1	0,9	0,5	0,8	0,6	0,6	0,7	0,4	0,5	0,4
265	0,4	0,6	0,8	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3
270	0,4	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
275	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1

Taula 4.12. Continuació.

ZONA II												
Th	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun
220	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,9	1,1	5,0	2,5	5,0	5,0	5,0
225	1,1	1,8	5,0	5,0	4,9	1,3	0,4	2,2	0,8	5,0	3,1	5,0
230	0,4	0,9	4,8	4,8	2,2	0,7	0,2	0,5	0,5	3,8	1,6	3,4
235	0,2	0,5	2,7	2,7	1,3	0,4	0,2	0,3	0,3	1,2	0,9	1,5
240	0,1	0,4	1,8	1,8	0,9	0,3	0,1	0,3	0,2	0,7	0,6	1,0
245	0,1	0,3	1,4	1,4	0,7	0,3	0,1	0,2	0,2	0,5	0,4	0,6
250	0,1	0,2	1,1	1,1	0,5	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,5
255	0,1	0,1	0,8	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,4
260	0,1	0,1	0,7	0,7	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
265	0,1	0,1	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
270	0,1	0,1	0,5	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
275	0,1	0,1	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ZONA III												
Th	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun
220	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
225	5,0	2,5	5,0	5,0	5,0	4,4	2,7	5,0	5,0	3,9	4,9	5,0
230	2,7	1,3	5,0	5,0	3,8	2,1	1,4	2,7	2,7	1,9	2,4	3,1
235	0,9	0,7	2,8	3,3	2,1	1,1	0,9	1,3	1,4	1,0	1,2	1,6
240	0,5	0,5	1,4	2,0	1,4	0,7	0,6	0,8	1,0	0,7	0,7	1,2
245	0,4	0,3	1,0	1,2	1,0	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	0,9
250	0,3	0,2	0,7	0,8	0,7	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,7
255	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,6
260	0,2	0,1	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5
265	0,1	0,1	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4
270	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
275	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

S'ha seguit el mateix conveni anterior, marcant amb negreta aquells casos que corresponen a les millors correlacions. En cas de no haver-hi cap marca és que no hi havia cap correlació "mínimament" acceptable. En la figura 4.5 es representa l'evolució de les millors assignacions de precipitació, mantenint la temperatura llindar original.

