

Els llamps i la seva relació amb les pluges intenses a Manacor (1994-2010)

Miquel Tomàs Burguera, Cristina Mas Riera, Maurici Ruiz Pérez

Introducció

Quan un nígul assoleix un gran desenvolupament vertical que dona lloc a un cumulonimbus, pot provocar, a part de pluges, descàrregues elèctriques, que en determinats casos poden impactar en terra i provocar-hi desperfectes. A grans trets, aquestes descàrregues elèctriques poden ser de dos tipus:

- Nígul-terra: es tracta de descàrregues elèctriques que es produeixen entre el nígul i la superfície terrestre.
- Nígul-nígul: en aquest cas són descàrregues elèctriques que es produeixen entre dos níguls, o fins i tot dintre del mateix nígul.

L'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) compta amb una xarxa de detecció de llamps que permet localitzar les descàrregues elèctriques nígul-terra. Les dades extretes d'aquesta xarxa de detecció són la base d'aquest estudi, i ja hi ha alguns antecedents que n'han fet ús.

Així, a les Illes Balears el primer estudi al respecte el va realitzar González Márquez (1996), analitzant les descàrregues elèctriques en el període comprès entre el mes d'agost de 1994 i el mes de setembre de 1996. Posteriorment, i ja amb una major quantitat de dades, Guijarro i Heredia (2004) varen analitzar les descàrregues elèctriques en el període 1997-2004. Ambdós estudis es refereixen al territori complet de les Illes Balears, mentre que en aquest article únicament s'analitza aquest fenomen al municipi de Manacor, però amb un àmbit temporal major que en els dos casos anteriors. Això permet obtenir una primera aproximació a una climatologia, ja que l'estudi inclou dades compreses entre l'1 de juliol de 1994 i el 31 de desembre de 2010.

Amb el seu gran desenvolupament vertical, els cumulonimbus es conver-

teixen amb els niguls que tenen un major contingut d'aigua i, per tant, una major probabilitat de provocar pluges intenses. Per tant, sembla possible detectar una relació entre els episodis de pluges intenses a Manacor i els dies de tempesta.

Un estudi d'aquest estil, el varen dur a terme Alomar i Grimalt (2009), que relacionen les tempestes amb les precipitacions estivals a Mallorca i són el primer precedent en la relació d'ambdós fenòmens a les Illes Balears.

Per tant, el nostre estudi contempla l'elaboració inicial d'una climatologia de descàrregues elèctriques dintre del terme municipal de Manacor i la recerca de la relació entre els dies de tempesta i les precipitacions intenses que es produeixen al municipi.

Metodologia

Les dades de les descàrregues elèctriques s'han obtingut de la xarxa de detecció de llamps de l'Agència Estatal de Meteorologia, que té la limitació que únicament detecta les descàrregues nigul-terra, i no les nigul-nigul. De fet, el contingut dels fitxers cedits per l'AEMET és el següent:

- Data: Amb any, mes, dia, hora i minut de l'impacte.
- Localització geogràfica: El llamp està posicionat mitjançant les coordenades X, Y.
- Intensitat de la descàrrega: Paràmetre que en aquest estudi no s'ha tractat.

Per tal de poder acotar l'estudi al terme municipal de Manacor es fa ús també d'una aplicació de SIG (Sistema d'Informació Geogràfica), concretament l'ArcGis, que permet, juntament amb l'ús d'una capa de municipis de Mallorca, retallar les descàrregues elèctriques que han afectat el municipi de Manacor i obviar la resta.

Quan ja es tenen aquestes dades s'inicia el treball estadístic de l'article, duent a terme tota una sèrie de càlculs amb l'Excel i amb el propi ArcGis. Els càlculs estan encaminats a calcular:

- Total de llamps per a cada any del període analitzat.
- Distribució mensual dels llamps.
- Distribució horària dels llamps.
- Dies de tempesta.
- Relació de les pluges intenses amb els dies de tempesta.

Per poder analitzar la relació amb les pluges intenses s'han emprat les dades pluviomètriques de les estacions de Manacor-Es Picot i Manacor-Son Crespí,

que pertanyen a la xarxa d'estacions meteorològiques d'AEMET.

