



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultat de Filosofia i Lletres

Memòria del Treball de Fi de Grau

Síntesi de les condicions atmosfèriques en superfície i en altura dels dies de nevada a Mallorca.

Coloma García Taberner

Grau de Geografia

Any acadèmic 2022-23

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:

Anàlisi de Components Principals,, temperatura a 500 hPa, pressió a nivell del mar, dies de nevada, condicions atmosfèriques, Mallorca

Resum

A causa del clima mediterrani que caracteritza Mallorca parlar de neu es fa estrany. Però, tot i així, hi ha episodis de nevades a l'illa, unes de més generals al llarg de tota superfície mallorquina i altres més concentrades a les altituds més elevades. És per això, que es cerquen les causes que provoquen les nevades a Mallorca, i es fa a partir de l'anàlisi de dues variables atmosfèriques: la temperatura a 500 hectopascals, que representa les condicions a les capes altes de l'atmosfera i la pressió a nivell del mar, que representa les condicions atmosfèriques en superfície. L'objectiu és trobar els patrons atmosfèrics comuns dels dies de nevada a l'illa, per això, s'aplica el mètode de l'Anàlisi de Components Principals que es centra en l'obtenció de les variables que conformen l'estructura en potència d'un univers multivariant. Com a norma general, durant els dies de nevada a Mallorca s'observa la coincidència sobre el Mediterrani, d'un sistema de baixes pressions en superfície, amb l'entrada d'un flux d'aire fred a les capes altes de l'atmosfera. La posició del sistema de baixes pressions i la direcció d'entrada del flux d'aire fred determina els diferents patrons trobats per l'Anàlisi de Components Principals.

Abstract

Due to the Mediterranean climate that characterizes Mallorca, talking about snow seems strange, but, even so, there are episodes of snowfall on the island, some more general throughout the entire Mallorcan surface and others more concentrated at the highest altitudes. For this reason, the causes that cause snowfall in Mallorca are sought, and it is done from the analysis of two atmospheric variables: the temperature at 500 hectopascals, which represents the conditions in the high heads of the atmosphere, and the pressure at sea level. , representing atmospheric conditions on the surface. The objective is to find the common atmospheric patterns of snow days on the island, which is why the Principal Component Analysis method is applied, which focuses on obtaining the variables that make up the potential structure of a multivariate universe. As a general rule, during snowfall days in Mallorca, a low pressure system on the surface coincides over the Mediterranean with the entry of a flow of cold air into the upper layers of the atmosphere. The position of the low pressure system and the direction of entry of the cold air flow determines the different patterns found by Principal Component Analysis.

Índex de continguts

1. Introducció	5
1.1 Què és la neu?	5
1.2 La importància de la capa de neu	5
1.3 Formació de la neu	6
1.4 Disposició de la neu	7
1.5 Les particularitats geogràfiques de Mallorca en relació amb la climatologia	7
1.6 Factors que afavoreixen les nevades a Mallorca	8
2. Justificació de l'estudi	11
3. Objectius	12
4. Àrea d'estudi	12
5. Metodologia	14
5.1 Descripció de les dades	14
5.2 Anàlisi de les dades	16
6. Resultats	18
6.1 PCA de les anomalies de temperatura d'hivern a 500 hPa	19
6.2 PCA de la pressió a nivell del mar	23
6.3 Exemple dels dies representatius de les nevades	25
7. Discussió	27
8. Conclusió	31
9. Agraïments	32
10. Referències bibliogràfiques	33
ANEXOS	35

Índex de taules i figures

Figura:1. Mapa de les masses d'aire que afecten a les Illes Balears. Font: Caldentey, 2015.

Figura: 2. Gràfic de la variància dels PCs obtinguts per a la temperatura a 500 hPa i de la pressió a nivell del mar.

Figura: 3. Mapes dels 4 PCs per les anomalies de temperatura de l'hivern a 500 hPa. L'escala de color representa les puntuacions factorials de cada PC, amb els colors freds indicant les anomalies negatives i els colors càlids indicant les anomalies positives.

Figura: 4. Mapes dels PCs per les anomalies de pressió a nivell del mar. L'escala de colors representa les puntuacions factorials de cada PC, amb els colors freds indicant anomalies negatives i els colors càlids indicant anomalies positives de pressió a nivell del mar.

Figura: 5. Mapes de la situació atmosfèrica en altura i en superfície dels dies representatius de les nevades. L'escala de colors representa la temperatura (°C) de l'aire a 500 hPa i les línies representen la pressió atmosfèrica (hPa) a nivell del mar.

Taula: 1. Data i font de les grans nevades a Mallorca 1954 – 2023.

Taula: 2. Taula de quants de dies de nevada formen part de cada PCA.

Taula: 3. Variància explicada per a cada component principal per la temperatura a 500 hPa

Taula: 4. Variància explicada per a cada component principal per la pressió atmosfèrica a nivell del mar.

Taula: 5. Taula de càrregues factorials del PCA de les anomalies de temperatura a l'hivern a 500 hPa.

Taula: 6. Taula de les càrregues factorials del PCA de les anomalies de pressió a nivell del mar a l'hivern.

Taula: 7. Taula resum de a quin dels quatre PCs hi ha la major càrrega factorial tant per la temperatura a 500 hPa com per la pressió a nivell del mar.

Llistat d'acrònims

SO: Sud – Oest

NE: Nord – Est

NO: Nord – Oest

N: Nord

E: Est

hPa: HectoPascals

PCA: Anàlisi de Components principals

NOAA: National Oceanic & Atmospheric Administration

NCEP/NCAR: National Centers for Environmental Prediction i National Center for Atmospheric Research

COMP: Component

PC: Component Principal

1. Introducció

1.1 Què és la neu?

La Neu és un tipus de: "Precipitació sòlida consistent en un conjunt de petits cristalls de glaç provinents de la sublimació del vapor d'aigua dels núvols, que cauen sobre la terra en forma de flocs blancs" (Termcat, s.f, definició 1).

Pel que respecta a la seva constitució, està conformada per un conjunt de cristalls de gel de diferent geometria. Les molècules d'aigua mentre estan dintre del núvol estan sotmeses a un procés de gelació, després d'estar gelades es van ajuntant les unes amb les altres de manera ordenada. Aquesta unió és a causa d'unes forces d'atracció (enllaços d'hidrogen) entre les mateixes molècules d'aigua gelades, aquest enllaç dona lloc als cristalls. És dir, la neu és vapor d'aigua que pateix un canvi d'estat, passant d'una formació gasosa, a una formació sòlida (Bonet et al., 2022).

Els cristalls gelats que s'originen a simple vista no són percebuts per l'ull humà. El que sí és perceptible són els conjunts de centenars de milers de cristalls gelats. En canvi, si es tractés de gotes d'aigua gelades el que es generaria no seria neu, sinó aigua – neu (Rossell, 2016).