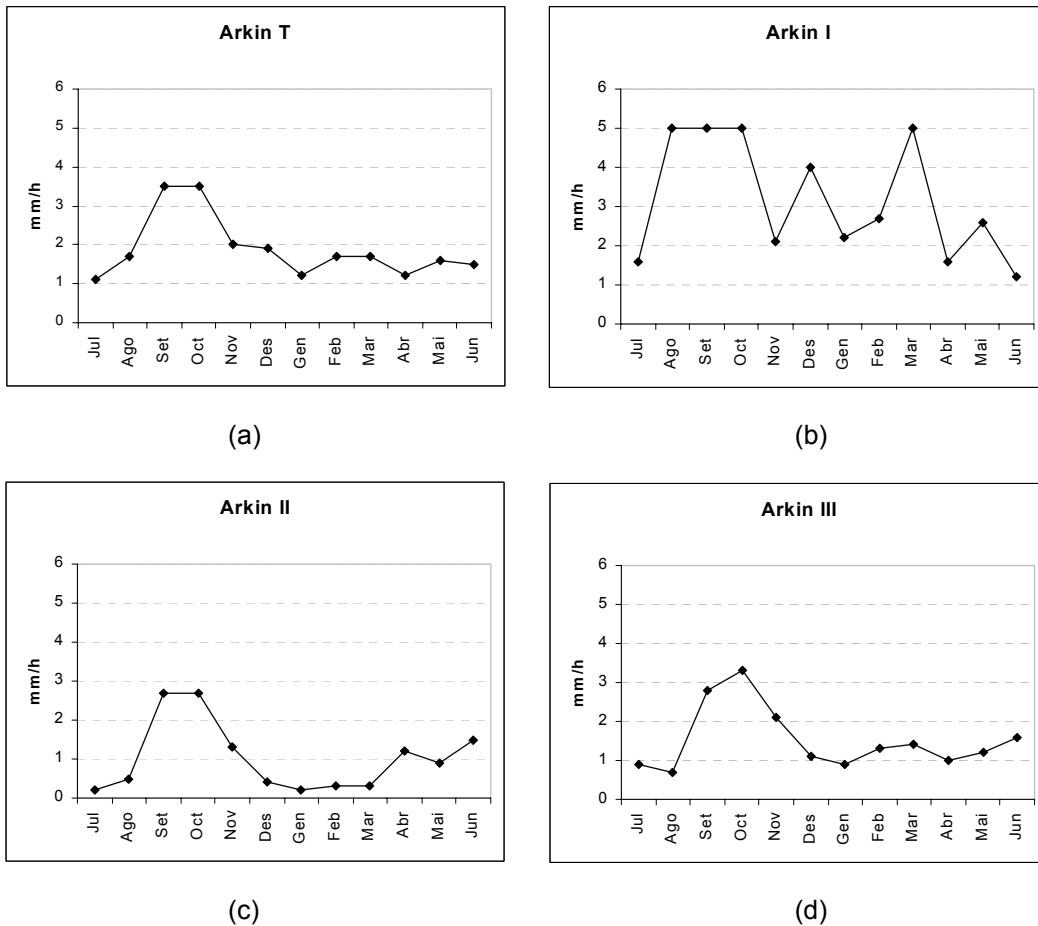


Figura 4.5. Tècnica d'Arkin: assignacions de precipitació per a cada mes del període estudiat que proporcionen la mínima desviació, $T_h = 235$ K (taules 4.10 i 4.12). (a) Tots els observatoris. (b) Zona I. (c) Zona II. (d) Zona III.

Si ens fixem en la totalitat dels observatoris (4.5.a), podem veure que excepte per als mesos de setembre i octubre les menors desviacions corresponen a intensitats de precipitació menors de 3 mm/h, estant totes elles entre 1 mm/h i 2 mm/h. La zona I seria la zona que presenta valors més grans, ara bé cal tenir en compte les baixes correlacions d'aquesta zona a l'hora d'interpretar aquests resultats, i de totes formes, no

és estrany que presenti aquests elevats índexs de precipitació, tenint en compte que es tracta de l'Espanya verda.

Més interessant és la gràfica corresponent a la zona II, on queden marcats clarament el màxim de precipitació a la tardor, el mínim hivernal, un màxim secundari en la primavera, i un nou mínim a l'estiu. Cal indicar també que cap dels mesos arriba als 3 mm/h originals, estant una part d'ells per sota dels 0.5 mm/h.

La tercera zona (centre i sud de la península) segueix en línies generals un comportament semblant de la zona del Llevant peninsular (II), però el mínim hivernal és molt menys pronunciat, de manera que pren els mateixos valors que la primavera. El màxim també molt marcat correspon als mesos de setembre, octubre i novembre, i el mínim absolut a l'estiu. Tots els mesos tret de l'octubre queden per sota dels 3 mm/h originals.

Si en lloc d'agafar la temperatura llindar original, ens fixem en aquella que proporciona millor correlació, l'assignació de precipitació que resulta més apropiada varia d'una manera complexa.

4.2.3. Aplicació d'un factor de correcció per gradient de temperatura

En la bibliografia (per exemple Hsu et al., 1997; Vicente, Scofield i Menzel, 1998) es troben diferents intents de millorar l'estimació de la precipitació introduint un factor de correcció per gradient de temperatura en diferents algorismes. La base física d'aquest estaria en el fet que si un pixel és més fred que els que l'envolten, aquest estarà a major altitud i, per tant, és més probable que proporcioni precipitació que no en el cas contrari. A més, cal pensar que aquest podria ser un mètode per discriminar núvols molt alts però prims, com els cirrus, ja que en ser prims tots els seus pixels estan pràcticament a la mateixa temperatura.

El mètode escollit en aquest treball de recerca ha estat una modificació del que apliquen Vicente et al., i consisteix en trobar la mitjana de la matriu de 3x3 pixels centrada en el pixel en estudi, com indica l'equació següent:

Sigui $I(x,y)$ la matriu que representa la imatge, el filtre de mitjana serà

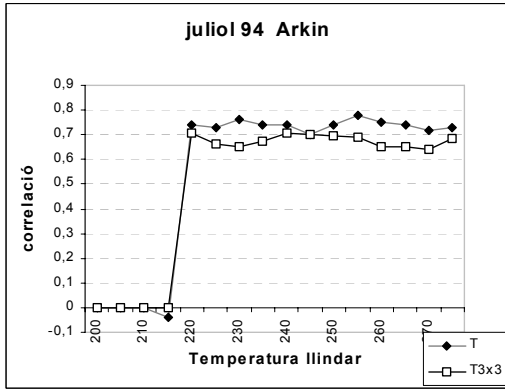
$$\bar{I}(x,y) = \frac{1}{(2xS_v)^2} \sum_{i=y-S_c}^{i=x+S_v} \sum_{j=y-S_v}^{j=y+S_v} I(i,j) \quad (4.1)$$

on S_v representa la mida en pixels del costat de la semifinestra, definida com la part sencera de la meitat de la mida de la finestra, en pixels.