S'han obtingut els dies amb precipitacions superiors a 20 mm i a 40 mm, i s'han analitzat quins d'aquests dies la pluja va anar acompanyada de tempesta o no. S'han considerat com a dies de tempesta aquells en què hi ha descàrregues elèctriques en un radi de 10 km entorn de l'estació meteorològica, i aquest mètode suposa una adaptació del mètode emprat per Ezcurria et al. (2002), que feia ús d'un quadre de 20 x 20 km amb centre a l'estació pluviomètrica.

Àmbit d'estudi

Aquest estudi se centra en el municipi de Manacor que, ubicat al llevant de Mallorca, ocupa una extensió total de 260,9 km². Al llevant limita amb la Mar Mediterrània.

Es tracta, igual que la resta de les Illes Balears, d'un indret on domina el

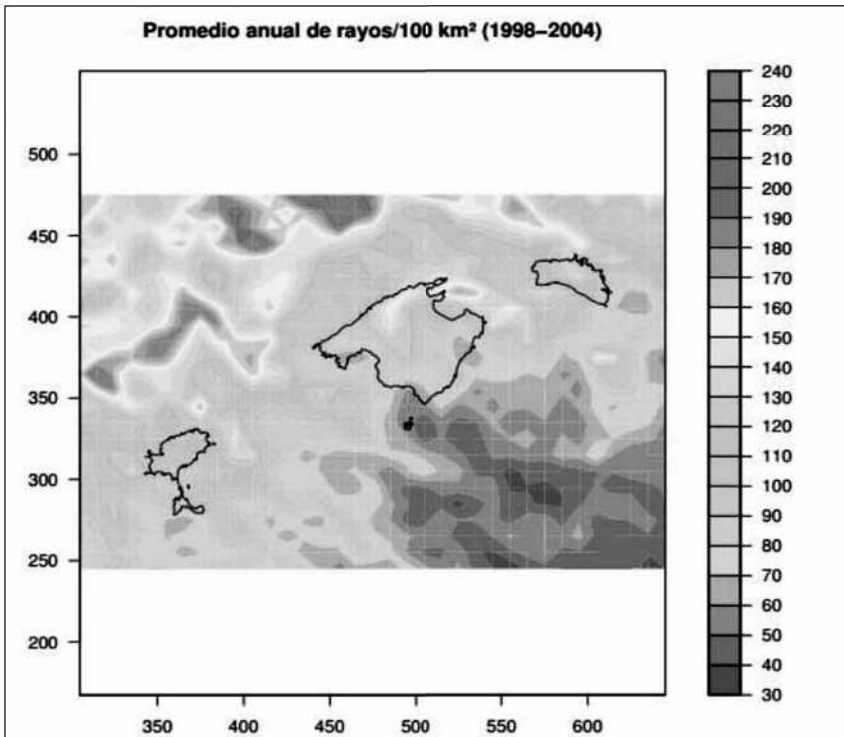


Figura 1. Mapa de nombre de llamps/any/100km². Guijarro i Heredia (2004)

clima mediterrani, amb sequera estival, màxim pluviomètric de tardor (sovint amb precipitacions intenses), i segon màxim pluviomètric a l'hivern -algunes de les característiques més importants que afecten l'estudi que es realitza.

Al mapa obtingut per Guijarro i Heredia (2004), amb un període d'estudi inferior al nostre, es pot veure com la zona de Manacor apareix integrada dintre del mínim de descàrregues elèctriques tant del llevant de Mallorca, com del migjorn i part del ponent.

Resultats

Distribució temporal

En primer lloc s'ha calculat el nombre de descàrregues elèctriques del període complet (taula 1), on es pot veure, a més, la densitat quilomètrica del fenomen en tot el període sencer. Cal destacar que el nombre de descàrregues del període total analitzat és de 3.418, enfront de les 70.428 que en el mateix període impacten damunt tota l'illa de Mallorca.