1.2 La importància de la capa de neu

La neu té característiques específiques, ja que la capa de neu és de gran importància en determinades situacions climàtiques, ambientals i socials – econòmics a una gran quantitat d'àrees temperades i fredes de la Terra. La capa de neu que és superficial de forma estacional ocupa una superfície a l'hivern de 2×10^6 km², hi ha l'estiu de 45×10^6 km² a l'hemisferi nord, pel que ocupa el 50% del total de la superfície de l'hemisferi nord, supervisant fixament el balanç energètic de l'esfera terrestre, sent un factor de gran influència del clima global (Alonso, 2020).

L'aire localitzat entre els cristalls de gel li dona el poder a la capa de neu de ser un gran aïllant, determinant l'ecologia de les zones gelades. Ja que sota la capa de gel hi ha una elevada acció biològica tant de les espècies animals com vegetals (Alonso, 2020). L'activitat microbiana en aquests determinats hàbitats és consentida tenint en compte que la temperatura no pot ser inferior a -5° . Això afecta en els cicles d'elements bàsics del sòl (Alonso, 2020).

Pel que respecta a la distribució de la població és gairebé que més d'un 50% de les àrees muntanyoses de la Terra tenen una gran importància per determinar els assentaments dels éssers humans a les parts baixes de les muntanyes, àrees on el cicle hidrològic està influenciat per l'aglomeració i fusió de la neu (Alonso, 2020). En canvi, si passa'm a la latitud (30° - 45°) de la conca Mediterrània les àrees muntanyoses canvien el seu paisatge. Tot és a causa de les característiques del clima mediterrani, amb la seva especial particularitat dels estius secs amb absència de precipitacions generalment i els hiverns més humits. A més, no només és que les precipitacions estiguin repartides de manera desigual entre les estacions, cal afegir-li que les zones de muntanya és on hi ha la major quantitat de precipitacions a causa de l'efecte orogràfic, fet que ajuda que les zones d'elevada altitud sigui on hi hagi la coberta de neu fins ben entrat la primavera. És a causa de la capa de neu que queda a la part alta de les muntanyes mediterrànies que ajuda a rebaixar l'efecte estacional de precipitacions de la conca mediterrània, ja que gràcies a les instal·lacions per la gestió de recursos hídrics emmagatzemen, l'aigua i la reparteixen en els mesos de menor precipitació per poder aconseguir les demandes d'aigua a l'estiu (Alonso, 2020).

Si és parla d'escala local, la capa de neu estarà influenciada per les qualitats topogràfiques del terreny, a més per les accions d'ordenació del vent o el bosc, influenciant de gran manera la creació de subsidències de neu. En canvi, quan es parla d'escala regional la diferenciació de la capa de neu està determinada pel desequilibri dinàmic. És per això, que els prototips de la capa de neu es veu influenciada pel desequilibri dintre de l'any de la gruixuda i l'interval de temps de presència de la capa de neu, ja que dominen les característiques espacials i de desequilibri dintre de l'any de les precipitacions i la temperatura (Alonso, 2020).

1.3 Formació de la neu

La neu és formada per imperceptibles cristalls de gel de sis costats, que cauen cada un per separat o ajuntant-se en flocs de mida i composició molt diferents. La seva constitució es realitza a llocs en baixes temperatures. A més, perquè durant el procés de caiguda entre el núvol i el sòl es necessita que la temperatura ambient estigui per davall dels 0°. És per això, que és molt més normal veure les parts altes de les muntanyes blanques i les valls passades per aigua (Cuadrat & Pita, 1997). Generalment, la neu té el seu naixement en el núvol, com a microscòpics cristalls de gel, originats a altituds força fredes. Quan es desprenen del nívol la seva mida va augmentant, ja que es van ajuntant amb altres cristalls de gel fins que conformen

flocs de mida més gran, tot i que, aquest procés passa si es donen dos requisits: 1r) que hi hagi una gran quantitat d'humitat, perquè si fos el cas contrari, els flocs de neu desapareixerien per evaporació; 2) que la temperatura estigui a prop dels valors de congelació, ja que, en cas contrari els cristalls de gel estarien més secs i no hi hauria l'ajuntament entre ells (Cuadrat & Pita, 1997).

1.4 Disposició de la neu

La disponibilitat de la neu varia tenint en compte les diverses escales geogràfiques existents, a part que cada una té les seves pròpies característiques. Pel que respecta a les escales geogràfiques regionals, la distribució de les nevades és determinada per: la latitud, l'altitud, i la circulació atmosfèrica (Sanmiguel, 2022).

1.5 Les particularitats geogràfiques de Mallorca en relació amb la climatologia

Mallorca presenta una varietat climàtica a escala reduïda. Per exemple, el meteoròleg Salamanca plateja la diferència amb relació a la temperatura que hi ha entre Lluc i Palma, que en línia recta es troben a 35 km l'una de l'altre. La temperatura mitjana anual que presenta palma a una altura de 3 m és de 16,8 °C, a diferència de la temperatura mitjana anual que presenta Lluc a una altura de 490 m és de 13,5 °C. Amb 35 km la diferència de temperatura és de 3,3 °C (Salamanca, 2012a).

Aquesta diferència de temperatura és a causa de l'orografia que configura l'illa de Mallorca. A una superfície de 3.640 km², si ubiquen dues estructures muntanyoses d'importància, localitzades cada una a la part contrària de l'illa: La Serra de Tramuntana i la Serra de Llevant. Enmig d'aquestes formacions muntanyoses si localitzen zones de més baixa altitud com: el Pla Central i les conques de Campos, Manacor, Palma, Inca i Sa Pobla. Per altra banda, si troba unes elevacions centrals de gran diferència de mida respecte de les dues serres importants de Mallorca com per exemple, el puig de Randa i les marines de Lluçmajor, Santanyí, Sta. Ponça, Petra i Llevant (Salamanca, 2012a). La Serra de Tramuntana és el sistema muntanyós mallorquí més rellevant, en direcció SO a NE, amb una llargària de 90 km i una amplària de 15 km. La seva altitud es troba per sobre del llindar dels 600 m, on a la part central de la serra hi ha les altituds més elevades, com el Puig Major a una altura de 1.443 m (Agència d'Estratègia Turística de les Illes Balears, 2018). Pel que respecta a la Serra de Llevant va amb la mateixa direcció que la Serra de Tramuntana de SO a NE, la seva altitud és molt més reduïda, ja que

les altituds més elevades són pròximes als 500 metres. Com per exemple, la Talaia Freda amb una altitud de 560 m (Institut Balear de la Natura [IBANAT], s.f).

