



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultat de Filosofia i Lletres

Memòria del Treball de Fi de Grau

Esdeveniments de Precipitació Extrema a les Illes Balears Associades al Tipus de Temps (1971-2012)

Ana Garcia Terradas
Grau de Geografia

Any acadèmic 2019-20

DNI de l'alumne: XXXXXXXXXX

Treball tutelat per Enrique Morán Tejeda
Departament de Geografia

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Paraules clau del treball: precipitació extrema; mediterrani ; variabilitat; tipus de temps.

Índex

Agraïments.....	5
Resum.....	6
1- Introducció i objectius.....	7
2- Àrea d'estudi.....	9
3- Metodologia.....	13
3.1. Base de Dades.....	13
3.2. Esdeveniments de precipitació extrema i períodes de retorn.....	14
3.3. Tipus de Temps.....	15
4 - Resultats.....	17
4.2. Estadística de freqüència dels esdeveniments de precipitació.....	19
4.3. Període de retorn.....	22
4.4. Anàlisi Estacional.....	23
4.5. Tipus de temps.....	24
5. Discussió.....	26
6. Conclusions.....	27
Referències Bibliogràfiques.....	29

I.Llistat de Figures

- **Figura 1.** *Mapa de l'àrea d'estudi.*
- **Figura 2.a.** *Fase positiva WeMO.*
- **Figura 2.b.** *Fase negativa WeMO.*
- **Figura 3.** *Mapa del sud-est europeu, amb els 16 punts de pressió sobre el nivell de la mar*
- **Figura 4.** *Magnitud dels esdeveniments de precipitació extrema.*
- **Figura 5.a.** *Distribució espacial de la magnitud màxima de precipitació.*
- **Figura 5.b.** *Distribució espacial de la magnitud mitjana de precipitació.*
- **Figura 5.c.** *Distribució espacial de la desviació estàndard de la magnitud de precipitació.*
- **Figura 6.a.** *Gràfic de la freqüència total d'esdeveniments de precipitació màxima.*
- **Figura 6.b.** *Gràfic d'anàlisi espectral de la freqüència total d'esdeveniments de precipitació màxim.*
- **Figura 7.a.** *Període de retorn a partir del valor màxim de precipitació.*
- **Figura 7.b.** *Període de retorn a partir del valor mitjà de precipitació.*
- **Figura 8.** *Gràfic de barres dels tipus de temps associats als esdeveniments de precipitació extrema per localitat.*

II.Llistat de Taules

- **Taula 1.** *Càlcul d'índexs utilitzats per a la caracterització de tipus meteorològics*
- **Taula 2.** *Percentatge dels esdeveniments de precipitació extrema per estació de l'any.*
- **Taula 3.** *Percentatge del tipus de temps associat a cada esdeveniment de precipitació extrema per localitat.*

III.Llistat de acrònims

- **AEMET:** Agència Estatal de Meteorologia
- **AHIS:** Sistema d'Informació Hidrològica Automàtica
- **GEV:** Teoria General de Valors Extremes
- **IPPC :** Panell Intergovernamental sobre el Clima

- **NAO**: Oscil·lació de l'Atlàntic Nord
- **NCAR** : Centre Nacional d'Investigacions Atmosfèriques
- **NCEP**: Centre Nacional de Predicció Mediambiental
- **MAGRAMA** : Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi ambient
- **OMM** : Organització Meteorològica Mundial
- **SPREAD**: Precipitació Espanyola a Escala Diària en Quadrícula
- **WeMO**: Oscil·lació del Mediterrani Occidental

Agraïments

Primer de tot agrair al Dr. Enrique Morán per inspirar-me i estimular el meu interès per la investigació, alhora per la seva paciència i involucració en el present treball. A la meva família i amics de tota la vida, pel seu suport incondicional, especialment a la meva mare i el meu pare que sempre m'han donat suport a cada camí que he elegit. Als meus companys de classe, per ajudar-me, compartir somnis i frustracions, i fer-me la carrera molt més lleugera i divertida. I en darrer lloc, però amb la mateixa consideració, mereixen una menció especial a totes aquelles persones que he anat coneixent fora del grau, però dins l'àmbit universitari, que m'han ajudat a créixer intel·lectualment i com a persona, però sobretot que s'han convertit, fins al dia d'avui, en imprescindibles.

Resum

L'elevada variabilitat i estacionalitat de les precipitacions del mediterrani, a causa de la influència dels nuclis d'acció que provoquen l'Anticicló de les Açores, el WeMO i la circulació en altura associada a el corrent en jet, fan que s'originin esdeveniments pluviomètrics de gran intensitat, ocasionant inundacions considerables i importants impactes sobre el medi ambient i l'activitat humana. Molts d'aquests episodis es localitzen a l'àrea que comprèn l'arxipèlag Balear, on es registra un elevat nombre de fenòmens de precipitació extrema. A l'actual treball es presenta un estudi a escala regional per caracteritzar la intensitat dels esdeveniments de precipitació extrema a l'arxipèlag Balear, i determinar els tipus de temps associats als esdeveniments esmentats durant el període de 42 anys (1971-2012). L'anàlisi es realitza a partir de cinc indicadors estadístics de precipitació: distribució, freqüència, intensitat, període de retorn i estacionalitat. Els resultats posen de manifest una gran variabilitat en la freqüència i la intensitat de les precipitacions extremes, marcada estacionalitat dels esdeveniments durant la tardor, i el predomini del patró de circulació de tipus ciclònic.

Abstract

The high variability and seasonality of Mediterranean rainfall, due to the influence of the nuclei of action that cause the Azores Anticyclone, the WeMO and the upper atmosphere circulation associated to the polar jet stream, cause high intensity rainfall events to originate, causing considerable flooding and important impacts on the environment and human activity. Many of these episodes are located in the area that includes the Balearic archipelago, where a high number of extreme precipitation phenomena are registered. In the current work, a study is presented at a regional scale to characterize the intensity of extreme precipitation events in the Balearic Islands, and determine the weather types associated with the mentioned events during the 42-year period (1971 to 2012). The analysis is carried out from five statistical indicators of precipitation: distribution, frequency, intensity, return period, and seasonality. The results reveal a great variability in the frequency and intensity of extreme rainfall, marked seasonality of the events during the autumn, and the predominance of the cyclonic-type circulation pattern.

Keywords : extreme rainfall; Mediterranean; variability; weather types.

1- Introducció i objectius

Els esdeveniments pluviomètrics extrems són episodis de gran intensitat amb capacitat per desencadenar processos geomorfològics i hidrològics de gran magnitud i importants conseqüències en pèrdues econòmiques i humanes. A més de la seva intensitat, aquests episodis es caracteritzen per la baixa freqüència temporal i per presentar una distribució espacial aparentment imprevisible (Beguiría et al., 1999). Fins avui dia, s'ha trobat una relació molt estreta entre l'augment de la freqüència dels fenòmens climàtics extrems, i el canvi climàtic. Entenent que aquesta major periodicitat i agressivitat dels esdeveniments extrems són provocats per la situació de canvi global actual (Rios-Insua et al., 2013). Però, a què ens referim quan parlem d'un fenomen climàtic extrem? Encara no ho sembli, aquesta explicació pot esdevenir complexa, perquè no existeix cap definició universal que concreti l'esdevenir del present succés. Per una banda, es pot afirmar que, els fenòmens climatològics extrems són esdeveniments que tenen valors anòmals de certes variables meteorològiques importants, com ara grans quantitats de precipitacions, temperatures elevades (per exemple, onades de calor), etc. Aquests esdeveniments són generalment inusuals; per exemple, velocitats de vent extremes que superen el valor de període de retorn de 100 anys, que tenen una probabilitat de només 0,01, i es produeixen durant un any concret, sense seguir cap patró d'eventualitat (Stephenson et al., 2008). Encara que, una de les definicions més acceptades és la que exposa el Panell Intergovernamental sobre el Clima (IPPC, 2013) "Fenomen meteorològic estrany a un determinat lloc i època de l'any... La raresa normal d'un fenomen meteorològic extrem seria igual o superior als percentils 10 o 90 de l'estimació de la funció de densitat de probabilitat observada. Per definició, les característiques d'un fenomen meteorològic extrem poden variar d'un lloc a un altre en sentit absolut. Un comportament extrem del temps pot classificar-se com a fenomen meteorològic extrem quan persisteix durant un cert temps (per exemple, una estació), especialment si els seus valors de mitjana o totals són extrems (per exemple, sequera o precipitació intensa al llarg d'una temporada)." Complementàriament, l'Organització Meteorològica Mundial (OMM, 2018) detalla que la caracterització d'un fenomen com a extrem guarda més relació amb la magnitud de les conseqüències, que no amb la intensitat o baixa freqüència del mateix esdeveniment. Per tant, encara que la intensitat i temporalitat juga un paper clau, l'eficiència de predicció i el nivell de vulnerabilitat del sistema, són variables decisives per considerar un fenomen climàtic com a extrem.