Comparant la densitat obtinguda a Manacor amb la que es dona a Mallorca es veu com és inferior: 13,1 descàrregues/km² enfront de les 19,3 descàrregues/km² de la mitjana de Mallorca. Tal i com ja es podia intuir a la figura 1, aquestes dades confirmen que Manacor es troba per sota la mitjana de Mallorca, també en el període 1994-2010.

<i>Ubicació</i>	<i>Descàrregues</i>	<i>Densitat (descàrregues/km²)</i>
Manacor	3.418	13,1
Mallorca	70.428	19,3

Taula 1. Densitat de descàrregues elèctriques

La distribució interanual dels llamps a Manacor (figura 2), mostra una irregularitat prou marcada, amb valors que varien significativament d'un any a un altre. Tant és així que el màxim es produeix l'any 2009, amb un valor de 586 descàrregues, mentre que el mínim es va donar un any següent, amb 42 descàrregues, el que no arriba ni a un 10% de l'any anterior.

Aquesta irregularitat també es manifesta pel fet que, amb una mitjana anual de 207,38 descàrregues, la desviació estàndard és de 143. Aquests valors s'han integrat dins la figura 2, on es poden veure, a part dels valors anuals, tres línies horitzontals que indiquen: una, la mitjana anual; l'altra, la mitjana +1 desviació estàndard, i l'altra, la mitjana -1 desviació estàndard.