La diferència de temperatura no tan sols està determinada per l'altitud, sinó que a més, per l'exposició al vent que predomina. El flux amb una major influència és l'Embat (flux d'aire d'origen marí, característic dels mesos més àrids de l'any: d'abril a octubre generalment (Gómez, 2014). Tret de l'Embat, els altres fluxos no són de tanta importància pel que respecte a la temperatura (Salamanca, 2012a). Però si bé és cert, que els fluxos de nord i de tramuntana tenen importància ha determinats esdeveniments. El flux de Tramuntana és determinant a la zona nord-occidental de l'illa a l'estació hivernal, particularment en el mes de desembre. L'efecte de Tramuntana pot anar de la mà de les entrades de fluxos freds en etapes de temperatura mínima i amb nevades, aquest efecte cobreix l'àrea de la Serra de Tramuntana i a vegades pot arribar a influenciar les zones costaneres (Jansà, 2014). Per la distribució de l'altitud de l'illa, els corrents del nord poden ser d'importància a la precipitació, si venen de la mà de condicions depressionàries, veient-se especialment afectats els municipis de la meitat nord de la Serra de Tramuntana (Jansà, 2014).

1.6 Factors que afavoreixen les nevades a Mallorca

L'entrada de corrents freds són a causa de la irrupció de fluxos polars a latituds mitjanes, que causen desigualtats negatives supemes a la temperatura superficial (Salamanca et al. 2012b).

A Mallorca l'entrada de corrents freds potser generin nevades d'elevada intensitat o d'incidència geogràfica comunal, a més, de gelades i temperatures per sota de la mitjana de l'estació de l'any. La neu irromp sovint a les parts més altes de Mallorca, amb una mitjana de 23 dies de presència, tot i que les nevades generals són més inusuals (Salamanca et al. 2012b).

Factor 1 : Arribada a la Mediterrània d'ones d'Aire fred originàries a altres zones del planeta Terra

Els fluxos d'aire fred que afecten a la Mediterrània occidental provenen dels pols o de l'àrtic i tant poden ser d'essència continental o marítima (Salamanca, 2012a). Aquests fluxos d'aire fred es caracteritzen per tenir unes temperatures fredes i una humitat atmosfèrica mínima (Salamanca, 2012a). Són les següents:

- Polar marítima: s'origina a l'Atlàntic nord i es distingeix per tenir una temperatura freda amb una abundant humitat relativa. Els corrents de NO que normalment van de la mà dels fronts freds (Caldentey, 2015).
- Polar continental: s'origina a dintre del continent europeu a l'etapa de les estacions anuals més fredes. L'aire que el caracteritza és fred i sec. Aquests fluxos del NE, generalment es tradueixen a una gran entrada de fred (Caldentey, 2015) i que conformen la conjuntura sinòptica més adequada perquè es produïssin grans nevades (Bonet et al., 2022).
- Àrtica marítima: s'origina a la conca àrtica, caracteritzada per una temperatura mínima i una elevada humitat relativa, tot i que no absoluta (Caldentey, 2015). Es desplacen fins a Mallorca amb els vents del nord, tot i que les masses d'aire pateixen modificacions, però encara imparteix els seus efectes (Bonet et al., 2022).
- Àrtica continental: s'origina a Sibèria durant l'hivern, i per això destaca per ser molt freda i seca (Caldentey, 2015) i són desplaçades fins a Mallorca pels fluxos de NE (Bonet et al., 2022).

Les entrades d'aquests fluxos especialment a la regió mediterrània provoquen anomalies negatives a la temperatura i l'alteració de les masses fredes en masses canviants (Salamanca, 2012a).

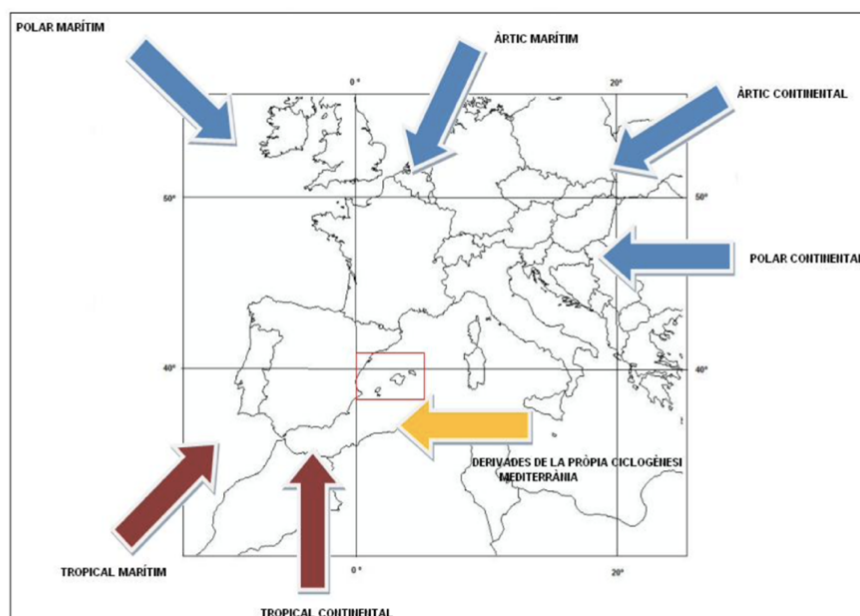


Figura:1. Mapa de les masses d'aire que afecten a les Illes Balears. Font: Caldentey, 2015.

Factor 2: Episodis de bloqueig i les adveccions fredes

Els episodis de bloqueig fan referència als anticiclons de bloqueig que es configuren a les latituds mitjanes en el moment que els indicatius de circulació són mínims i les enormes ones que dibuixen els fluxos de l'oest es divideixen en un aglomerat de cèl·lules (Cuadrat & Pita, 1997). Les que s'originen en els tálvegs es caracteritzen per ser borrasques profundes, en canvi, les que neixen a les dorsals creen altes pressions càlides és a dir, els anticiclons de bloqueig. Aquests anticiclons la seva ubicació a latituds altes i la seva pausada acció creen una adversitat que frena els fluxos normals d'oest a est de les alteracions atmosfèriques (Cuadrat & Pita, 1997). Aquest fet el que provoca és una forta depressió al sud d'Europa, és a dir, a la Mediterrània. Ja que, les borrasques del nord d'Europa estan influenciades per l'anticicló de bloqueig i cerquen alternatives per vorejar-lo (Bonet et al., 2022).

Factor 3: Neu a causa de l'efecte Llag

La neu resultada de l'efecte lacustre és dona en el moment que l'aire fred de procedència continental i sec es mou sobre una gran massa d'aigua amb una temperatura més elevada que els fluxos d'aire fred, aquests fluxos absorbeixen la seva calor i humitat cap a les parts més baixes de l'atmosfera (Burnett et al., 2003). A la part més aèria de la massa d'aire sorgeixen uns glòbuls d'aire càlid que s'elevan farcides d'humitat cap a les parts més altes de la massa d'aire (Burnett et al., 2003). A causa del gradient tèrmic vertical que es configura l'aire és canviant i aquests glòbuls creixents no tindran mai la temperatura freda de l'aire circumdant (Burnett et al., 2003).