Introduïda la terminologia, i relacionant els esdeveniments climàtics extrems, amb el canvi climàtic, segons el Panell Intergovernamental sobre el Clima, s'adverteix que en els pròxims anys la intensitat i la freqüència dels quatre tipus principals de variables climàtiques (temperatura, vent, ones i precipitació) augmentaran significativament (Lubchenco et al., 2012). El que s'ha dit anteriorment és especialment rellevant en climes caracteritzats per una elevada variabilitat en les variables atmosfèriques, com és el clima mediterrani, on els fenòmens meteorològics potencialment perillosos succeeixen amb una certa normalitat. És per això que el clima mediterrani es caracteritza per concentrar les màximes de precipitació durant els mesos de tardor (majoritàriament) quan l'atmosfera comença a refredar-se mentre la mar manté els valors de temperatura de l'estiu; amb valors d'intensitat elevats i una gran irregularitat en la distribució de l'espai-temps (Romero et al., 1999). Aquestes característiques provoquen episodis d'inundacions importants, i en moltes ocasions "flash flood" o també anomenades inundacions ràpides (escassa duració, més gran volum de precipitació), a les que se li associa un elevat grau destructiu (Martín et al., 2019) i que són molt característiques de les àrees amb petites conques fluvials, com les Illes Balears. La proximitat a la font de vapor d'aigua, l'orografia i, durant la tardor, la proximitat d'energia, en presentar l'aigua una temperatura relativament elevada, expliquen aquest grau d'intensitat que caracteritza l'àrea Mediterrània peninsular i les Illes Balears (Martín-Vide et al., 2000). És més que coneguda la concentració de les màximes de precipitació durant la tardor, però la manca d'informació de la situació sinòptica dels esdeveniments torrencials esdevé problemàtic a l'hora d'elaborar un pla de prevenció de riscos d'inundacions, remarcant que aquests episodis són considerats, el risc mediambiental més perjudicial a Espanya tant en termes socials com en termes econòmics (Pujadas-Ferrer et al., 2013). Alhora, cal destacar que no és possible associar una única situació sinòptica als esdeveniments de pluges torrencials, aquests episodis poden ser de característiques molt diverses. Si s'atén exclusivament l'extensió i durada dels mateixos és possible parlar d'episodis d'alta intensitat pluviomètrica molt localitzats i de molt breu durada, usualment associats a tempestes unicel·lulars o multicel·lulars (Llasat et al., 1991). En l'extrem oposat ens trobem amb els episodis d'intensitat moderada però de considerable durada, menys freqüents i que se solen localitzar a l'hivern (Martín-Vide et al., 2000). Per tant, el tipus de temps associat a la precipitació intensa en el mediterrani sol ser una forta convecció i tempestes induïdes per l'advecció (és a dir, una depressió freda en la troposfera mitjana) i condicions càlides de la superfície de la mar, impulsades per l'elevació orogràfica (Morán-Tejeda et al., 2019). L'objectiu d'aquest treball

d'investigació és caracteritzar la intensitat dels esdeveniments de precipitació extrema a l'arxipèlag Balear, i determinar els tipus de temps associats als esdeveniments esmentats durant el període de 42 anys (1971-2012). L'anàlisi es realitza a partir de quatre indicadors estadístics de precipitació: freqüència, intensitat, període de retorn i estacionalitat. Específicament els objectius de l'estudi són: (1) quantificar la magnitud dels esdeveniments de precipitació extrema, (2) calcular la freqüència durant el període d'estudi, (3) conèixer el període de retorn pel valor de l'esdeveniment mitjà i màxim de cada una de les estacions, (4) analitzar l'estacionalitat dels esdeveniments i (5) determinar a quin tipus de temps s'associen els esdeveniments de precipitació extrema. A més, aquest treball vol contribuir a augmentar el volum d'investigació existent relacionada amb esdeveniments extrems. A l'entendre que l'augment de les poblacions a zones costaneres i urbanes (ecumenes), han fet potenciar la nostra vulnerabilitat davant els fenòmens meteorològics extrems, cada vegada més presents i agressius.

2- Àrea d'estudi

L'àrea d'estudi de la investigació en qüestió comprèn les tres illes majors de l'arxipèlag Balear: Mallorca 3.640 km², Menorca 693 km² i Eivissa 541 km². Gran part del territori (aproximadament el 85%) correspon a àrees relativament planes amb altimetries inferiors als 200 m de cota, encara que, a la Serra de Tramuntana se superen els 1400m d'altitud.

El clima és típicament mediterrani, encara que amb algunes excepcions a causa de les característiques orogràfiques, que condicionen un augment en l'aridesa de nord a sud. La temperatura mitjana anual varia poc entre les illes, oscil·lant entre els 17,1 °C a Maó (Menorca) i els 17,7 °C a Eivissa. L'època més freda coincideix amb l'hivern, concretament al gener, amb una temperatura mitjana entre 11 i 12 °C, i l'època més càlida és a l'estiu, durant l'agost, entre 25 i 26 °C. En la major part de les illes, exceptuant les zones de major altitud, no es produeixen gelades (CAIB, 2015).

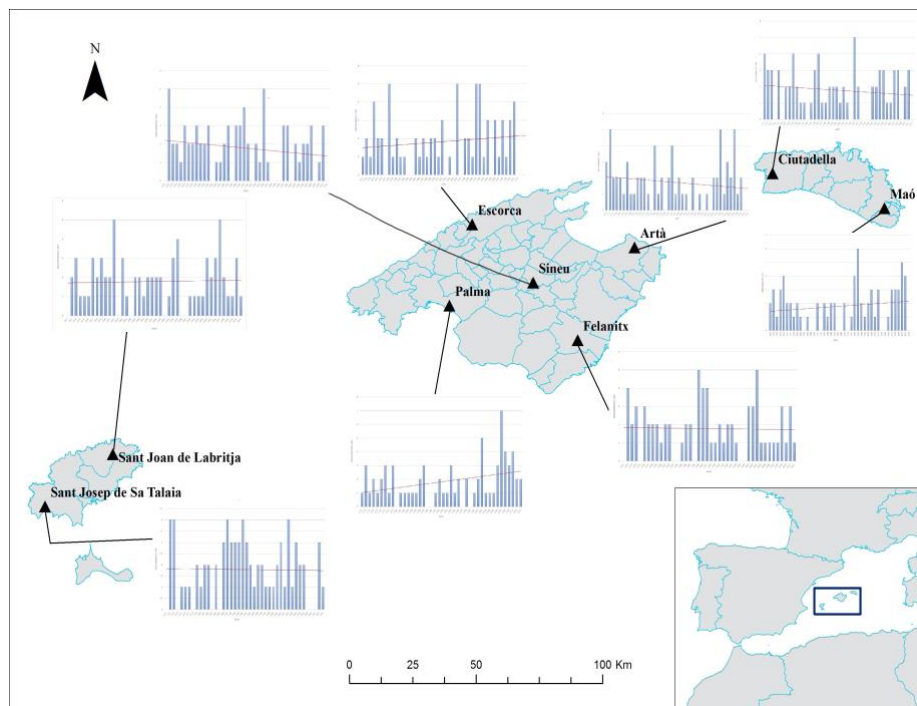


Figura 1. Mapa de l'àrea d'estudi i evolució de la freqüència d'esdeveniments extrems en cada punt seleccionat.

Les precipitacions es produeixen majoritàriament en forma de pluja, sent la neu escassa i pràcticament exclusiva de la Serra de Tramuntana, a Mallorca. La pluviometria manifesta una gradació Nord-Sud i està molt influenciada per l'orografia. A Mallorca, concretament a la zona central de la serra de Tramuntana els valors de precipitació poden assolir fins als 1400 mm/any, mentre que al sud de l'illa poden no arribar als 400 mm anuals. A Eivissa la pluviometria és considerablement menor. Els valors màxims es produeixen durant els mesos d'octubre i novembre, mentre que els mínims tenen lloc durant els mesos de juny i juliol (CAIB, 2015). Una característica climàtica cabdal per aquest estudi és tenir en compte la distribució estacional de la pluviometria, ja que de setembre a gener es produeixen més del 65% de les precipitacions, en canvi durant els mesos d'estiatge només precipita un 7% del total anual. Destacant que aquestes precipitacions se solen localitzar en curts períodes de temps, i amb una intensitat notable, context que afavoreix la concentració d'esdeveniments de precipitació extrema durant aquesta època de l'any. A Mallorca la precipitació mitjana anual assoleix xifres entorn dels 610 mm. Els valors més elevats de precipitació es localitzen a la Serra de Tramuntana, fonamentalment cap a la part centreoriental, a la zona del municipi d'Escorca. En canvi, els valors més baixos tenen lloc a l'àrea de la Badia de Palma. La pluviometria va descendent des de la Serra de Tramuntana fins a arribar l'interior de l'illa (Pla de Mallorca), per ascendir de nou cap a les Serres de Llevant. A la resta d'illes, la

pluviometria anual és inferior: Menorca 543 mm i Eivissa 406 mm (CAIB, 2015). La variabilitat de les precipitacions al Mediterrani, està lligada a la variabilitat interanual de la circulació atmosfèrica (Ramis et al., 2015). Les causes atmosfèriques que provoquen aquesta estacionalitat en les precipitacions són principalment dues: l'Anticicló de les Açores i l'Oscil·lació del Mediterrani Occidental (WeMO) i a influència de la circulació en altura, amb l'entrada de masses d'aire fredes i amb vorticitat ciclònica associades al corrent en jet (Viedma-Muñoz et al., 2000). El Mediterrani occidental, i per tant les Illes Balears es veuen afectades pel cinturó de baixes pressions associades al centre polar i l'àrea dominada freqüentment per l'Anticicló de les Açores, franja de transició entre el clima temperat de latituds mitjanes i el clima subtropical, que provoca aquesta gran variabilitat de la circulació atmosfèrica (Ramis et al., 2015). En particular, les perturbacions atmosfèriques que solen donar lloc a precipitacions a les Illes Balears solen correspondre a fluxos del nord o a perturbacions desenvolupades dins de la mateixa conca mediterrània (Romero et al., 1999). Cal destacar, que malgrat la influència de l'anticicló de les Açores, existeix una dèbil correlació negativa entre l'índex NAO (Oscil·lació de l'Atlàntic Nord) i la pluviometria de la façana oriental de la península Ibèrica i Balears, pel fet que les perturbacions de l'oest associades al front polar arriben afeblides a l'arxipèlag Balear, a l'haver travessat tota la Península Ibèrica i haver descarregat gran part de la humitat que transporten (Martin-Vide et al., 1999). Per aquest motiu es planteja el WeMO com a explicació per caracteritzar els patrons de circulació de la conca mediterrània. L'Oscil·lació del Mediterrani, es defineix com a patró de variabilitat de baixa freqüència que connecta les conques occidental i oriental del Mare Nostrum (Martín-Vide et al., 2003). Alguns dels resultats més notables confirmen l'existència de correlacions negatives entre la precipitació de les conques occidental i oriental del Mediterrani (Douguedroit et al., 1993), així com entre el règim tèrmic de totes dues regions (Maheras et al., 1999). La fase positiva de la WeMO correspon a l'anticicló de les Açores situat al quadrant sud-oest ibèric i de baixes pressions al Golf de Gènova. La seva fase negativa es descriu per l'anticicló centreeuropeu situat al nord de la península Itàlica i una baixa centrada en el sector del sud-oest de la península Ibèrica (Figura 2). L'índex de l'Oscil·lació del Mediterrani Occidental (WeMO) s'aplica a escala de temps diari per a determinar variables climàtiques com precipitacions convectives. (Olivés Tarrés et al., 2015).