És notori el fet que el període 2000-2007 es troba sempre per damunt la

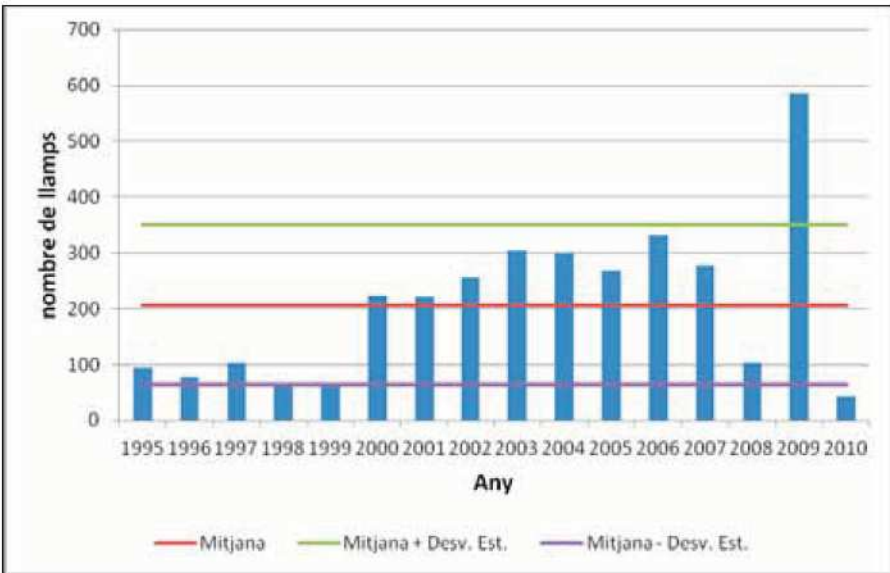


Figura 2. Distribució anual de les descàrregues elèctriques a Manacor

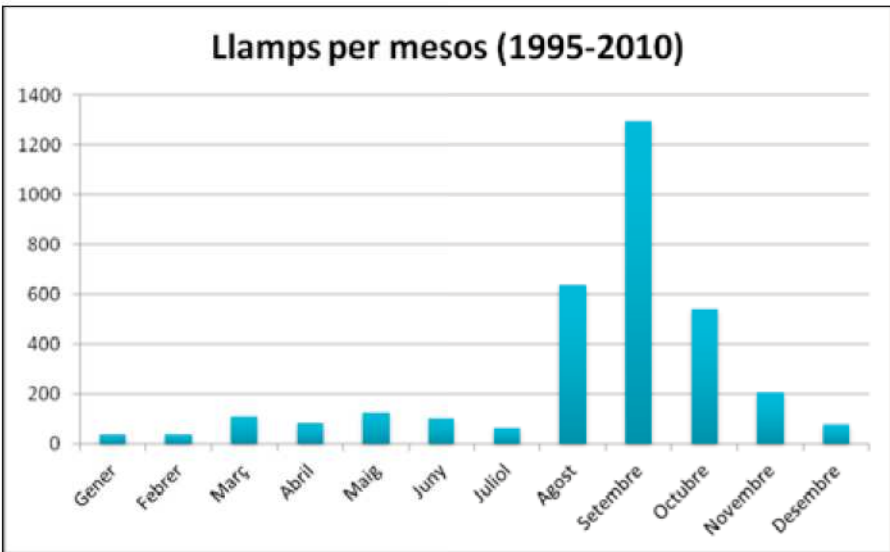


Figura 3. Distribució mensual de les descàrregues elèctriques a Manacor

mitjana, mentre que el que va de 1995 a 1999 es troba per sota, amb alguns anys que fins i tot s'ajusten molt a l'extrem que suposa la mitjana -1 desviació estàndard. De fet, en tota la sèrie hi ha dos anys que es troben per sota d'aquesta línia, el 1998 i el 2010. Mentre que per sobre de la mitjana +1 desviació estàndard únicament s'hi troba l'any 2009.

Per mesos (figura 3), la major part de l'activitat elèctrica es concentra a finals de l'època càlida, de tal manera que els mesos d'agost, setembre i octubre són els que presenten uns valors més destacables quant a nombre de descàrregues. De fet, el setembre és el mes amb un major nombre (1.297), el que suposa un 37,9% de l'activitat total. La resta de l'any presenta un valors molt discrets, amb un mínim hivernal molt marcat (taula 2), i un lleuger increment primaveral, encara que és poc notori, ja que es passa d'un 4,4% del total d'activitat a l'hivern a un 9,3% a la primavera, valors que queden allunyats de l'estiu i la tardor.

Mes	Percentatge (%)	Estació	Percentatge (%)
Gener	1,11	Hivern (DGF)	4,42
Febrer	1,05	Primavera (MAM)	9,33
Març	3,19	Estiu (JJA)	23,41
Abril	2,43	Tardor (SON)	59,92
Maig	3,72		
Juny	2,93		
Juliol	1,84		
Agost	18,64		
Setembre	37,95		
Octubre	15,89		
Novembre	6,09		
Desembre	2,25		

Taula 2. Distribució percentual mensual i estacional de les descàrregues elèctriques

A més del nombre de descàrregues també resulta interessant tractar el nombre de dies de tempesta, és a dir, el nombre de dies en què almanco hi ha hagut una descàrrega dintre del municipi de Manacor. A nivell interanual (figura 4) s'observa que també apareix irregularitat d'un any a l'altre, però no és tan marcada com en el cas del nombre de descàrregues. La mitjana és de 21,2 dies de tempesta/any. A nivell comparatiu amb el nombre de descàrregues es pot observar que no existeix una relació clara; de fet, s'ha calculat el coeficient de correlació i s'ha obtingut un valor de r^2 de tan sols 0,35, que està al límit de la