Factor 4: Vent de Tramuntana i Mestral

La serralada Pirenaica és una muralla per les insercions fredes provinents del nord. Per introduir-se al mar Mediterrani es veuen obligades a vorejar-la i agafen velocitat pels extrems. El que dur que per la Vall de l'Ebre entri el mestral i pel Golf de Lleó el vent de tramuntana. Aquests dos vents el seu recorregut és advers i enmig del mar xoquen, creant una línia de convergència per la dissonància de temperatura i humitat el que dur al fet que generin ascensos d'aire, ja que no es pot amuntegar en un lloc determinat, creant-se molts de núvols que xocaran amb la Serra de Tramuntana i provocaran nevades. La zona de convergència va del nord de Mallorca a Menorca. Quan el vent de mestral és el que mana, les nevades són manques o directament no es generen, en canvi, si mana tramuntana es generen més núvols i precipitacions, quedant la zona de convergència localitzada a la Tramuntana, és a dir, els punts més elevats de l'illa (Bonet et al., 2022) (Bonet et al., 2022).

Factor 5: Les baixes pressions

Les borrasques són zones de pressió mínima, de convergència del vent, configurades per unes isòbares closes d'aspecte circular o el·líptica i amb unes dimensions d'entre mil i dos mil km, que neixen a partir de l'augment i creixuda de les ondulacions presents a la coberta que divideix dos fluxos d'aire de diferent tipus, amb una circulació antihorària respecte al punt central de la borrasca (Cuadrat & Pita, 1997).

2. Justificació de l'estudi

El fet de la posició geogràfica de Mallorca, el seu clima mediterrani amb estius secs i hiverns suaus i la seva relativa baixa orografia comporten a pensar que la neu pels mallorquins és gairebé desconeguda. Però és tot el contrari, des de l'antiguitat es van fer infraestructures al llarg de la Serra de Tramuntana, com les cases de neu, per poder aprofitar la neu i la seva temperatura ideal per poder conservar aliments entre altres coses (Gorrias, 2001), fet que propicia la llarga tradició de les nevades a l'illa mallorquina concentrades especialment en els mesos d'hivern.

Doncs aquesta temàtica sorgeix principalment per donar resposta en els aspectes mencionats anteriorment, de saber quines són les causes atmosfèriques que han propiciat, que propicien i que generalment propiciaran la majoria de les nevades a Mallorca. Tot i que si bé és cert, que ja existeixen un seguit d'estudis que parlen de les causes de les nevades a l'illa, des del meu punt de vista, he volgut aplicar l'estudi des d'unes condicions atmosfèriques tant en superfície com en altura per ara no estudiades tant al detall, que són la pressió a nivell del mar i la temperatura a 500 hPa, a més d'un mètode d'anàlisi estadística diferent com és l'Anàlisi dels Components Principals (PCA), on el seu propòsit i valor afegit és que proporcionarà unes síntesis dels patrons atmosfèrics en altura i en superfície més habituals perquè es generin nevades a Mallorca.

Aquest estudi serà d'ajuda per poder complementar la informació que hi ha disponible en l'actualitat sobre les causes de les nevades a Mallorca, com per poder ajudar a interpretar els diferents mapes del temps per poder detectar quan hi podrà haver una possible nevada o no. Però mai en cap cas es realitza per llevar valor els estudis anteriors que hi puguin existir sobre la neu a Mallorca.

3. Objectius

L'objectiu principal és analitzar les causes de les nevades a l'illa de Mallorca, Illes Balears. Mitjançant l'observació de les condicions atmosfèriques que es donen tant en superfície (la pressió a nivell del mar) com en altura (la temperatura a 500 hPa) dels dies de les nevades, a més del dia anterior i el posterior a ella en el territori mallorquí, des del 1954 fins a l'actualitat el 2023.

De manera col·lateral es desenvolupen els següents objectius secundaris que ajuden a trobar resposta a l'objectiu principal com són, l'anàlisi de les dades de les condicions atmosfèriques mitjançant l'anàlisi dels components principals (PCA) i l'extreta de tres mapes del dia de la nevada, que serveixin d'exemple dels diferents fenòmens que produeixen nevades a Mallorca intenten tant que les causes no es repetesquin en els mapes.

La hipòtesi plantejada és:

Les nevades es produeixen per la conjunció d'unes condicions atmosfèriques específiques en superfície i en altura, que tot i que siguin variades, es poden agrupar en un nombre reduït de patrons gràcies a l'Anàlisi de Components Principals.

4. Àrea d'estudi

L'estudi sobre la causa de les nevades a l'illa de Mallorca, a barca el territori mallorquí, illa amb una superfície de 3.640 km² ubicada a l'arxipèlag Balear de l'Estat Espanyol a la mar Mediterrània. D'aquesta determinada àrea d'estudi la seva longitud i la latitud és de "E3°1' 12.14" i de "N39°36' 49.03" respectivament.

El clima de l'arxipèlag Balear és mediterrani, fortament influenciat per la col·locació de les terres i mars i els efectes orogràfics.

Per una part, l'arxipèlag està influenciat per la mar Mediterrània, una mar que es troba clausurada, amb profunditat (en direcció cap a la península Ibèrica amb una profunditat màxima de 1.000 metres, però cap al nord – oest, nord-est i sud-est l'abisme que hi ha és de 2.000 o més metres), en termes generals quan hi ha aquests elevats metres de profunditat la temperatura de l'aigua tocaria rondar com a màxim els 4 °C, però a la Mediterrània les temperatures que si troben són d'aproximadament 13 °C, el que determina que es tracti d'una

mar tèrmicament característica per no tenir aigües fredes (Jansà, 2014). Per l'altre costat, hi ha l'orografia, les illes es troben acordonades per: l'Atlas, Còrsega i Sardenya, el Sistema Ibèric, el Massís central, els Pirineus, els Apenins i els Alps on el llindar mitjà d'altitud de totes aquestes estructures muntanyoses és de 1.500 metres, tot i que, hi ha la influència d'altituds molt més baixes com la del golf de Lleó (de gran importància, ja que ajuda a l'aportació d'aire nou a la Mediterrània occidental. És un espai d'entrada d'aire gairebé tancat, pel que fa que l'aire de la Mediterrània sigui propi i singular i que quedi comprimit a les altituds dels 1.500 metre) o al canal de Sicília (Jansà, 2014).

Segons la classificació de Köppen es poden determinar tres tipus de climes. En primer lloc, a un ampli espai de les illes i predomina el clima Csa (Jansà, 2014). El clima Csa és un clima mediterrani on a l'època estival es caracteritza per ser càlid i sec, on el mes més tòrrid pot assolir temperatures superiors als 22 °C. En canvi, els hiverns són temperats i les precipitacions es troben concentrades a l'hivern, primavera i tardor (Cuadrat & Pita, 1997). En segon lloc, a la Serra de Tramuntana, zona de més elevada altitud, hi ha el clima Csb (Jansà, 2014). El clima Csb és de gran semblança amb el clima Csa, però la seva diferència es localitza a l'estiu que es caracteritza per ser sec i fresc i els hiverns que poden ser freds o temperats (Cuadrat & Pita, 1997). En tercer lloc, en algunes zones de la costa (Eivissa, Formentera i sud de Mallorca) el clima que si caracteritza és el BS. El clima BS o també anomenat mediterrani sec, es caracteritza per tenir una precipitació anual inferior al llindar, és dir per sota dels 350 mm a l'any i amb una temperatura mitjana anual per sobre dels 18 °C superficialment (Jansà, 2014). Resumidament, és caracteritzat per ser un clima no excessivament àrid ni càlid, és a dir, temperat, tot i que està marcat per certes característiques subtropicals a causa de la migració cap al nord dels anticiclons subtropicals a l'estació estiuenca, ja que aquests determinats anticiclons la seva influència arriba fins al territori Balear. Fet que propicia que sigui un territori marcat per un clima mediterrani de sequera i amb dèficit hídric els mesos d'estiu (Jansà, 2014).