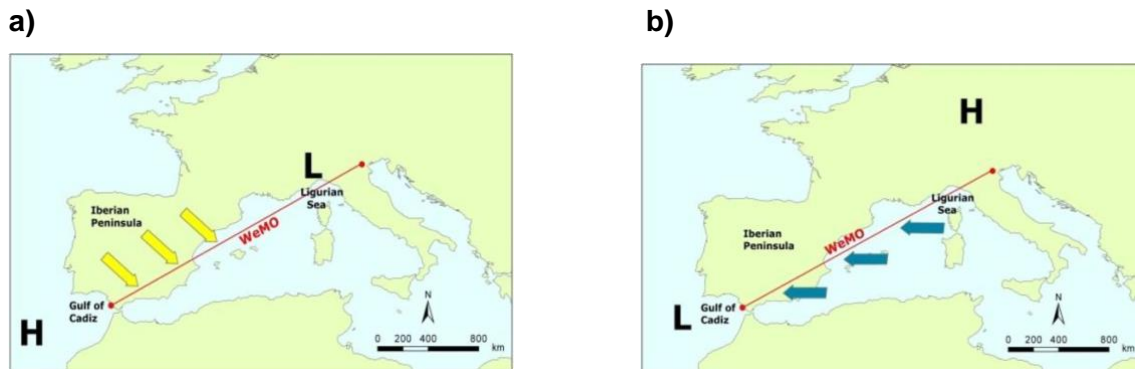


Figura 2. (a) Fase positiva WeMO. (b) Fase negativa WeMO. Font: Olivés Tarrés et al., 2015

A partir de l'estudi de la WeMO s'estableixen tres tipologies de precipitació, depenent de la causa atmosfèrica (Martín-Vide et al ., 2002):

- 1) Les adveccions atlàntiques s'associen a valors positius de la WeMO_i (exceptuant les situacions de baixes fredes despreses sobre el Golf de Cadis, que sovint adquireixen valors negatius).
- 2) Els successos mediterranis es corresponen amb fases negatives de l'índex WeMO (a excepció de les adveccions del NE, que prenen índexs neutres).
- 3) Els episodis atmosfèrics convectius generalment es vinculen a fases neutres o d'indefinició de l'índex, amb valors que fluctuen entorn del 0. Aquests, també anomenats, depressions aïllades a nivells alts (DANA), són especialment freqüents durant finals d'estiu i a la tardor. Es tracta d'un episodi convectiu a nivells alts, concretament, una depressió en altura totalment separada de la circulació atmosfèrica associada al corrent en jet, de difícil predicció.

Un dels centres de pressió que defineixen la WeMO és la baixa de Gènova, també coneguda com a ciclogènesi de Gènova (borrasca de sotavent), un tipus de ciclogènesi orogràfica, que sorgeix per l'acció altitudinal dels Alps (Basa et al., 2017). Cal destacar que el Mediterrani és una de les zones amb major potencialitat per a ciclogènesis intenses, i que aquestes marquen el caràcter eminentment torrencial de les precipitacions (Pastor-Gúzman et al ., 2012). Per tant, al Mediterrani, els factors geogràfics-tèrmics permeten la freqüent generació de pertorbacions de baix nivell en llocs fixos. Si coincideix sobre aquestes pertorbacions una anomalia de vorticitat potencial, encara que només sigui marginal, podrà provocar una ciclogènesi; que no tindrà lloc a un espai aleatori, sinó en llocs específics, amb tendència a repetir-se (Jansá et al ., 1996).

3- Metodologia

3.1. Base de Dades

Les dades de precipitació utilitzades al treball s'han extret de la base de dades SPREAD (Serrano-Notivoli et al., 2017). Es tracta d'una base de dades de precipitació diària en reixa, amb una resolució espacial de 5x5 km, que cobreix el període de temps de 1971 a 2012 per la península Ibèrica, Balears i les Illes Canàries, a partir de dades brutes de 12.858 observatoris, que posteriorment s'han completat omplint els buits per dia i lloc. En aquest treball ens hem centrat únicament en les dades corresponents a les Illes Balears. Com expliquen els seus autors, la base de dades utilitza un conjunt de dades nacionals creades en els últims anys. Concretament, a partir de dades originals de l'AEMET (Agència Meteorològica Espanyola), del MAGRAMA (Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi ambient) i de l'AHIS (Sistema d'Informació Hidrològica Automàtica), que inclouen 2644 sèries mensuals (Serrano-Notivoli et al., 2017). Els valors seleccionats corresponen a la base de dades SPREAD de precipitació diària per a les Illes Balears de 1971 al 2012. Les dades amb què es basa l'estudi s'ajusten amb el conjunt de valors de precipitació diària dels 9 píxels seleccionats, els quals coincideixen amb 9 localitats situades al llarg de les tres illes principals de l'arxipèlag Balear: Eivissa (**1.** Sant Josep de sa Talaia i **2.** Sant Joan de Labritja), Mallorca (**3.** Palma, **4.** Escorca, **5.** Sineu, **6.** Felanitx i **7.** Artà) i Menorca (**8.** Ciutadella i **9.** Maó) (Figura 1).

La justificació respecte a l'elecció dels nou punts com a base per a realitzar l'estudi, recau en la necessitat de seleccionar la mostra més representativa en relació amb la variabilitat de precipitació que existeix a les Illes Balears. Entenent que cada àrea triada representa, a grans trets, els diferents règims pluviomètrics que es troben a l'arxipèlag. D'altra banda, per a conèixer l'estat de l'atmosfera, i en conseqüència els tipus de temps que provoquen els esdeveniments de precipitació extrema registrats durant els anys analitzats en les diferents localitzacions, s'han extret els valors diaris de pressió sobre el nivell de la mar. Concretament, per a determinar els tipus de temps diaris associats, s'han utilitzat un conjunt de 16 punts centrats a les Illes Balears (amb tendència a l'est mediterrani) (Figura 3) per a extreure sèries diàries de pressió sobre el nivell de la mar del conjunt de dades Reanàlisis NCEP / NCAR (<https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>)

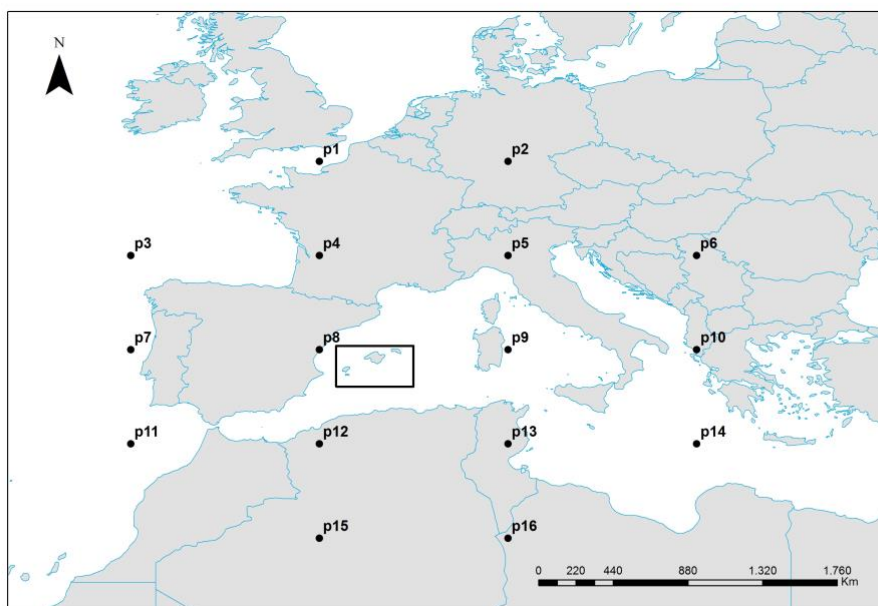


Figura 3. Mapa del sud-est europeu, amb els 16 punts de pressió sobre el nivell de la mar.

3.2. Esdeveniments de precipitació extrema i períodes de retorn

De la sèrie de dades de 42 anys de precipitació diària es calcula el percentil 99, i se seleccionen els dies amb precipitacions per sobre d'aquest valor, la qual cosa ens permet agrupar només aquells esdeveniments de precipitació realment extraordinària amb relació a la mitjana. A l'anàlisi de dades amb els valors de percentil 99 s'ha hagut d'incloure els valors de precipitació 0, per a poder obtenir com a resultat el mateix nombre de casos en tots els punts. En total s'obtenen 75 esdeveniments per cadascuna de les 9 localitzacions. D'aquests esdeveniments ens quedam amb les dates i la magnitud (mm/dia) per les anàlisis posteriors. Les dades de precipitació processades i agrupades permeten l'elaboració de la comparació de les magnituds dels esdeveniments extrems entre localitats mitjançant gràfics de tipus Box Plot, calculant la magnitud màxima, la mitjana de les magnituds i la mitjana de la desviació estàndard. Amb l'objectiu de poder identificar valors atípics i comparar les distribucions dels esdeveniments. Continuant l'anàlisi, es procedeix al càlcul de la freqüència estadística anual dels 75 esdeveniments de precipitació extrema per cada localitat. Una vegada completats les anàlisis anteriors, es procedeix al càlcul del període de retorn, a partir de les 9 estacions seleccionades, s'extreuen els valors màxim i mitjà dels 75 esdeveniments de precipitació extrema, i es calcula el període de retorn per aquests dos valors. Per calcular els períodes de retorn s'han d'ajustar prèviament les sèries de

precipitació màxima anual de cada localitat a la distribució de freqüència de Gumbel, que forma part de la família de distribucions de la teoria general de valors extrems (GEV). Una vegada ajustada (mitjançant la funció pgev del paquet estadístic fExtrems del software R) es calcula el període de retorn dels valors màxims i mitjans dels esdeveniments de precipitació extrema per cada localitat a partir de:

$$RT = \frac{1}{1 - F(\chi)}$$

on RT és el període de retorn $F(\chi)$ és la distribució empírica acumulativa de la funció de Gumbel (GEV) per a χ i χ és el valor màxim (o mitjà) dels esdeveniments extrems de cada localitat (Morán-Tejeda et al., 2019).