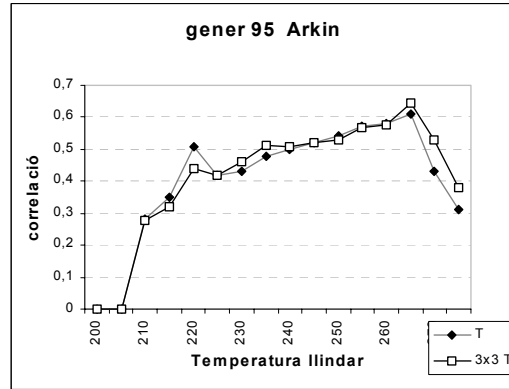
Tot seguit es compara la temperatura aparent del pixel amb aquesta mitjana, i en cas de ser més gran o igual, s'assigna una precipitació zero a aquest pixel i es passa a estudiar el pixel següent. En cas contrari, és a dir si és més fred, es continua el procés normal d'assignació de precipitació al pixel en qüestió.

Aquest factor de correcció per gradient de temperatura s'ha aplicat com una modificació de la tècnica d'Arkin, a dos mesos que ja s'havien estudiat més detalladament, i per a cada una de les zones. Es van triar els mesos de juliol i gener. En el primer cas per ser un mes en que les correlacions ja eren acceptables, i també perquè era un mes sec, amb gairebé tota la precipitació d'origen convectiu. El mes de gener es va escollir precisament per tot el contrari. És un mes on les correlacions no són gens bones, i a més té un clima força diferent del mes de juliol. Els resultats per als mesos de juliol i gener poden veure's en les gràfiques de la figura 4.6.

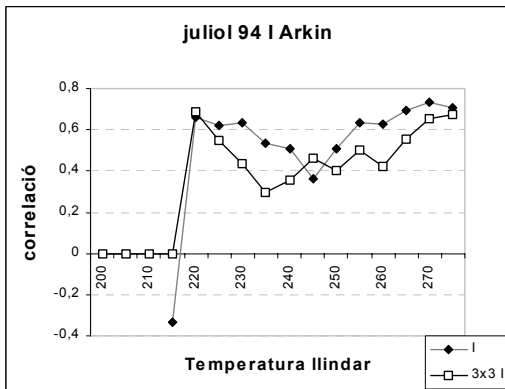
Com s'hi pot apreciar l'aplicació d'aquest factor de gradient de temperatura no modifica pràcticament les correlacions en el mes de juliol, i en canvi les empitjora sensiblement per el mes de gener. En el mes de gener la pluja té un origen frontal en la major part de la península, amb núvols extensos, de tipus estratiforme, i això fa que aquest factor elimini punts on realment hi ha precipitació. Observant les imatges de satèl·lit corresponents a aquest mes s'aprecia com la major part dels dies la península està coberta per una successió de bandes nuvoloses, més o menys compactes, que escombren la península de nord a sud i d'oest a est. La major part dels núvols que formen els fronts són de tipus estratiforme, i sovint poc compactes. És probable que la tècnica amb el filtre de mitjana aplicat sigui incapaç de discriminar aquells núvols que porten precipitació d'aquells que no, i d'aquí els mals resultats del mes de gener.



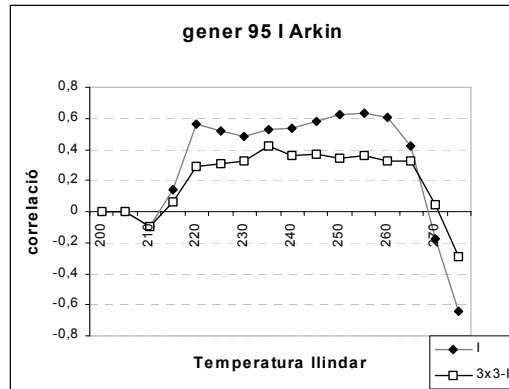
(a)



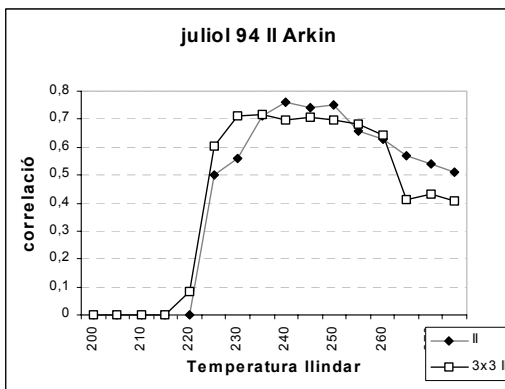
(b)