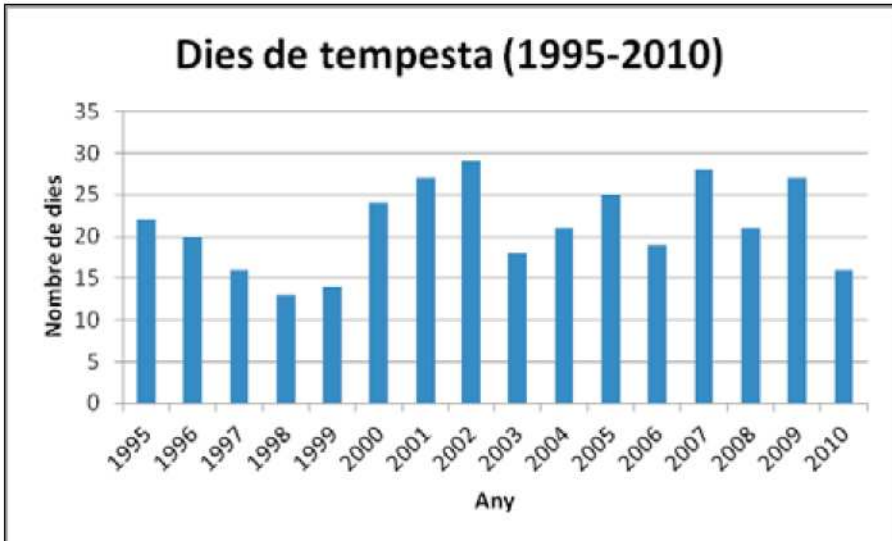


Figura 4. Distribució anual del nombre de dies de tempesta

significació, fet que s'explica per la distinta activitat elèctrica que porta cada tempesta.

A nivell mensual (figura 5) el patró que s'observa sí que guarda moltes semblances amb el de nombre de llamps; apareix un màxim marcat al final de l'època càlida, un mínim hivernal i un lleuger increment primaveral, que de nou és poc important. Pel que fa als mesos en concret, el setembre és el que presenta un major nombre de dies de tempesta, seguit de l'octubre i l'agost.

A la comparativa amb el nombre de descàrregues elèctriques els mesos d'octubre i d'agost es capgiren. Octubre presenta més dies de tempesta que agost, però una menor activitat elèctrica. Aquest fet és perquè durant el mes d'agost les tempestes que es produeixen generen una major quantitat de descàrregues que no pas a l'octubre.

Finalment s'ha calculat també la distribució horària de les descàrregues elèctriques (figura 6). L'activitat màxima es concentra entorn de les hores centrals del dia, amb un màxim marcat que va de les 11 a les 14 UTC. Al vespre i la matinada es produeix un petit repunt a les 01 UTC, que segurament es deu a activitat elèctrica procedent de tempestes que provenen de la mar, mentre que el

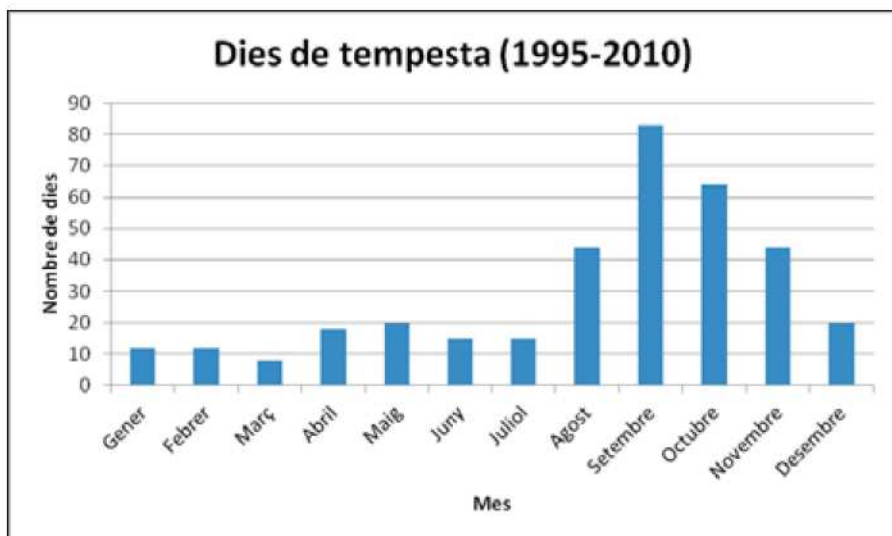


Figura 5. Distribució mensual del nombre de dies de tempesta

màxim de migdia estaria més relacionat amb tempestes de creixement a l'interior de Mallorca, moltes de les quals segurament relacionades amb la convergència d'embat, ja que s'observa un descens abrupte cap a mitjan i final de l'horabaixa.