Per a finalitzar, s'elabora el càlcul de l'anàlisi estacional mitjançant l'extracció en forma de percentatge de l'eventualitat de les precipitacions per cada estació. A partir de les dades ordenades de les dates coincidents amb les precipitacions màximes, en funció de l'estació de l'any.

3.3. Tipus de Temps

Per a entendre les raons i aprofundir en els 75 esdeveniments de precipitació extrema resultants (per cadascun dels 9 punts), s'analitza la circulació atmosfèrica amb els valors de pressió sobre el nivell de la mar, durant els dies en els quals es varen produir cada un dels 75 esdeveniments. Per a això, s'adopta la caracterització de tipus meteorològics proposada per a Trigo i DaCamara (2000), que es basa en les classificacions objectives per a les Illes Britàniques proposades per Jenkinson i Collison (1977). Aquesta classificació s'ha utilitzat amb èxit en estudis sobre la variabilitat climàtica i la precipitació a la regió mediterrània. Els tipus de clima de circulació diària es basen en un conjunt d'índexs que quantifiquen la direcció i vorticitat del flux geostrofic: flux cap al sud (SF), flux cap a l'oest (WF), velocitat del vent total (F), vorticitat de cisallament cap al sud (ZS), vorticitat de tall cap a l'oest (ZW) i vorticitat total (Z) (Cortesi et. al 2013). Aquests índexs s'han calculat utilitzant valors de pressió en superfície diària dels 16 punts de la quadrícula amb resolució 5x5, situats a l'est de la Península Ibèrica i centrats en Balears (Figura 3). Les dades de SLP diaris de 1971 a 2012 s'obtenen de la reanàlisi del NCEP / NCAR i els índexs es calculen per als 675 esdeveniments de precipitació extrema (75 per cadascuna de les 9 ubicacions). Com es pot veure a la Taula 1.

Índex de direcció i vorticitat	Abreviació	Fòrmules
Flux del Sur	SF	$1.305 [0.25 (p5 + 2p9 + p13) - 0.25 (p4 + 2p8 + p12)]$
Flux de l'Oest	WF	$[0.5 (p12 + p13) - 0.5 (p4 + p5)]$
Vorticitat Sud	ZS	$0.85 [0.2 (p6 + 2p10 + p14) - 0.25 (p5 + 2p9 + p13) - 0.25 (p4 + 2p8 + p12) + 0.25 (p3 + 2p7 + p11)]$
Vorticitat Oest	ZW	$1.12 [0.5 (p15 + p16) - 0.5(p8 + p9)] - 0.91 [0.5 (p8 + p9) - 0.5 (p1 + p2)]$
Vent Total	F	$0.5 (SF2 + WF2)$
Vorticitat Total	Z	$ZS + ZW$

Taula 1. Càlcul d'índexs utilitzats per a la caracterització de tipus meteorològics. Font : Cortesi et. al 2013 i Trigo i DaCamara et al.,2000

Donats els índexs en la Taula 1, els tipus de clima es defineixen amb base en els següents criteris (Cortesi et. al 2013 i Trigo i DaCamara et al., 2000):

1. La direcció del flux és definida per $\tan^{-1}(WF/SF)180 / \pi$, resulta en graus sexagesimals. 180° es van agregar si $WF > 0$. La direcció corresponent (N, NE, E, ES, S, SW, W, NW) es calcula utilitzant una brúixola de vuit punts, permetent 45° per sector.
2. Si $|Z| < F$, el flux és essencialment recte i el tipus de clima pot considerar-se advectioniu o direccional pur (vuit casos diferents segons les direccions de la brúixola).
3. Si $|Z| > 2F$, el tipus de clima es considera ciclònic pur quan $Z > 0$ i anticiclònic pur quan $Z < 0$.
4. Si $F < |Z| < 2F$, el flux es considera un tipus híbrid, caracteritzat tant per la direcció.

Els càlculs donen com a resultat 26 tipus de temps, inclosos 8 tipus d'advecció pura, 2 direccionals purs. No obstant això, per a simplificar la representació dels resultats, seguint el mètode proposat per Trigo i DaCamara (2000) cadascun dels 16 tipus d'híbrids s'inclou amb un pes de 0,5 en el direccional advectioniu i en el direccional ciclònic o anticiclònic. Aquests es reagrupen en els 10 tipus de temps bàsics: 8 advectionius i 2 direccionals (ciclònic i anticiclònic).

4 - Resultats

4.1. Distribució estadística i espacial dels valors de precipitació extrema

Els resultats de l'anàlisi de distribució de la sèrie de valors de precipitació extrema de les nou estacions estudiades mostra tres patrons diferenciats pel que fa a la distribució de les dades, i què es poden classificar en tres grups (Figura 4.): (1) Escorca componria un grup individual, caracteritzat per presentar, a més de presentar valors més elevats de precipitació extrema, una dispersió en els mateixos superior que la resta d'estacions. Alhora que s'observa una disseminació elevada de les dades envers la mitjana, ja que la desviació estàndard dona com a resultat 58,08 (Figura 5.c), la distància mitjana superior envers la mitjana del total de les estacions. (2) Sant Josep de sa Talaia i Sant Joan de Labritja conformarien el segon grup, al presentar una dispersió de les observacions inferior a les d'Escorca, però allunyades del patró que reproduïxen la resta de localitats. La longitud del rang inter quartil indica una major concentració de les dades, que majoritàriament s'agrupen a la zona superior de la mediana (asimetria positiva), però que alhora mostren un gran nombre de valors atípics, principalment a Sant Josep de Sa Talaia, on el màxim de valors del límit superior es posiciona en els 130 mm, i els valors atípics augmenten la dispersió fins a aproximadament 170 mm. La dispersió de les observacions envers la mitjana és molt superior als valors de precipitació registrats a Sant Joan. (3) Les estacions restants formen el tercer grup, ja que generalment mostren molta concentració en la distribució de les dades de precipitació dels setanta-cinc esdeveniments analitzats per localitat. En canvi, si es té en compte el tipus de distribució, es poden diferenciar aquelles localitats que presenten distribució simètrica (Sineu, Ciutadella i Maó), i les que la seva distribució és asimètrica positiva (Palma, Felanitx i Artà). D'aquest darrer grup mereixen una menció especial els casos de Palma, en observar que presenta els valors més agrupats de tot el conjunt d'estacions, i Artà, en tenir certes similituds amb la distribució de les dades de Sant Josep de Labritja.

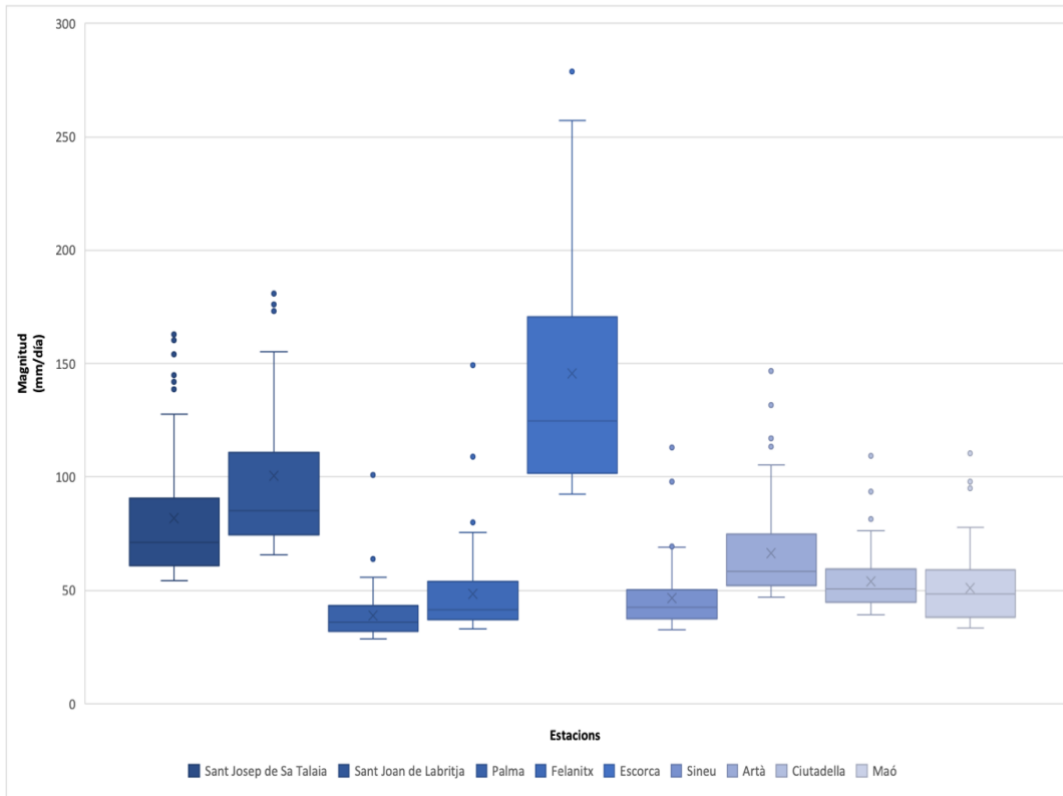


Figura 4. Magnitud dels esdeveniments de precipitació extrema ordenats d'est a oest.