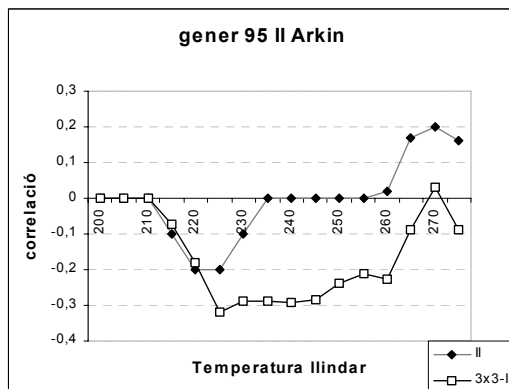
(c)



(d)



(e)



(f)

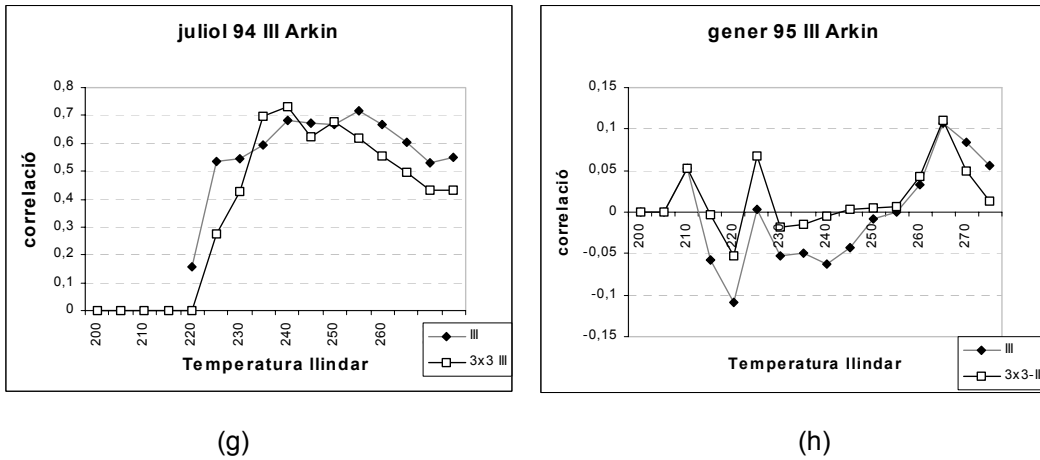


Figura 4.6. Tècnica d'Arkin. Coeficients de correlació per a les diferents zones. Diferents T_n . Assignació original de precipitació, i aplicant-hi un filtre espacial amb la mitjana de la matriu de 3x3. (a), (c), (e), (g) mes de juliol, (b), (d), (f), (h), mes de gener.

Com era d'esperar aquest factor modifica la quantitat total de precipitació, de manera que per a una mateixa temperatura lliandar la precipitació total és sensiblement menor. Les taules 4.13 i 4.14 indiquen les desviacions totals, en mm, entre la precipitació recollida en les estacions, i la estimada per la tècnica. Les desviacions positives indiquen una subestimació, i les negatives una sobreestimació, seguint el mateix conveni de tot el treball.

Taula 4.13. Tècnica d'Arkin: desviacions en l'estimació de la precipitació, mes de juliol de 1994, amb diferents temperatures lliandars, aplicant o no el filtre de gradient espacial.

Jul	Desviacions Arkin (mm)				Desviacions Arkin 3x3 (mm)			
	Tot	Zona I	Zona II	Zona III	Tot	Zona I	Zona II	Zona III
200	+640	+419	+19	+203	+640	+419	+19	+203
205	+640	+419	+19	+203	+640	+419	+19	+203
210	+640	+419	+19	+203	+640	+419	+19	+203
215	+637	+416	+19	+203	+640	+419	+19	+203
220	+574	+356	+19	+200	+604	+383	+16	+203
225	+241	+149	-32	+125	+415	+242	-5	+152
230	-215	-79	-110	-26	+49	+56	-68	-23
235	-1052	-346	-218	-488	-440	-139	-119	-371
240	-1952	-628	-359	-965	-893	-301	-188	-689
245	-2936	-961	-467	-1508	-1484	-505	-287	-1052
250	-3839	-1285	-593	-1961	-2069	-682	-380	-1370
255	-5054	-1690	-782	-2582	-2756	-844	-485	-1727
260	-6353	-2086	-977	-3290	-3584	-1063	-662	-2126
265	-7853	-2533	-1289	-4031	-4586	-1384	-875	-2597
270	-9752	-3115	-1658	-4979	-5786	-1759	-1166	-3182
275	-12026	-3973	-2075	-5978	-7103	-2320	-1433	-3857