Pel que respecte a les precipitacions s'inicien a mitjan tardor perquè els anticiclons s'orienten en direcció sud, donant pas a que les Balears quedin nues a la circulació de l'oest, donant excés a l'entrada de fronts, creant-se borrasques (zones de baixes pressions) i resultant així les precipitacions, tot i que la seva distribució és bastant irregular anualment, les estacions característiques de grans quantitats de precipitacions són al final de l'estiu i durant la tardor (Bonet et al., 2022).

En canvi, l'inici de l'hivern es troba marcat per l'aigua, tot i estar caracteritzats per ser una estació freda. El mes de desembre encara és uns dels mesos amb més precipitacions. La baixada de les temperatures i la menor insolació donen lloc a l'inici de l'època de gelades. Els mesos de gener i febrer són els mesos més freds, però també són secs. Normalment en aquesta etapa la pressió atmosfèrica és la més elevada de tot l'any. En aquesta estació la circulació ja no és tan dinàmica i es donen episodis llargs de tranquil·litat a causa dels bloquejos anticiclònics (Barry & Chorley, 1999).

El dia que s'agafa la temperatura més baixa de l'any (2 °C) és aproximadament el dia 20 de febrer, el cap de dos mesos del solstici d'hivern. En aquest mateix mes, el temps de claror i fosc del dia estan gairebé igualats i continua amb la tendència d'una baixa absorció de radiació. A més, és el període de temps anual on hi ha més continuïtat d'inserció de masses d'aire fred (Bonet et al., 2022).

Per altra part, la primavera és una estació de curta durada, amb la principal característica de l'augment de les precipitacions (Barry & Chorley, 1999).

Pel que respecte a la seva orografia, al llarg d'aquests 3.640 km² de superfície si troben dues estructures muntanyoses d'importància, localitzades cada una a la part nord i sud de l'illa: La Serra de Tramuntana, amb les elevacions de major rang com el Puig Major amb 1.445 m i el Puig de Massanella amb 1.348 m i la Serra de Llevant amb muntanyes amb una altitud inferior als 600 m (Avives, 2019).

5. Metodologia

5.1 Descripció de les dades

La neu a Mallorca de cada vegada és més inesperada i poc regular. Distribuïda normalment al llarg de la Serra de Tramuntana, tot i que de vegades, tot i no ser el més comú no només es concentra a la zona de la Tramuntana sinó també a la resta de les comarques de l'Illa de Mallorca amb una altitud sobre el nivell del mar molt inferior a la de la Serra de Tramuntana (Salamanca, 2012a). La neu pels mallorquins és de gran interès. Resultat d'aquest interès per aquest fenomen es pot observar per la gran recopilació de dades de les nevades, tant per part d'experts i d'aficionats per poder posar a l'abast del públic les particularitats de la neu i les dates més importants de les nevades entre altres coses.

Amb l'objectiu de recopilar les nevades més importants sobre Mallorca durant les darreres dècades s'han utilitzat dues fonts escrites: “L’aproximació a la innivació a Mallorca a l’època contemporània”, de Salamanca Salamanca (2012); I “La Història de la neu a Sóller”, de Darder Rosell, (2023). De l’estudi de Salamanca (2012) s’extreuen les dades del 1980 fins al 2010 i del llibre de Darder (2023) del 1954 fins al 1956 i del 2012 fins al 2023.

Les dades extretes han estat d’acord a cinc mesos de l’any: gener, febrer, març, novembre i desembre. Tenint present si ha nevat o no al Pla de Mallorca (Costitx, Algaida, Porreres, Montuïri i Vilafranca), Migjorn (Ses Salines, Lluçmajor, Felanitx), Llevant (Manacor i Artà), la Conca de Palma (Palma en General), el Nord de Mallorca (Santa Margalida i Muro) i el Raiguer (Sa Cabaneta). Quan s’han tingut els \square rit de les nevades i a quin poble ha nevat o no, sa extret el total de cada di’ nevat de tots els municipis i tots aquells \square ritque les nevades hagin estat a 7 o més municipis se”s ha considerat gran nevada. És a partir del valor 7, ja que l'estudi s’ha fet de catorze municipis. Aplicant aquest \square riterio, la següent taula ens reflecteix l’any i el dia que hi ha hagut una gran nevada, en total hi ha 22 nevades.

DATA DE LES GRANS NEVADES A MALLORCA 1954 – 2023		
ANY	DIA	FONT
1954	25 – 26 Gener	Darder, 2023
1962	24 de Desembre	Darder, 2023
1967	11 de Desembre	Darder, 2023
1976	25 i 26 de Gener	Darder, 2023
1980	30 de Novembre	Salamanca, 2012a
1981	20 de Febrer	Salamanca, 2012a
1983	11 de Febrer	Salamanca, 2012a
1985	13 de Gener	Salamanca, 2012a
1987	14 de Gener	Salamanca, 2012a
1988	25 de Febrer	Salamanca, 2012a
1991	14 de Febrer	Salamanca, 2012a
1999	30 i 31 de Gener	Salamanca, 2012a
2003	30 i 31 de Gener	Salamanca, 2012a
2005	25 i 28 de Gener 28 de Febrer	Salamanca, 2012a
2006	24 de Febrer	Salamanca, 2012a
2007	20 de Març	Salamanca, 2012a
2010	11 de Febrer 10 de Març	Salamanca, 2012a
2012	2 i 4 de Febrer	Darder, 2023
2015	4 i 6 de Febrer	Darder, 2023
2023	27 de Febrer	Darder, 2023

Taula: 1. Data i font de les grans nevades a Mallorca 1954 – 2023.

En segon lloc, per poder fer l’anàlisi de la situació atmosfèrica perquè es produïssin nevades, s’han estudiat dues variables atmosfèriques: la temperatura de l’aire a 500 hPa i la pressió que hi ha a nivell del mar, ja que aquestes dues variables són suficients per poder explicar la

configuració atmosfèrica de les nevades. Per una part, la temperatura de l'aire a 500 hPa és una variable representativa de les condicions que s'han de donar a l'atmosfera pel que respecte a la seva temperatura en altura ajudant a observar l'arribada de masses d'aire càlides i fredes. Per l'altra part, la pressió a nivell del mar és d'importància, ja que ens assenyalava el pes que té l'atmosfera a un punt específic, per tant, podrem saber la diferència de pressió que hi ha generalment a la Mediterrània per poder entendre la presència de les borrasques i els anticiclons en un moment concret. A més, per poder calcular les anomalies de les variables atmosfèriques esmentades, respecte de la mitjana climatològica de l'hivern, és va descarregar tant de la temperatura de l'aire a 500 hPa i de la pressió a nivell del mar, la mitjana climatològica del 1991 – 2020.