Per altra banda, a partir de l'anàlisi espacial s'ha pogut visualitzar la distribució que presenta cada una de les localitats envers la magnitud màxima (Figura 5. a), la magnitud mitjana (Figura 5. b) i la desviació estàndard de les magnituds (Figura 5. c). La representació de la magnitud màxima dels esdeveniments de precipitació (Figura 5. a) mostra certa desproporcionalitat entre els valors obtinguts. Les dades de precipitació màxima registrades a les estacions de Sant Joan de Labritja i Escorca provoquen que augmenti el rang de dispersió entre els valors de les localitats. Sant Joan de Labritja registra l'esdeveniment de precipitació màxima, arribant als 360 mm, conjuntament amb Escorca que mostra valors de precipitació màxima similars, 340 mm. Aquests dos esdeveniments de precipitació extrema, dupliquen a les de la tercera estació amb major volum de precipitació màxima (Sant Josep de Sa Talaia) amb 162,8 mm. Valors de magnitud màxima similar registren Felanitx (149,5mm) i Artà (146,8mm). A un rang inferior, però més gradual, s'identifiquen conjuntament les localitats de Sineu (112,9 mm), Ciutadella (109,2mm) i Maó (110,6mm). Finalment, l'estació ubicada al municipi de Palma registra el valor més baix, que equival a 100,9mm.

La representació de la magnitud mitjana dels esdeveniments de precipitació (Figura 5.b) presenta un rang de valors esglaonat, on cap localitat (amb l'excepció d'Escorca) mostra cap dada anòmala. Escorca, com s'ha puntualitzat anteriorment, és l'estació que mostra

el valor més elevat (i més aïllat) de magnitud mitjana, amb 148,28 mm. A un rang de valor inferior s'hi ubiquen les dues estacions de l'illa d'Eivissa: Sant Joan de Labritja (104mm) i Sant Josep de Sa Talaia (82,93mm). La resta d'estacions, es troben en xifres de magnitud mitjana de precipitació que fluctuen entre els 67,4mm (Artà) i els 47,32mm (Felanitx). Palma se situa al rang inferior de classificació del mapa, amb una magnitud mitjana de precipitació de 39,63mm.

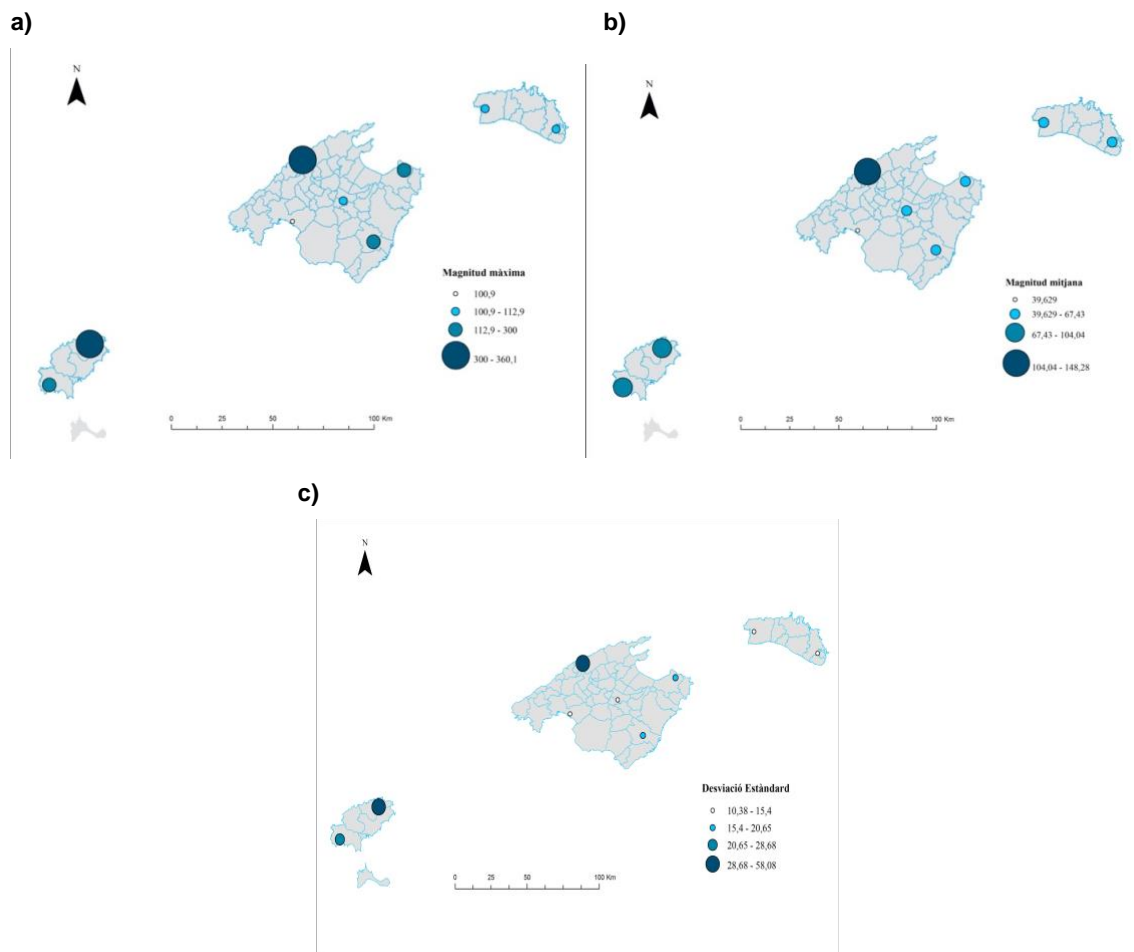


Figura 5. (a)Distribució espacial de la magnitud màxima de precipitació. **(b)** Distribució espacial de la magnitud mitjana de precipitació. **(c)** Distribució espacial de la desviació estàndard de la magnitud de precipitació.

4.2. Estadística de freqüència dels esdeveniments de precipitació

Els resultats obtinguts a partir de la realització dels gràfics d'estadística de freqüència dels esdeveniments de precipitació extrema durant el període d'estudi (Figura 1.), ens mostra una major estabilitat a l'àrea d'Eivissa, principalment a l'estació localitzada més al sud de la zona d'estudi. Concretament, a (1) Sant Josep de Sa Talaia, on podem observar que els episodis de precipitació màxima no presenten puntes importants, sinó

que la freqüència dels esdeveniments, mostra una tendència més rectilínia. Aquesta tendència, encara no ser tan clara, a causa de les puntes de cinc episodis de precipitació extrema concentrades durant els anys 1982 i el 2007, també es reproduïx, encara que amb certa tendència ascendent, a l'estació de (2) Sant Joan de Labritja, localitzada també a l'illa d'Eivissa, a la zona nord. Situació similar es pot observar a l'estació de (4) Felanitx, a la zona est de l'illa de Mallorca, on encara observar una distribució dels episodis més concentrada per anys, (1989 i 2003) l'evolució de la freqüència es manté estable, amb certa tendència descendent. Per altra banda, la zona de (3) Palma, presenta grans inestabilitats amb la freqüència d'episodis de precipitació, acumulats principalment en els darrers anys, on observem les majors puntes en nombre d'esdeveniments de precipitació extrema per any. Les àrees de (6) Sineu (Pla de Mallorca), (7) Artà (Nord-est de Mallorca) i (8) Ciutadella (Oest de Menorca), presenten similituds en la freqüència per anys: major acumulació d'esdeveniments de precipitació extrema registrada durant els primers vint anys. A excepció d'alguns repunts a l'estació d'Artà en els darrers anys, que no es veuen reflectits en la tendència descendent que reproduïxen les tres localitzacions anteriorment mencionades (6-7-8). Per altra banda, (5) Escorca l'àrea que es caracteritza per la seva orografia muntanyosa, presenta grans puntes i davallades al llarg de tota la sèrie d'anys pel que fa a freqüència, encara que la tendència resultant sigui ascendent. Resultat molt similar es troba a (9) Maó (Est de Menorca) pel que fa a la direcció de la tendència, encara que en aquest cas, es pot observar més clarament una concentració dels esdeveniments durant els darrers anys.

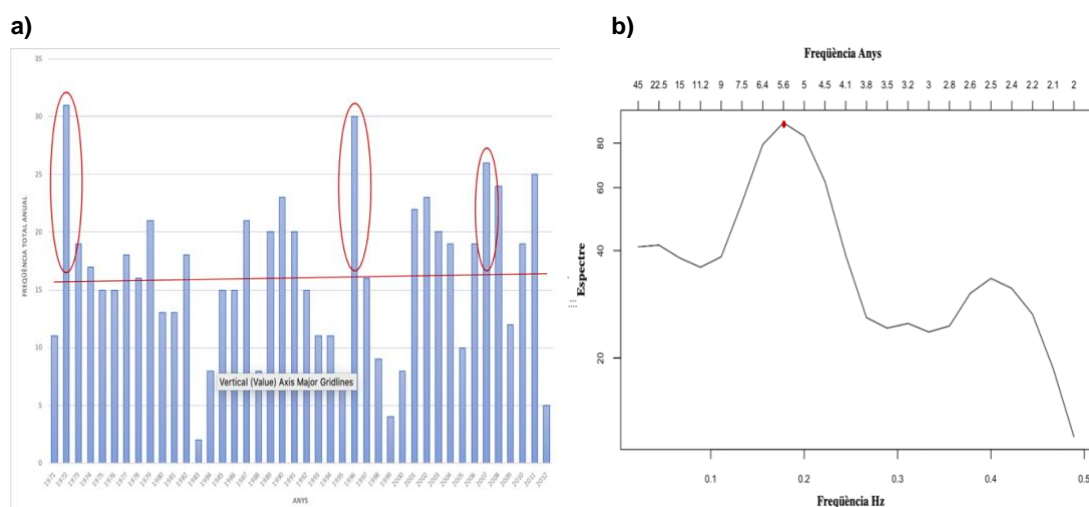


Figura 6. (a) Gràfic de la freqüència total d'esdeveniments de precipitació màxima. **(b)** Gràfic d'anàlisi espectral de la freqüència total d'esdeveniments de precipitació màxim.