Analitzant les dades dels dos mesos podem veure com la tècnica original sobreestima (valors negatius de les desviacions) sistemàticament la precipitació, excepte per a les temperatures lliandars més baixes ($T_h < 225$ K), on els índexs de correlació són molt baixos o nuls, tal com ja s'ha discutit, mentre que l'aplicació del gradient pot disminuir aquesta sobreestimació fins invertir-li el signe. De totes maneres no sembla que això justifiqui l'empitjorament de les correlacions, i en conseqüència s'ha optat per no aplicar-lo sistemàticament i disminuir les sobreestimacions amb altres accions, com ara disminuir la intensitat de precipitació associada al pixel.

Taula 4.14. El mateix de la taula anterior, però per al mes de gener de 1995

Gen	Desviacions Arkin (mm)				Desviacions Arkin 3x3 (mm)			
	Tot	Zona I	Zona II	Zona III	Tot	Zona I	Zona II	Zona III
200	+2650	+1877	+99	+674	+2650	+1877	+99	+674
205	+2650	+1877	+99	+674	+2650	+1877	+99	+674
210	+2632	+1862	+99	+671	+2632	+1862	+99	+671
215	+2365	+1742	+45	+578	+2446	+1775	+63	+608
220	+1660	+1427	-176	+410	+2074	+1601	-53	+527
225	+178	+938	-689	-70	+1312	+1316	-311	+308
230	-1787	+233	-1287	-733	+241	+887	-632	-13
235	-4220	-652	-1890	-1678	-1082	+365	-980	-466
240	-6992	-1588	-2502	-2902	-2600	-157	-1323	-1120
245	-10121	-2608	-3171	-4342	-4361	-730	-1728	-1903
250	-13946	-3811	-3870	-6265	-6518	-1405	-2169	-2944
255	-18533	-5284	-4635	-8614	-9074	-2254	-2631	-4189
260	-24056	-6961	-5583	-11512	-11885	-3115	-3165	-5605
265	-32354	-9805	-6870	-15679	-16154	-4699	-3870	-7585
270	-52841	-15217	-9240	-28384	-25880	-7462	-5271	-13147
275	-80966	-21019	-15171	-44776	-38420	-9820	-8493	-20107

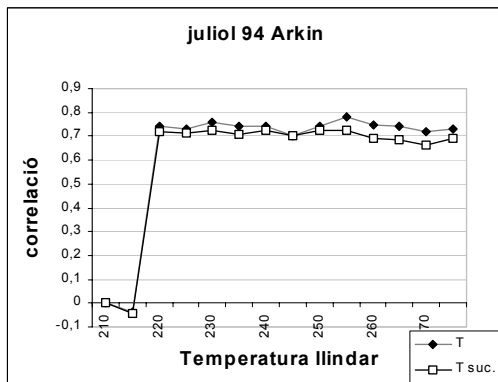
4.2.4. Aplicació d'un discriminant temporal

En la bibliografia (Griffith et al, 1978; Vicente, Scofield i Menzel 1998) es troben diferents intents d'aplicar l'evolució temporal dels núvols en l'estimació de la precipitació que proporcionen. La tècnica de Griffith i Woodley era excessivament complexa per a una aplicació general, i Negri et al (Negri, Adler i Wetzel, 1984) la van simplificar, com ja hem comentat. Aquí hem aplicat una modificació del tipus que proposa Vicente, que consisteix en comparar pixel a pixel dues imatges successives. Es considera que en cas de formar part d'un núvol aquell pixel en què la temperatura es manté igual o augmenta,

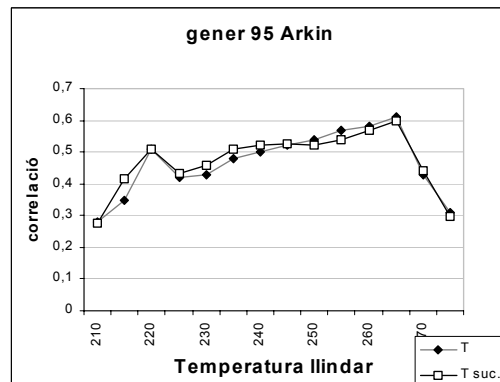
no proporciona pluja. En canvi si la temperatura ha disminuït d'una imatge a la següent, es continua el procediment normal d'assignació o no de precipitació.