Per poder adquirir aquestes dades s'accedeix a la pàgina del National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) i és cerca el projecte NCEP/NCAR Reanalysis (National Centers for Environmental Prediction i National Center for Atmospheric Research). El Reanalysis es tracta d'una base de dades en malla global, actualitzada de forma contínua que representa l'estat de l'atmosfera, mitjançant totes les seves variables. És el resultat d'un procés d'assimilació de dades observades en models climàtics, és a dir, són sortides de models climàtics (prediccions atmosfèriques numèriques), corregides amb observacions des de 1948 fins avui en dia (Kistler et al., 2001). Aquestes dades obtingudes de NCEP/NCAR són dades distribuïdes en xarxa, amb un interval de temps diari, és dir, cada píxel d'aquesta distribució en xarxa correspondrà a un valor únic de temperatura mitjana, amb una resolució de 2,5 graus. D'aquesta manera les dades en Grid tenen com a mínim tres dimensions: les coordenades espacials XY i la coordenada Z, que representen l'interval de valors de les variables. Quan es donen les tres dimensions, només podem visualitzar la variable en qüestió per un moment concret en el temps, tot i que si es vol afegir una nova dimensió en el temps es pot fer afegint més capes a la Z i com a resultat tenir una sèrie temporal, distribuïda espacialment (Kistler et al., 2001). Això s'anomena "Array" o "Pila de Matrius", són matrius de dades acumulades una sobre l'altre, que ens facilita, per a cada píxel construir una cadena de temps de la variable que ens interressi (Jiménez et al., 2015).

5.2 Anàlisi de les dades

Per a cada dia de nevada s'han obtingut dos mapes, un de temperatura a 500 hPa i un altre de pressió atmosfèrica a nivell del mar, per les regions que es localitzen a les latituds d'entre 20° i 80°N i les longituds de 20° O i 30°E. A causa que la dinàmica atmosfèrica provoca que l'estat

de l'atmosfera estiguin en constant canvi dia rere dia, es va seleccionar, no tan sols el dia de la nevada, sinó també els dia anterior i posterior per tal de poder obtenir una imatge representativa de quines condicions van donar lloc a les nevades. D'aquesta selecció es va calcular, tant per la temperatura a 500 hPa com per la pressió a nivell del mar, la mitjana dels 3 dies. I a partir d'aquest valor mitjà, es va passar a calcular l'anomalia que representa respecte a la mitjana climatològica del 1991 – 2020 de l'hivern (desembre, gener, febrer i març). Donant lloc a què per a cada dia de nevada, tinguem un mapa d'anomalies de temperatura de l'hivern a 500 hPa i un mapa d'anomalies de pressió de l'hivern a nivell del mar.

En segon lloc, sobre aquests mapes d'anomalies es van realitzar un PCA (de l'anglès Principal Component Analysis). Es realitzen un total de dos PCAs, un per la temperatura a 500 hPa i l'altre per la pressió de nivell del mar. El PCA és una de les tècniques més utilitzades dintre de l'estadística multivariant per la reducció de dades i patrons espai – temporals quan les dades presenten grans dimensions o condicions indispensables, és a dir, és la similitud entre les mateixes al que desencadena a la correlació. El PCA se centra en l'obtenció de les variables que conformen l'estructura en potència d'un univers multivariant. La funció primordial d'aquesta tècnica és minimitzar la dimensionalitat de la base de dades configurada per un conjunt elevat de variables, i així tenir com a resultat agrupacions de variables, autònomes entre elles i que capturen l'elevada fracció de la variància, conservada dintre de les variables originals, sent una tècnica molt usada a la climatologia (Tabachnick & Fidell, 1996).

Perquè aquesta tècnica sigui el més veritable possible, les variables originals han de tenir presents dins elles i entre totes elles les elevades quantitats d'afinitat. El que determinaria que hi ha present suficient informació excedent, per això aquesta informació pot estar sintetitzada i explicada per una sèrie de valors recentment obtinguts. Aquests nous valors són els components principals, què es tracta d'agrupaments lineals de les variables predecessores i sense que hi hagi una cohesió entre elles (Jolliffe, 2002).

El primer component principal és el resultat de la combinació lineal que determina el percentatge de variància més elevat que contenen les variables predecessores. El segon component principal farà referència a la combinació lineal amb nul·la compaginació amb el component precedent i que obté el segon percentatge més elevat de variància no plasmat pel primer. És a dir, el PC1 explica la major part de la variància, el PC2 la segona major part, etc. Quan ja s'han extret els components s'aconsella que per tal d'afinar l'apreciació dels resultats,

dur a terme una rotació dels eixos, això s'assoleix l'objectiu de reordenar la variància entre els components obtinguts i ampliar el percentatge de variància exposat per cada un dels components (Tabachnick & Fidell 1996). La tècnica més utilitzada per dur a terme aquesta rotació és la rotació Varimax, mètode utilitzat en aquest treball. La finalitat de la rotació Varimax és assolir que la correlació de cada una de les variables sigui el més a prop a 1 possible amb només una de les variables i més propera a 0 amb la resta de variables. És a dir, és fa servir la rotació Varimax per poder aconseguir l'ortogonalitat més gran possible entre components, concretament que estiguin el menor correlacionats entre si possible (Tabachnick & Fidell, 1996).

Els resultats que ens donarà el PCA seran grups de dies, on la configuració atmosfèrica de la temperatura i pressió a nivell del mar és similar, concretament, ens agruparà els dies de les nevades en què la distribució espacial de les variables és similar. El que representa'm són les puntuacions factorials de cada component, que estan expressades en valors Z. D'altra banda, les càrregues factorials ens permeten discernir quin dia de la nevada es relaciona millor amb cada component obtingut, aquell amb major valor de càrrega factorial.

6. Resultats

Dels resultats de l'anàlisi de components principals s'obtenen quatre components, tant per la variable de la temperatura als 500 hPa, com per la pressió a nivell del mar. Aquests quatre són els que representen més variància respecte al total de la variància original, com es pot veure als gràfics de la figura 2 (2a i 2b) i la taula 2.