L'estadística de freqüència d'esdeveniments de precipitació màxima per estacions és útil per diferenciar com s'acumula la precipitació anual per cada zona de l'àrea d'estudi, però per tenir informació sobre l'evolució del nombre d'esdeveniments de precipitació extrema a les Illes Balears, és necessari l'anàlisi per anys del total dels esdeveniments (9 estacions * 75 esdeveniments). Els resultats (Figura 6. a) ens mostren una certa ciclicitat en la concentració d'esdeveniments de precipitació extrema: la freqüència màxima es localitza l'any 1972, amb trenta-u episodis de precipitació extrema, després d'aquesta màxima s'observa una davallada important, fins al valor mínim de dos esdeveniments durant l'any 1983. Posteriorment, torna a ascendir la corba fins a la màxima l'any 1990, amb vint-i-tres esdeveniments de precipitació màxima (vint-i-dos anys entre valors màxims). Posteriorment, es mostra una nova punta de freqüència, rompent el patró de ciclicitat anterior, concretament durant l'any 1996, amb trenta esdeveniments de precipitació màxima. Assolit el mínim l'any 99, la situació canvia, i es comencen a registrar freqüències més elevades, majoritàriament superiors a 20 esdeveniments anuals.

La ciclicitat mostrada al gràfic (a), s'ha analitzat mitjançant una anàlisi espectral (Figura 6. b) aquesta anàlisi mostra un pic en la potència espectral entorn dels 0,18 Hz, la qual cosa es tradueix en el fet que un cicle d'entre 5 i 6 anys, explica la major part de la variabilitat temporal de la sèrie de dades. Aquesta variabilitat podria estar influenciada per índexs de patrons de baixa freqüència, com l'Oscil·lació del Mediterrani Occidental (WeMO) i l'Oscil·lació de l'Atlàntic Nord (NAO). En general, aquests cicles poden indicar que a l'àrea d'estudi les precipitacions intenses es produeixen amb certa freqüència. Aquesta freqüència cíclica tan marcada, estaria de moment emmascarant qualsevol classe de tendència lineal que s'estigués donant en la freqüència dels esdeveniments de precipitació extrema.

4.3. Període de retorn

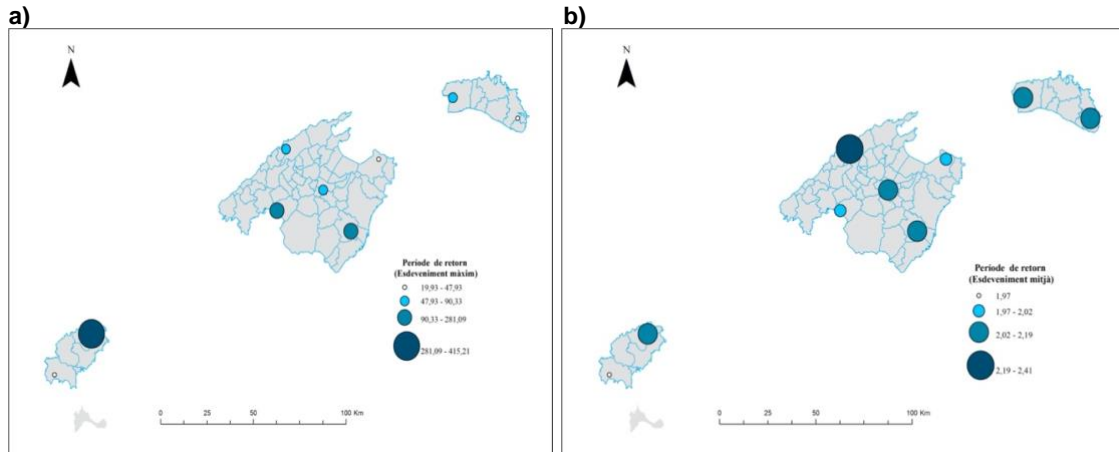


Figura 7 . (a) Període de retorn a partir del valor màxim de precipitació. **(b)** Període de retorn a partir del valor mitjà de precipitació.

Els resultats de la distribució espacial dels diferents períodes de retorn (Figura 7. a), mostren grans diferenciacions entre el temps de recurrència de cada localitat. Per una banda, s'observa una elevada variabilitat a l'illa d'Eivissa, on trobam que a la zona sud (Sant Josep de sa Talaia) s'estima un període de retorn entorn dels 20 i 48 anys (concretament 25 anys) a partir del valor màxim de precipitació. En canvi, a l'àrea nord, el període de retorn resultant és considerablement superior, i coincidint amb el valor més elevat de probabilitat d'ocurrència en relació amb totes les altres localitats, un període de retorn de 415 anys a partir del valor màxim de precipitació dels 75 esdeveniments. Per altra banda, els resultats de l'illa de Mallorca mostren menor variabilitat en relació amb la probabilitat d'ocurrència d'episodis pluviomètrics extrems a partir de l'esdeveniment de precipitació màxima. Artà és l'estació en la qual l'esdeveniment de precipitació màxima mostra un període de retorn menor a l'illa, concretament de 48 anys. Escorca i Sineu pels seus registres es troben dins la classificació intermèdia, amb resultats entorn els 48 i 93 anys (Escorca, 64 anys; Sineu, 90 anys). I Palma i Felanitx mostren els majors períodes de retorn per l'illa de Mallorca, Palma 281 anys, i Felanitx 188 anys. Finalment, Menorca és l'illa que presenta menors diferències entre localitats. Ciutadella és l'estació amb un període de retorn major, 62 anys pel valor de precipitació màxima. I Maó, registra un període més curt, concretament de 43 anys. En relació amb els períodes de retorn resultants a partir del valor de l'esdeveniment mitjà de precipitació extrema de les diferents estacions (Figura 7. b), s'observen grans diferències entre els valors calculats a partir de l'esdeveniment màxim i els de l'esdeveniment mitjà. En aquest segon mapa les classificacions dels períodes de retorn

es troben molt més agrupades, ja que el rang d'anys dels resultats és molt curt (mínim 1,97 anys - màxim 2,41 anys = 0,44 anys), a conseqüència d'una distribució de les dades (majoritàriament) molt pròxima a la mitjana, i que guarda relació amb els valors resultants de la desviació típica (Figura 5.c). Per tant, la freqüència d'ocurrència de la precipitació a partir de la mitjana del valor màxim anual, no mostra grans diferenciacions entre localitats. Destaca la màxima d'Escorca amb un període de retorn de 2,41 anys, i la mínima de Sant Josep de Sa Talaia d'1,97 anys, reproduint la posició del mínim període de retorn a les dues anàlisis.

4.4. Anàlisi Estacional

Els esdeveniments de precipitació extrema presenten un patró estacional clar (Taula 2): a totes les localitats els mesos de tardor acumulen entre un 40% i un 60% del total d'episodis de precipitació extrema. En canvi, a la resta d'estacions, si feim una anàlisi general, no s'observa cap predomini damunt les altres pel que fa a percentatge d'esdeveniments.

Existeix certa variabilitat entre localitats, per exemple Escorca acumula el 52% de les precipitacions extremes durant la tardor, un 26,67% a l'hivern, el 16% a la primavera, i finalment el 5,33% durant l'estiu. En canvi, la resta d'ubicacions (a excepció d'Artà 12% i Maó 13,33%), mostren percentatges al voltant del 20% durant els mesos d'estiu, un 15% superiors que a Escorca, on les precipitacions extremes succeeixen principalment (obviant la tardor) durant l'hivern (26,67%).

La primavera seria l'estació més estable en volum de precipitació extrema, cap localitat, supera el 20% dels episodis de precipitació extrema totals. Més bé, la mitjana dels percentatges que es registren a la primavera seria del 15% del volum total de casos.

L'hivern i l'estiu tampoc presenten grans variabilitats, però sí que el pes del volum màxim (hivern) i mínim (estiu) que es registra a la localitat d'Escorca provoca grans diferenciacions entre les estacions, i sobretot reflecteix la gran focalització de les precipitacions (extremes) en localitzacions molt concretes, característic del clima mediterrani de les Illes.

	Sant Josep	Sant Joan	Palma	Felanitx	Escorca	Sineu	Artà	Ciutadella	Maó
Hivern	20.00	12.00	13.33	17.33	26.67	17.33	13.33	18.67	16.00
Primavera	14.67	20.00	14.67	17.33	16.00	17.33	13.33	10.67	10.67
Estiu	18.67	22.67	17.33	20.00	5.33	20.00	12.00	20.00	13.33
Tardor	46.67	45.33	54.67	45.33	52.00	45.33	61.33	50.67	60.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Taula 2. Percentatge dels esdeveniments de precipitació extrema per estació de l'any. L'hivern inclou del 21 de desembre al 20 de març; primavera inclou del 21 de març al 20 de juny, estiu del 21 de juny al 20 de setembre, i la tardor del 21 de setembre al 20 de desembre

4.5. Tipus de temps

Els esdeveniments de precipitació extrema es poden produir sota qualsevol dels diferents tipus de temps, com bé mostren els resultats (Taula 3), encara que alguns tenen més influència que d'altres. El patró de circulació més freqüent que provoca la majoria de precipitacions extremes (Figura.8) és el tipus ciclònic que representa aproximadament més del 40% dels episodis de precipitació extrema a totes les estacions analitzades. Les precipitacions extremes també es produeixen sota la influència de condicions anticiclòniques, però amb percentatges molt menors (entorn un 5% de mitjana dels esdeveniments del total de les estacions). Les condicions advectiones més favorables per la formació de precipitacions extremes són vents de direcció oest (W), nord-est (NE) i nord-oest (NW), amb un volum mitjà total del 30% dels casos de precipitació extrema a les estacions estudiades.