$$\begin{aligned}
 R(t+1) &= 0 & \text{si} & \quad T_{ij}(t+1) \geq T_{ij}(t) \\
 R(t+1) &= R & \text{si} & \quad T_{ij}(t+1) < T_{ij}(t)
 \end{aligned}
 \quad (4.2)$$

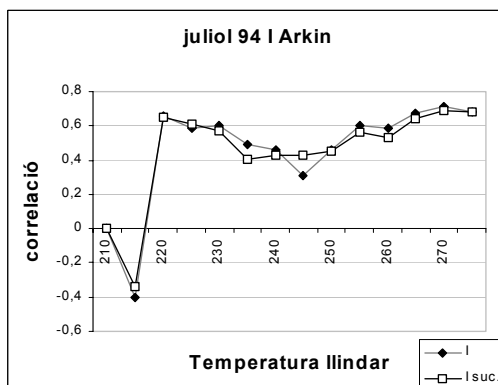
En aquest treball hem optat per aplicar aquesta modificació a la tècnica d'Arkin, en dos mesos de prova, climàticament allunyats un de l'altre, com són els mesos de juliol i de gener, tal com hem fet en aplicar el filtre espacial de mitjana. Com aquesta modificació necessita comparar imatges successives, s'ha optat per treballar amb la totalitat de les imatges, és a dir 48 per dia. Els resultats poden veure's en la figura 4.7.



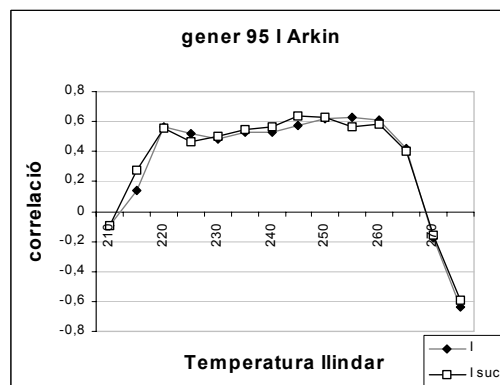
(a)



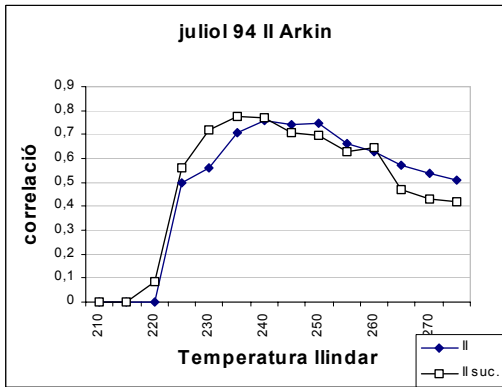
(b)



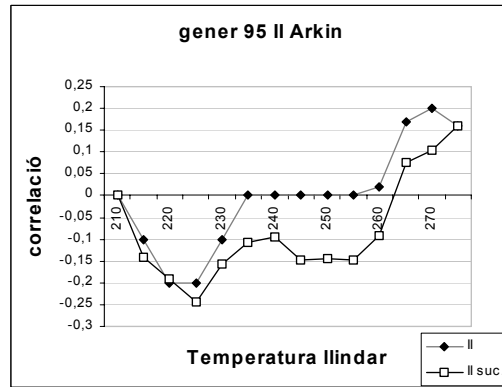
(c)



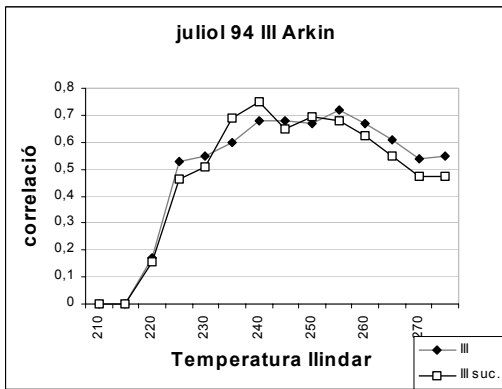
(d)



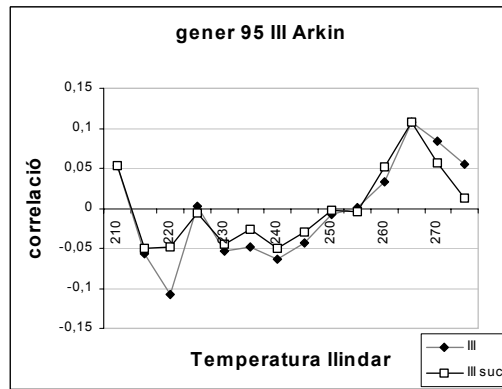
(e)