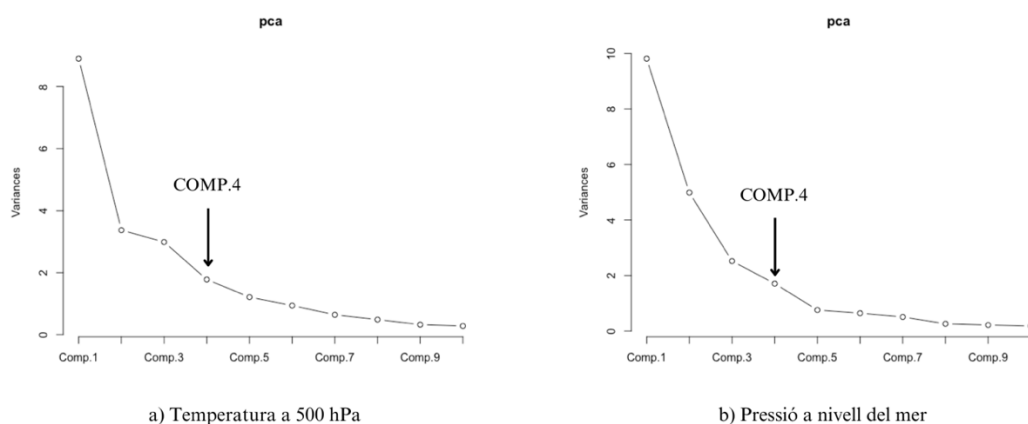


Figura: 2. Gràfic de la variància dels PCs obtinguts per a la temperatura a 500 hPa i de la pressió a nivell del mar.

ALTURA (Temperatura a 500 hPa)					
SUPERFÍCIE (Pressió a nivell del mar)	PC1	PC2	PC3	PC4	Total
PC1	4	2	3	1	10
PC2	3	2	1	1	7
PC3	1	1	-	1	3
PC4	-	-	1	1	2
Total	8	5	5	4	22

Taula: 2. Taula de quants de dies de nevada formen part de cada PCA.

La taula 2 mostra la distribució de les 22 nevades entre els quatre PCs tant de temperatura a 500 hPa, com de la pressió a nivell del mar. La representació dins cada PC va amb escala decreixent, sent el PC1 el PC que més dies representa i el PC4 el que menys de les dues variables estudiades. I mostrant una clara combinació de gairebé tots els PCs en altura amb tots els PCs en superfície, on la combinació que ha donat lloc a més nevades (un total de 4) ha estat la del PC1 en altura i la del PC1 en superfície. Tot i que hi ha PCs que no es combinen que són el PC1 en altura amb el PC4 en superfície, el PC2 en altura amb el PC4 en superfície i el PC3 en altura amb el PC3 en superfície. A continuació és mostra la distribució de cada un dels PCs obtinguts per les dues variables atmosfèriques.

6.1 PCA de les anomalies de temperatura d'hivern a 500 hPa.

La taula 3 mostra els resultats del PCA realitzat pels mapes de la variable de temperatura a 500 hPa. Els quatre primers components principals representen el 77% de la variància original, de la temperatura que s'ha donat a 500 hPa per a cada dia de nevada. Aquests quatre PCs tenen un tant per cent de variància similar, tot i que sí que és cert que entre el PC1 i el PC4 és el que mínimament més diferència hi ha, amb 7% de diferència entre l'un i l'altre. El PC1 és el que presenta la major proporció de variància dels dies de nevada amb un 23% i el que menys el PC4 amb un 16%.

	PC1	PC2	PC3	PC4
Proporció de variància	23%	20%	19%	16%
Variància acumulada	23%	43%	62%	77%

Taula: 3. Variància explicada per a cada component principal realitzat per la temperatura a 500 hPa.

La figura 3 mostra la distribució de les puntuacions factorials dels quatre components principals obtinguts per les anomalies de temperatura a 500 hPa. Respecte al primer PC (Figura 3a) a la regió d'estudi s'observen dos centres d'acció pel que respecta aquesta variable. En primer lloc, es visualitza, amb el centre en el Golf de Gènova, un sistema d'anomalies

negatives, el que determina l'existència d'una massa d'aire fred. La forma el·líptica d'aquesta, amb l'eix major en direcció NE – SO indicaria que és originari de l'interior del continent Europeu, dit d'una altra manera, es tractaria d'una massa d'aire fred polar continental que ha arribat fins a la Mediterrània i, per tant, genera les condicions òptimes de temperatura perquè es produeixin nevades. L'altre centre d'acció, correspon a un conjunt d'anomalies positives, una massa d'aire càlid, que correspondria a un sistema càlid d'altres pressions en altura, el que sol representar un anticicló de bloqueig, que en aquest cas està situat sobre Islàndia i el Regne Unit.

El PC2 (figura 3b) representa una situació amb dos centres d'anomalies, però amb una configuració diferent de la del PC1. Per una part, hi ha un sistema d'anomalies negatives amb el centre gairebé a la península escandinava, que domina l'àrea d'estudi, el que determinarà l'existència d'una massa d'aire fred del nord. Aquesta massa d'aire fred és Àrtica Continental originària i provinent del voltant del cercle Polar Àrtic. La seva forma és el·líptica i també va en direcció NE – SO, entrant pel N a la mar Mediterrània, portant en si mateixa unes propietats excel·lents de baixes temperatures. Per l'altra part, hi ha un sistema d'anomalies positives en el Mediterrani, el que representa una massa d'aire càlid provinent del Nord d'Àfrica. El contacte de la massa d'aire fred amb la massa d'aire càlid generen un front fred en aquestes latituds, que generen unes condicions idònies per les precipitacions amb forma de neu.

El PC3 (figura 3c) representa una situació diferent, en aquest cas amb tres centres d'acció un sistema d'anomalies negatives i dos sistemes d'anomalies positives a la regió d'estudi. Per un costat, hi ha un sistema d'anomalies negatives amb el centre ubicat a la mar Cèltica i la mar Cantàbrica, de forma el·líptica i que va en direcció a la mar Mediterrània. Aquesta massa d'aire freda correspon a una massa d'aire Polar Marítima, originària de l'atlàntic nord i amb l'aportació d'aire humit i fresc. Característiques que donaran lloc a les condicions idònies perquè nevi a Mallorca. Altrament, hi ha un sistema d'anomalies positives amb el seu centre ubicat a la península Escandinava i al mar de Noruega, que conformen un anticicló de bloqueig. Per acabar, hi ha un altre sistema d'anomalies positives, és a dir una massa d'aire càlid estacionari, amb el centre a la península balcànica, que genera, davant de l'arribada de la massa d'aire fred sobre el Mediterrani occidental que donarà lloc a les condicions per a les precipitacions amb forma de neu.

Per acabar, el PC4 (figura 3d) mostra una distribució d'anomalies diferents de les tres anteriors.

A les latituds elegides es poden veure dos centres d'acció. D'una banda, hi ha un sistema d'anomalies negatives. El centre d'acció que domina la zona representada i que va amb direcció cap a l'est, centrat cap a la Mediterrània occidental. Aquesta massa d'aire és Àrtica Marítima, sent una perllongació del centre d'anomalies negatives que hi ha al nord de l'oceà Atlàntic, i que es correspon a la circulació de l'oest en altura, però que en trobar-se amb el bloqueig anticiclònic (sistema d'anomalies positives) situat al Nord de la Península Escandinava, pren un gir cap al sud d'Europa, arribar al Mediterrani.