Els episodis ciclònics són predominants a totes les estacions, però destaca el percentatge resultant a Escorca, on el 63,33% de tots els esdeveniments pluviomètrics extrems estan ocasionats per aquest estat sinòptic. Valors molt similars presenten Ciutadella (58,67%) i Maó (59,33%). En canvi, la resta d'estacions mostren percentatges entorn del 50% i 40%. El tipus de temps anticiclònic és poc representatiu a totes les estacions, però mostra certes variabilitats, on destaquen Sant Joan (7,33%) i Palma (5,33%). La resta de zones mostren valors entre el 4% i el 2%.

Els tipus advectiones més representatius i amb majors variabilitats entre les diferents estacions són Oest (W), Nord-est (NE), Nord-oest (NW) i Nord (N). El tipus de temps advectiones oest (W), es troba amb major presència als episodis de precipitació extrema de Sant Josep de Sa Talaia, amb un 17,33%. Volum que difereix dels percentatges que

mostren la resta de localitats, i que fluctuen entre xifres de 12% i 5%. Per altra banda, nord-est (NE) i nord-oest (NW), mostren percentatges molt similars, en el cas de NE predomina el valor obtingut a l'estació de Sant Joan de Labritja (14%), molt propers als percentatges d'Escorca (13,33%), Sant Josep (12,67%) i Maó (12,67%). Les altres localitats es mantenen en valors entorn l'11% i el 6%. En el cas del tipus advection NW Artà (13,33%) i Felanitx (12%) són els que mostren percentatges més elevats d'aquest estat sinòptic durant els esdeveniments de precipitació extrema. Finalment, en el cas del tipus de temps advection nord, l'estació amb valors més elevats d'aquest estat sinòptic són Sineu (8,67%) i Palma (7,33%). Les altres localitats presenten xifres d'entorn el 6% i el 0,67%.

	Sant Josep	Sant Joan	Palma	Felanitx	Escorca	Sineu	Artà	Ciutadella	Maó
Cyc	40	42	40.67	37.33	63.33	46.67	50	58.67	59.33
Ant	2.67	7.33	5.33	2.67	2.00	1.33	4.00	4.67	2.67
N	6.00	4.00	7.33	4.00	0.67	8.67	3.33	2.00	2.67
NE	12.67	14.00	7.33	11.33	13.33	6.67	10.00	8.67	12.67
E	7.33	4.00	6.00	5.33	6.00	10.67	7.33	4.00	4.00
SE	1.33	2.67	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.67
S	2.67	3.33	5.33	6.67	1.33	1.33	1.33	2.00	2.00
SW	1.33	1.33	5.33	2.67	2.67	2.67	0.67	1.33	2.00
NW	8.67	8.67	10.00	12.00	4.67	11.33	13.33	8.00	8.67
W	17.33	12.67	10.00	18.00	6.00	10.67	10.00	10.00	5.33

Taula 3. Percentatge del tipus de temps associat a cada esdeveniment de precipitació extrema per localitat.

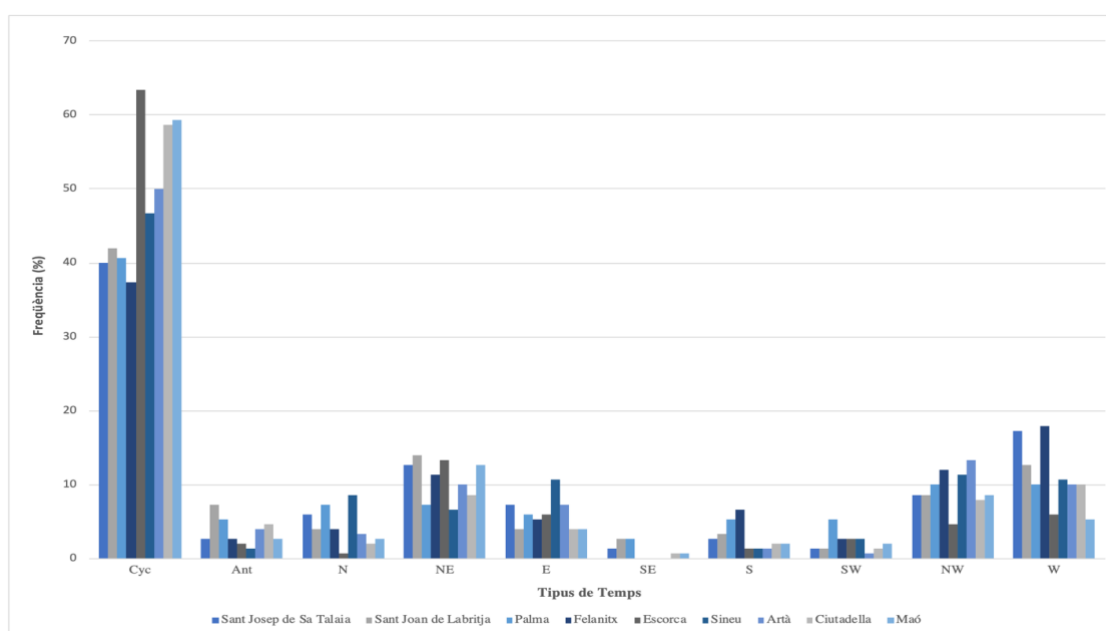


Figura 8. Gràfic de barres dels tipus de temps associats als esdeveniments de precipitació extrema per localitat

5. Discussió

La regió de la mediterrània occidental és una àrea ciclogènica molt activa. Atès que les illes Balears són una zona afectada per aquesta característica climàtica, el present treball s'ha centrat a determinar els tipus de temps associats als esdeveniments de precipitació extrema, anàlisi que ha rebut atenció prèvia (Alomar & Llop et al ., 2012), i que s'ha volgut completar mitjançant la caracterització de la intensitat d'aquests esdeveniments extrems. La distribució dels esdeveniments respon a patrons de concentració a la majoria de l'arxipèlag Balear, on els valors dels esdeveniments màxims es troben entorn els 100 i 170 mm. Destaca la localitat d'Escorca (340 mm), que respon a uns resultats esperats a causa del factor marcadament orogràfic (la configuració del relleu afavoreix l'ascens vertical de l'aire i la humitat), amb un període de retorn de 64 anys, donant a conèixer el caràcter més recurrent d'aquest tipus d'episodis a la zona d'Escorca. I destaca, la zona de Sant Joan de Labritja, on es registra el màxim de precipitació diari (360mm), resultat a ressaltar, que es relaciona amb un període de retorn, envers la precipitació màxima, molt elevat, concretament de 475 anys, i que identifica el valor màxim, com extremadament anòmal. Aquestes dues estacions obtenen resultats molt inferiors pel que fa a la precipitació mitjana, entorn dels 140-100 mm, comparativa que posa de manifest l'elevada dispersió de dades, i per altra banda una elevada concentració temporal en les precipitacions de les àrees remarcades. L'anàlisi relacional de les freqüències de la precipitació extrema entre localitats, no mostra cap patró clar de tendència remarcable. En canvi, quan aplicam l'anàlisi al total de les estacions per anys, s'observa una tendència cíclica i a l'alça de les precipitacions extremes, que és descomposta mitjançant el gràfic espectral, aportant informació detallada de la durabilitat dels períodes. La durada dels cicles (entre màxims i mínims de precipitació extrema) esdevé de 5 a 6 anys, llargària possiblement influenciada per la borrasca de gènova (WeMO) que potencia situacions ciclòniques amb major intensitat depenent dels fronts europeus i la NAO (Martín-Vide et al ., 2003). Cal emfatitzar, que els resultats per a tots els períodes de retorn posen de manifest les diferències entre els valors màxims i mitjans estimats en l'àrea d'estudi, que són majors com més gran és el període de retorn, trobant-se diferències notables en les precipitacions extremes a partir de 300 mm. L'estacionalitat intranual de les precipitacions Balears, està governada pel cicle mensual d'adveccions mediterrànies, destacant la concentració de precipitacions extremes durant la tardor, que alhora s'associen amb l'augment de situacions convectives que es produeix a finals d'estiu, i produeix episodis de depressió aïllada en nivells alts (DANA). Posteriorment, durant l'hivern es redueixen les situacions

pluviomètriques extremes per la influència de l'anticicló europeu, no obstant això, estructures anticiclòniques de bloqueig presents a Europa Occidental participen en una reactivació de les pluges d'origen mediterrani el mes de febrer (Azorín, et al 2004). A la primavera la situació encara semblar estable, també presenta lleugers repunts de precipitació, que posteriorment, a causa de la reducció de les adveccions mediterrànies i atlàntiques (valors positius de la WeMO), fins a veure's quasi anul·lades a principis d'estiu. Durant l'estiu juga un paper clau la diferència tèrmica entre l'aigua de la mar i la superfície de la terra, que provoca situacions convectives a partir de mitjans d'agost, aquests episodis atmosfèrics convectius generalment es vinculen a fases neutres o d'indefinió de l'índex WeMO, amb valors que fluctuen entorn del 0 (Martín-Vide et al ., 2002).