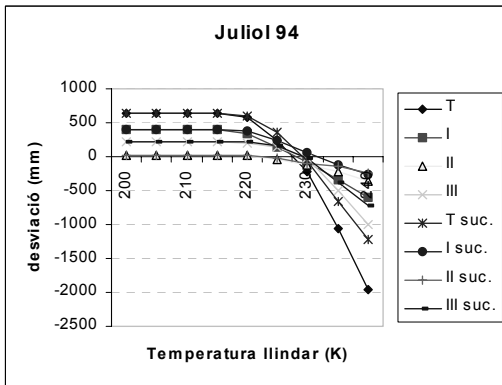
(f)



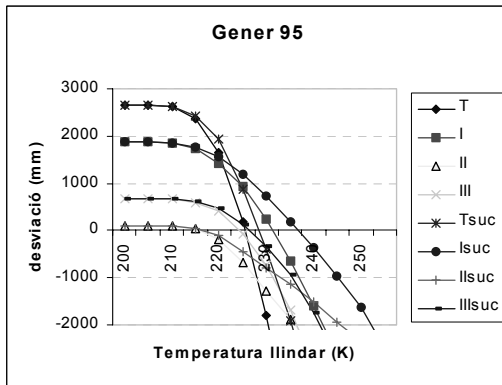
(g)



(h)



(i)



(j)

Figura 4.7. Tècnica d'Arkin. Coeficients de correlació i desviacions. Diferents T_n . Diferents zones. Aplicant o no un filtre temporal. (a), (c), (e), (g), (i), mes de juliol. (b), (d), (f), (h), (j), mes de gener.

L'aplicació del discriminant temporal no millora significativament els índexs de correlació, tret d'algunes temperatures lliandars puntuals en alguna de les zones (per exemple en el mes de juliol zones II i III per $T_h = 235$ K), que en la majoria dels casos són inferiors als de la tècnica original per a cada una de les temperatures lliandars estudiades. En el mes de juliol l'efecte sobre les desviacions pràcticament és nul en la temperatura lliandar en què la desviació és fa zero tret de la zona II, mentre que en el mes de gener l'efecte és més important en la zona I, gràfiques 4.7.i i 4.7.j, respectivament. En conseqüència, s'ha optat per no considerar aquest filtre al tractament general de les imatges.

4.2.5. Representativitat de l'observatori

En el procés de georeferenciació, és a dir, en la conversió de les coordenades de cada una de les estacions al pixel corresponent en la imatge de satèl·lit, hi ha un marge d'error que pot considerar-se de ± 1 pixel, tal com ja hem indicat (apartat 3.3, taula 3.2). Amb aquest marge d'error, s'ha considerat la possibilitat de correlacionar la precipitació mesurada en cada observatori amb la precipitació mitjana, estimada per la tècnica corresponent a la zona de 3x3 pixels centrada en cada un dels observatoris, tal com es troba en algunes aplicacions en la bibliografia (Marrocu et al., 1993).

Per veure la conveniència o no d'aplicar aquesta mitjana espacial com representativa de cada un dels observatoris, s'ha observat el seu comportament en els mateixos mesos dels apartats anteriors, juliol 1994 i gener 1995, en ser dos mesos amb resultats molt dispars en l'aplicació de la tècnica original d'Arkin. Els resultats, coeficients de correlació per a diferents temperatures lliandars, es van contrastar entre si, és a dir els resultats originals i els resultats aplicant aquesta mitjana espacial de 3x3 pixels, tal com es veu en les gràfiques de la figura 4.8.

En comparar els coeficients de correlació obtinguts aplicant o no la mitjana 3x3, s'obté una correlació al mes de gener de 0.97, que puja fins a 1.00 si s'elimina el punt corresponent a una temperatura lliandar de 210 K, que podria correspondre a un artefacte del tractament, donada la baixa temperatura lliandar, que correspon a una molt baixa precipitació estimada. En la segona gràfica tenim el mateix tractament per al mes de juliol, la correlació també va ser de 0.97, i també és de 1.00 si s'elimina el punt corresponent a 215K, on la correlació torna a ser molt dolenta degut a la baixa precipitació estimada, i que probablement és un artefacte degut al tractament estadístic. En apartats anteriors, apartat 4.2.1, ja s'ha observat que temperatures lliandars inferiors a 225 K són poc representatives degut a la baixa precipitació que estimen, d'aquí que es puguin eliminar del tractament anterior. En conseqüència hem optat per agafar la

precipitació estimada en cada observatori com representativa del mateix, considerant suficientment exacta la georeferenciació realitzada.