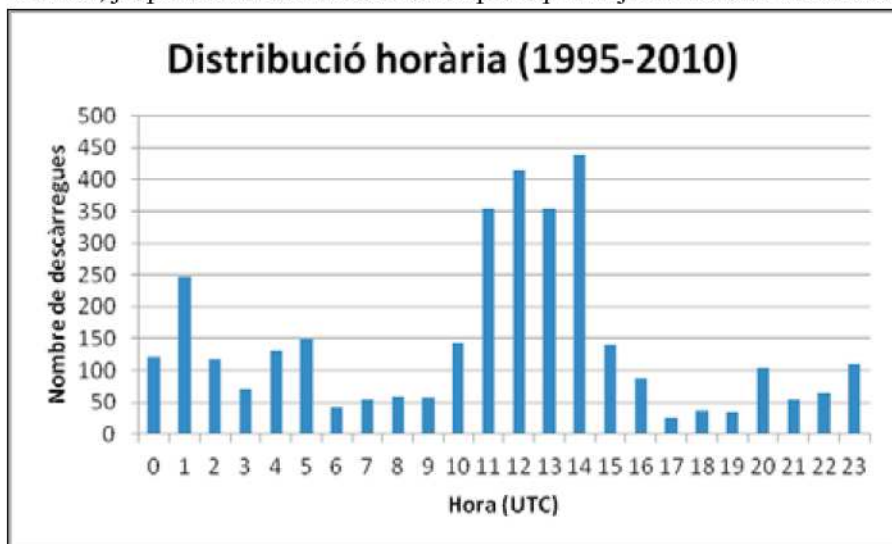


Figura 6. Distribució horària de l'activitat elèctrica

Relació amb les precipitacions intenses

S'han agafat les sèries pluviomètriques de les estacions meteorològiques de Manacor–Es Picot i Manacor–Son Crespí, i se n'han extret els dies en què les pluges havien estat superiors a 20 mm, per avaluar seguidament si aquests mateixos dies s'havien produït descàrregues elèctriques a Mallorca, a Manacor i al cercle de 10 km de radi entorn de l'estació meteorològica. Aquest mateix procediment també s'ha realitzat amb les pluges superiors a 40 mm.

A l'estació des Picot s'han localitzat 104 casos amb pluges superiors a 20 mm i a Son Crespí 120 casos (taula 3). A ambdues estacions apareix el mateix patró, amb un nombre de casos molt elevats que presenten descàrregues elèctriques a algun indret de la illa (~75%), mentre que el nombre es redueix de manera important quan es limita la descàrrega elèctrica al municipi de Manacor (~40%). El nombre de casos (~45%) que presenten descàrrega entorn dels 10 km més propers a l'estació pluviomètrica és lleugerament superior. De fet, aquests darrers són els casos en què consideram que la precipitació està provocada directament pel nígul de tempesta. En el cas de descàrregues a Mallorca, la precipitació intensa no té perquè estar provocada directament per una tempesta (aquesta es pot trobar localitzada a Pollença, per posar un exemple llunyà), però sí que està provocada per una atmosfera prou inestable com per provocar el creixement de niguls importants.

		Total casos	Amb descàrrega elèctrica a		
			Mallorca	Manacor	10 km
>20mm	Es Picot	104	78 (75%)	43 (41,3%)	46 (44,2%)
	Son Crespí	120	93 (77,5%)	51 (42,5%)	55 (45,8%)
>40mm	Es Picot	18	15 (83,3%)	10 (55,6%)	12 (66,7%)
	Son Crespí	32	27 (84,3%)	16 (50%)	18 (56,3%)

Taula 3. Plugues intenses a Manacor amb descàrregues elèctriques a distints indrets

Si es tracten els casos de més de 40 mm hi ha dues diferències fonamentals. En primer lloc, el nombre de casos descendeix de manera molt important a les dues estacions (18 a es Picot i 32 a Son Crespí). En segon lloc, els percentatges d'ocurrència de descàrregues elèctriques s'incrementa de manera prou important, de tal manera que quan es tracta de descàrregues a Mallorca se sobrepassa el 80%, i a la resta de casos se sobrepassa el 50%.

Per tant, a partir de la construcció d'aquesta taula es pot concloure que les pluges intenses (sobretot les de més de 40 mm en una jornada), és habitual que vagin acompanyades de tempesta. I encara és més freqüent que aquestes pluges es produeixin en situacions d'atmosfera prou inestable com per provocar tempestes a algun indret de Mallorca.