L'estat sinòptic de tipus ciclònic (Cyc), és la tipologia responsable quasi la meitat d'aquests fenòmens extrems a totes les estacions analitzades, manifestant el marcat caràcter ciclònic de l'àrea d'estudi. En segon lloc, es troben amb percentatges similars les adveccions N-E, N-O i W, en percentatges que fluctuen entre el 6% i el 18%. Destaca la influència d'adveccions de l'oest (W) a conseqüència del domini de la circulació general de l'Oest i el pas de superfícies frontals associades (Azorín, 2004). A la majoria d'aquestes situacions es presenten vents en superfície de component NE, NO i W (Llop et al ., 2012). Les precipitacions extremes també es produeixen sota domini sinòptic advectional direcció Est (E), amb percentatges no molt allunyats dels tipus de temps advectionals anteriorment anomenats. En percentatges encara menors es mostren les condicions advectionals de direcció Nord (N), Sud-oest (SW), Sud (S), i Sud-est (SE) el tipus sinòptic de menor influència (3% dels esdeveniments). Cal destacar, que les precipitacions extremes també es produeixen sota la influència de condicions anticiclòniques, però en percentatges mínims (superiors a les advectionals de S-E), entorn del 5% dels fenòmens. A les Balears aquest succés s'explica pel factor orogràfic que esdevé determinant en aquests casos (Llop et al ., 2012). Per concloure aquest apartat cal fer una breu justificació de les debilitats que presenta el treball en qüestió. L'elecció exclusiva d'una base de dades de pressió en superfície per calcular els tipus de temps, sense tenir en compte els valors de pressió en altura, deixant fora de l'anàlisi les capes altes de l'atmosfera, que tenen un paper determinant en les precipitacions convectives. I el no aprofitament de la base de dades completa (SPREAD), al no haver-hi inclòs tota la superfície disponible de les Balears, i només haver elegit 9 punts concrets,

representatius, però no suficients per a una àrea on els episodis de precipitació extrema solen produir-se a àrees molt localitzades. Són les dues mancances principals del present estudi, justificades per la incapacitat de tractar la gran magnitud de dades que hauria suposat realitzar l'anàlisi completa, que tal vegada en un futur es pogués abastar per una tipologia de treball amb una flexibilitat temporal, coneixements específics i amb un suport informàtic superior.

6. Conclusions

La present investigació ha permès conèixer la significació dels tipus de temps associats i la intensitat de les precipitacions extremes a les Illes Balears. Concloent que existeix una gran variabilitat pel que fa a les caracteritzacions de les precipitacions extremes i als tipus sinòptics associats. On les àrees estudiades que comprenen l'illa de Menorca (Ciutadella i Maó), l'àrea central i sud-est de Mallorca (Artà, Felanitx i Sineu) registren en totes les variables valors resultants molt aproximats, amb intensitats moderades, una distribució dels valors concentrada, períodes de retorn de precipitació màxima entorn els 100 anys, i probabilitat d'ocurrència amb valors mitjans entorn dels 2 anys, amb una estacionalitat marcada durant la tardor, i tipus de temps associats ciclònics, i advection del N-E i N-W. L'estació de Palma es consideraria un cas d'estudi amb particularitats pròpies, en registrar els valors mínims a quasi tots els variables: baixa magnitud de precipitació, on els valors es troben molt concentrats enver la mitjana i poca freqüència d'esdeveniments extrems, no obstant això mostra un dels majors períodes de retorn, i per tan elevada probabilitat d'ocurrència de fenòmens pluviomètrics extrems. Sant Josep de Sa Talaia i Sant Joan de Labritja presenten certes semblances respecte al règim pluviomètric extrem, principalment trobam similituds en la dispersió de les dades, i els períodes de retorn a partir del valor mitjà. Amb la particularitat que Sant Joan, presenta màximes de precipitació extrema que dupliquen la seva mitjana, i que representa la localitat amb major percentatge de tipus sinòptic anticiclònic, això significa que entorn un 7% de les pluges es produeixen amb altes pressions en superfície, situació influenciada pels relleus litorals que conformen l'àrea. I finalment, puntualitzar que el cas d'Escorca, presenta els valors màxims a la majoria de variables, amb marcada estacionalitat d'esdeveniments durant la tardor, però amb percentatges destacables a l'hivern. La caracterització sinòptica és de tipus ciclònic, però amb situacions advectiones de component N-E que destaquen envers la resta. Aquest elevat volum de precipitació és molt típica d'àrees de muntanya.

Referències Bibliogràfiques

- Alomar, G., & Llop, J. (2012). clasificación sinóptica automática de Jenkinson y Collison para los días de precipitación mayor o igual a 100 mm en la franja litoral catalana e islas Baleares. (Territoris, Ed.) *Territoris*, 8 ,26-28.
- Azorín, C., & Albert, B. J. (2004). catálogo sinóptico manual y causas atmosféricas de la precipitación en la provincia de Alicante. *Boletín de la A.G.E.*, 38, 279-310.
- Baša, J. (2007). Lee cyclogenesis. *University of Ljubljana. Faculty of Mathematics and Physics.*
- Beguería, S., & Lorente, A.(1999). Distribución espacial del riesgo de precipitaciones extremas en el pirineo aragonés occidental. *Geographicalia*, 37, 17-36.
- Douguedroit, A. (1993). A propos de la secheresse dans le basin Mediterranéen. *Pub. Assoc. Int. Climatol.*, 6, 15–23.
- Estrela, M. J., Millán, M., David, P., & Pastor, F. (2002). *De la gota fría al frente de retroceso*. Valencia: Centro Francisco Tomás y Valiente, UNED Alzira-Valencia.
- Ferelli, F., & Solange Aliaga, V. (2015). Variabilidad de las precipitaciones y sus efectos sobre la respuesta espacio-temporal de cuerpos de agua en la Región Pampeana, Argentina. *Huellas*, 20, 242 - 246.
- García de Pedraza, L., & Joaquín, G. V. (1995). El anticiclón de Azores. su influencia sobre la península Ibérica. *Divulga Meteo*.
- Guijarro, J. A. (2002). Tendencias de la precipitación en el litoral mediterráneo español. *Sociedad Española de Climatología*, 2002, p. 237-246.

- IPCC, 2013: Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M.Tignor, S.K.Allen, J. Boschung,A. Nauels,Y. Xia,V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- Jansá, A., Genovés, A., & García, A. (1996). Vorticidad potencial y ciclogénesis en el mediterráneo y en el atlántico. Instituto Nacional de Meteorología, 583-589
- Konisky, D. M., Llewelyn, H., & H. Kaylor, C. (2016). Extreme weather events and climate change concern. *Climatic Change*, 134, 533-547.
- Llasat, M., & Martín- Vide, J. (1991). La pluviograma mesoescalar a la conca alta del Llobrega. *Revista Catalana de Geografia*, 16, 40-53.
- evaluación preliminar del riesgo de inundación en la demarcación de Balears. (2015). *Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca*.
- Llop, J., & Alomar, G. (2012). Clasificación sinóptica automática de Jenkinson y Collison para los días de precipitación mayor o igual a 200 mm en la isla de Mallorca. (Territoris, Ed.) *Territoris*, 8, 143-152.
- Mahera, P., & Kutiel, H. (1999). Spatial and temporal variations in the temperature regime in the Mediterranean and their relationship with circulation. *International Journal of Geography*, 19, 745–764.
- Martín-Vide, J., & Llasat, M. d. (1999). Potencialidad del índice NAO en la previsión de episodios de alta pluviometría en España. *Gerencia de riesgos y seguros*, 19-30.
- Martín-Vide, J., & Carmen Llasat, M. (2000). Las precipitaciones torrenciales en Cataluña. *Serie Geográfica*, 9, 17-26.

- Martín-Vide, J., & Ávila Parra, K. (2013). Análisis estadístico de los eventos extremos de precipitación en la zona centro y sur de Chile continental. *Cuadernos Geográficos*, 52, 69-83.
- Morán-Tejeda, E., R. Fassnacht, S., Lorenzo-Lacruz, J., López-Moreno, J. I., García, C., Alonso-González, E., & Collados-Lara, A.-J. (2019). Hydro-Meteorological Characterization of Major Floods in Spanish Mountain Rivers. *Water*, 11, 2641.
- *NCEP/NCAR Reanalysis 1: Summary*. (n.d.). Retrieved from Physical Sciences Laboratory : <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>.
- Olivés Tarres, A. (2015). Análisis y descripción del efecto Monzón en el Mediterráneo. Trabajo Final de Grado. *Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Pastor Guzmán, F. (2012). Ciclogénesis intensas en la cuenca occidental del Mediterráneo y temperatura superficial del mar: Modelización y evaluación de las áreas de recarga. Tesis Doctoral, *Departament de Física*, Universitat de Barcelona, 1-216.
- Pujadas-Ferrer, J. Las inundaciones en España: Impacto económico y gestión del riesgo. In *Riesgos Naturales*; Ayala-Carcedo, F.J., Olcina, J., Eds.; Ariel Ciencia: Barcelona, Spain, 2002; pp. 879–888.
- Ramis, C., Homar, V., & R., R. (2012). Sobre las anomalías de precipitaciones en las Islas Baleares durante 2008. *Territoris*, 8 , 213-226.
- Ríos, D., Ceppi, C., & Meléndez, K. (2013). Cambio climático, fenómenos meteorológicos extremos y análisis de riesgos. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 106, 147-156.
- Stephenson, D. (2008). Definition, diagnosis, and origin of extreme weather and climate events. *Climate Extremes and Society*,. Published by Cambridge University Press, 12-23.

- Romero, R., Guijarro, A., & Ramis, C. (1999). Daily rainfall patterns in the Spanish Mediterranean area: an objective classification. *Internationa Journal of Climatology*, 19, 95-112.
- Serrano-Notivoli, R., Beguería, S., Saz, M. Á., Longares, L. A., & de Luis, M. (2014). SPREAD: a high-resolution daily gridded precipitation dataset for Spain – an extreme events frequency and intensity overview. *Earth System Science Data*, 9, 721–738.
- Trigo, M., & DaCamara, C. (2000). Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal. *International Journey of Climatology*, 20, 1559-1581.