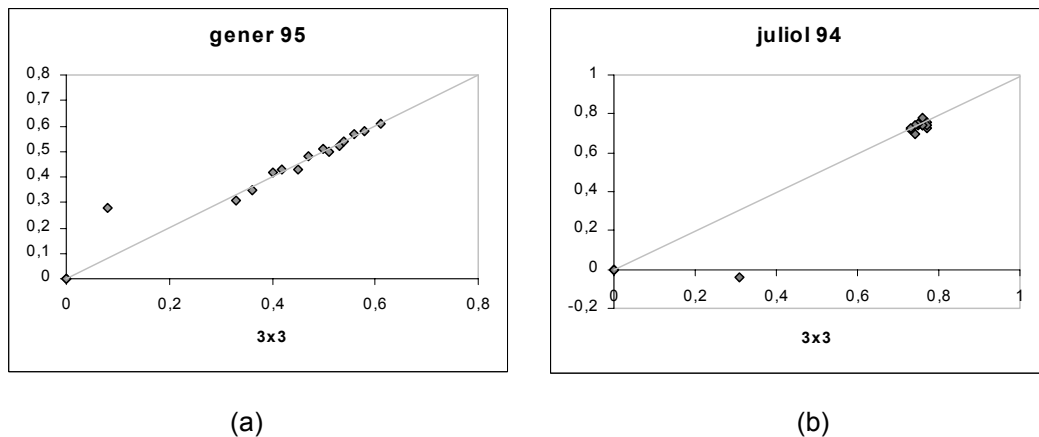


Figura 4.8. Tècnica d'Arkin: coeficients de correlació per a diferents temperatures lliandars, front els mateixos coeficients agafant la mitjana dels 3x3 pixels centrats en cada observatori com la precipitació estimada en el mateix, (a) gener 1995, (b) juliol 1994.

4.3. Resum de l'aplicació de la tècnica d'Arkin

En aquest capítol es descriu l'aplicació de la tècnica d'Arkin en els diferents períodes de temps analitzats (anual, estacional i mensual), i a les diverses regions espacials (el conjunt dels observatoris per una banda i cada una de les tres zones per separat per l'altra).

S'ha aplicat la tècnica original en cada un dels casos, observant-se que els valors originals de temperatura lliandar (235 K) i intensitat de precipitació (3 mm/h) no s'adapten a la nostra zona geogràfica. S'han estudiat diferents temperatures lliandars, majors i menors que la temperatura lliandar original, arribant a la conclusió que una temperatura lliandar més elevada (de 255 o 265 K) proporcionava majors correlacions en el conjunt dels observatoris en la majoria dels períodes estudiats. Així mateix s'ha estudiat quina intensitat de precipitació presenta menors desviacions, trobant-se que la intensitat original sobreestima fortament la precipitació, mentre que una intensitat de precipitació menor (de 0.5 o 0.4 mm/h) suposa menors desviacions a les temperatures lliandars proposades.

En aplicar la tècnica a cada una de les tres zones geogràfiques en què s'ha dividit el territori s'observen diferències significatives entre elles. La zona nord i nord-oest

presenta correlacions molt baixes en la majoria de casos, en canvi en l'est (zona II) i el centre i sud de la península (zona III), les correlacions són més altes. Les majors sobreestimacions de la tècnica original les presenta la zona II, i les menors la zona I. Donades les pobres correlacions cal concloure provisionalment que tret d'alguns mesos concrets la tècnica no serveix per estimar la precipitació en la zona I, en espera d'estudis amb un major nombre d'observatoris.

En l'estudi per estacions i mesos s'observa com en general són els mesos d'hivern els que presenten les correlacions més baixes en totes les zones, sent els mesos de tardor i estiu els que les presenten més altes. Excepte en els mesos de tardor la tècnica original sobreestima fortament la precipitació. Les temperatures llindars que proporcionen les majors correlacions varien marcadament entre els diferents mesos i entre les diferents zones, sense que sembli haver-hi una tendència clara.

S'ha estudiat l'aplicació d'un filtre per gradient de temperatura, o d'un filtre per gradient temporal, comparant imatges successives. En cap dels dos casos s'ha observat una millora significativa en les estimacions de la tècnica.

Finalment s'ha comparat els resultats de la tècnica prenent com a estimació de la precipitació la corresponent a la matriu de 3x3 pixels centrada en el pixel corresponent a cada un dels observatoris amb objecte de comprovar possibles problemes de georeferenciació. En cap dels dos casos estudiats això ha suposat diferències significatives en els resultats de la tècnica, i per tant no s'ha aplicat sistemàticament.