5. Conclusions

En primer lloc s'ha de dir que els resultats obtinguts en el període estudiat sembla que estan en la línia del que apareixia a l'estudi de Guijarro i Heredia (2004), ja que s'ha vist com la zona de Manacor es troba lleugerament per sota la mitjana de llamps de la resta de l'illa.

A més, l'elaboració d'aquesta primera aproximació a la climatologia de descàrregues elèctriques a Manacor permet demostrar que hi ha una elevada irregularitat interanual en el nombre de descàrregues elèctriques, que no és tan acusada en el cas del nombre de dies de tempesta, que també varia d'un any a un altre però no ho fa de manera tan important. Per tant, també hi ha una elevada irregularitat en el nombre de descàrregues elèctriques que es produeixen en cada situació de tempestes.

Mensualment les descàrregues elèctriques apareixen al final de l'època més càlida de l'any, que coincideix també amb l'època més plujosa, que és quan arriben els primers embossaments d'aire fred en alçada, quan en superfície encara hi ha condicions d'aire càlid, i això dóna lloc a la inestabilitat necessària per poder créixer les tempestes.

A nivell horari s'ha pogut comprovar l'important efecte de l'escalfament diürn pel que fa al creixement de tempestes que afecten el municipi, ja que la major activitat es dóna entorn de les hores centrals del dia. És probable que una part important d'aquestes tempestes estiguin relacionades amb la convergència d'embat, ja que les hores de major activitat elèctrica coincideixen amb les hores en què aquest vent sol bufar. Mentre que a mitjan horabaixa, quan aquest vent s'atura, el nombre de descàrregues elèctriques disminueix en picat.

El màxim secundari de matinada, segurament es pot explicar per l'arribada de tempestes marítimes, que creixen damunt la mar i es desplacen fins que arriben a tocar l'illa de Mallorca. S'ha de tenir en compte que els vespres i les matinades la superfície marítima es troba a una temperatura superior que la superfície continental i, per tant, és allà on es dóna la màxima inestabilitat.

Les pluges intenses es produeixen majoritàriament en situacions de tempesta, que és quan els nívuls tenen un major desenvolupament vertical i, per tant,

tenen més capacitat de contenir i precipitar aigua. Aquest fet és més important com més intensa és la precipitació, ja que s'ha vist com amb precipitacions de més de 40 mm els valors són prou més importants que quan únicament s'empra una restricció de pluges superiors a 20 mm.

BIBLIOGRAFIA

- ALOMAR, Gabriel; GRIMALT, Miquel (2009). "Tormentas y precipitaciones estivales en Mallorca. Microcontinentalidad y brisas marinas". A: *Geografía, territorio y paisaje: El estado de la cuestión: Actas del XXI Congreso de Geógrafos Españoles*. Ciudad Real: Universidad de Castilla-La Mancha. P. 1681-1690.
- EZCURRA, A.; ARETIO, J.; HERRERO, I. (2002). "Relationships between cloud-to-ground lightning and surface rainfall during 1992-1996 in the Spanish Basque Country area". *Atmospheric research*, 61, p. 239-250.
- GONZÁLEZ, J. (1996). "Distribución de las tormentas en Baleares". *Boletín Mensual Climatológico (Islas Baleares)*, 53, p. 121-124.
- GUIJARRO, J. A.; HEREDIA, M. A. (2004). "Climatología de descargas eléctricas nube-tierra en las Islas Baleares". *Revista de Climatología*, vol. 4, p. 9-19.
- JANSÀ, J. M.; JAUME, E. (1946). "El régimen de brisas en la isla de Mallorca". *Revista de Geofísica* [Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto Nacional de Meteorología], any IV, núm. 19, p. 304-328.
- KATSANOS, D.; LAGOUVARDOS, K.; KOTRONI, V.; ARGIRIOU, A. (2007). "Combined analysis of rainfall and lightning data produced by mesoscale systems in the central and eastern Mediterranean". *Atmospheric research*, 83, p. 55-63.