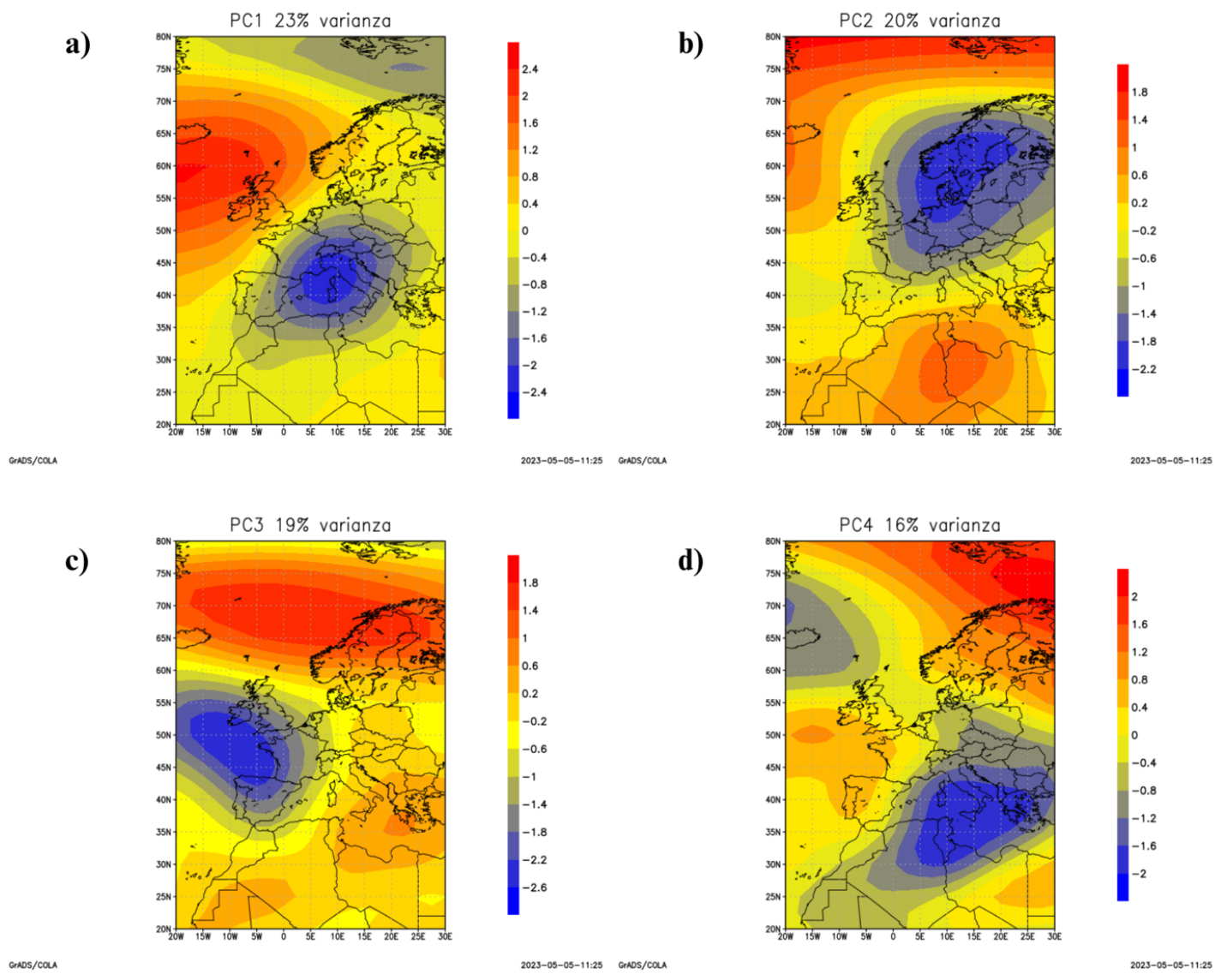


Figura: 3. Mapes dels 4 PCs per les anomalies de temperatura de l'hivern a 500 hPa. L'escala de color representa les puntuacions factorials de cada PC, amb els colors freds indicant les anomalies negatives i els colors càlids indicant les anomalies positives.

6.2 PCA de la pressió a nivell del mar

La taula 4 mostra els resultats del PCA realitzat pels mapes d'anomalies de la pressió a nivell del mar. Els quatre primers components principals representen el 87% de la variància original, amb els dos majoritaris, el PC1 i el PC2 sumant quasi un 60% de variància. El PC1 és el que presenta la major proporció de variància dels dies de nevada amb un 28% i el que menys el PC4 amb un 14%.

	<i>PC1</i>	<i>PC2</i>	<i>PC3</i>	<i>PC4</i>
Proporció de variància	28%	27%	16%	14%
Variància acumulada	25%	59%	74%	87%

Taula: 4. Variància explicada per a cada component principal per la pressió atmosfèrica a nivell del mar.

Es pot visualitzar el PC1 (Figura 4a) amb un 28% de variància, com en superfície la situació atmosfèrica es troba dominada per dos centres de pressió. Per una part, hi ha un sistema d'anomalies negatives sobre tota la mar Mediterrània, el que determinaria que és una ciclogènesi mediterrània, és a dir una borrasca generada sobre la Mediterrània. Aquest sistema d'anomalies negatives, està influenciat per l'altre centre d'acció, un sistema d'anomalies positives ubicat el seu nucli sobre Escandinàvia, que en termes generals es consideraria un anticicló de bloqueig.

El PC2 (Figura 4b) amb un 27% de variància, representa una situació atmosfèrica dominada per un centre de baixes pressions que ocupa des de l'est al sud del continent Europeu, incloent-hi el Mediterrani. Per l'altre costat troba'm un sistema d'anomalies positives posicionat a tot el nord de l'Oceà Atlàntic. La posició d'aquests centres afavoreix un clar flux d'aire en superfície del NE.

El PC3 (figura 4c) amb un 16% de variància, representa una situació atmosfèrica que es troba dominada per dos sistemes d'anomalies negatives. Un d'aquests sistemes es localitza al nord de l'oceà Atlàntic tractant-se de la baixa d'Islàndia, i l'altre està posicionat gairebé a tota la Mediterrània amb les adveccions cap al nord – oest. Per l'altra part, hi ha un sistema d'anomalies positives, posicionat entre aquestes dues baixes pressions amb el centre en el Mar Cantàbric.

Per acabar, el PC4 (figura 4c) amb un 14% de variància, mostra dos centres d'acció que determinen la circulació atmosfèrica a nivell del mar. Per una part hi ha un sistema d'anomalies negatives a l'atlàntic nord, sent unes ciclogènesis del front polar a l'oest del continent europeu, en direcció cap a l'est del mateix continent. A més si troba un altre centre d'acció, ubicat sobre Escandinàvia i els països bàltics, que es tracta d'un centre d'acció d'anomalies positives, i per tant exercint un bloqueig anticiclònic.

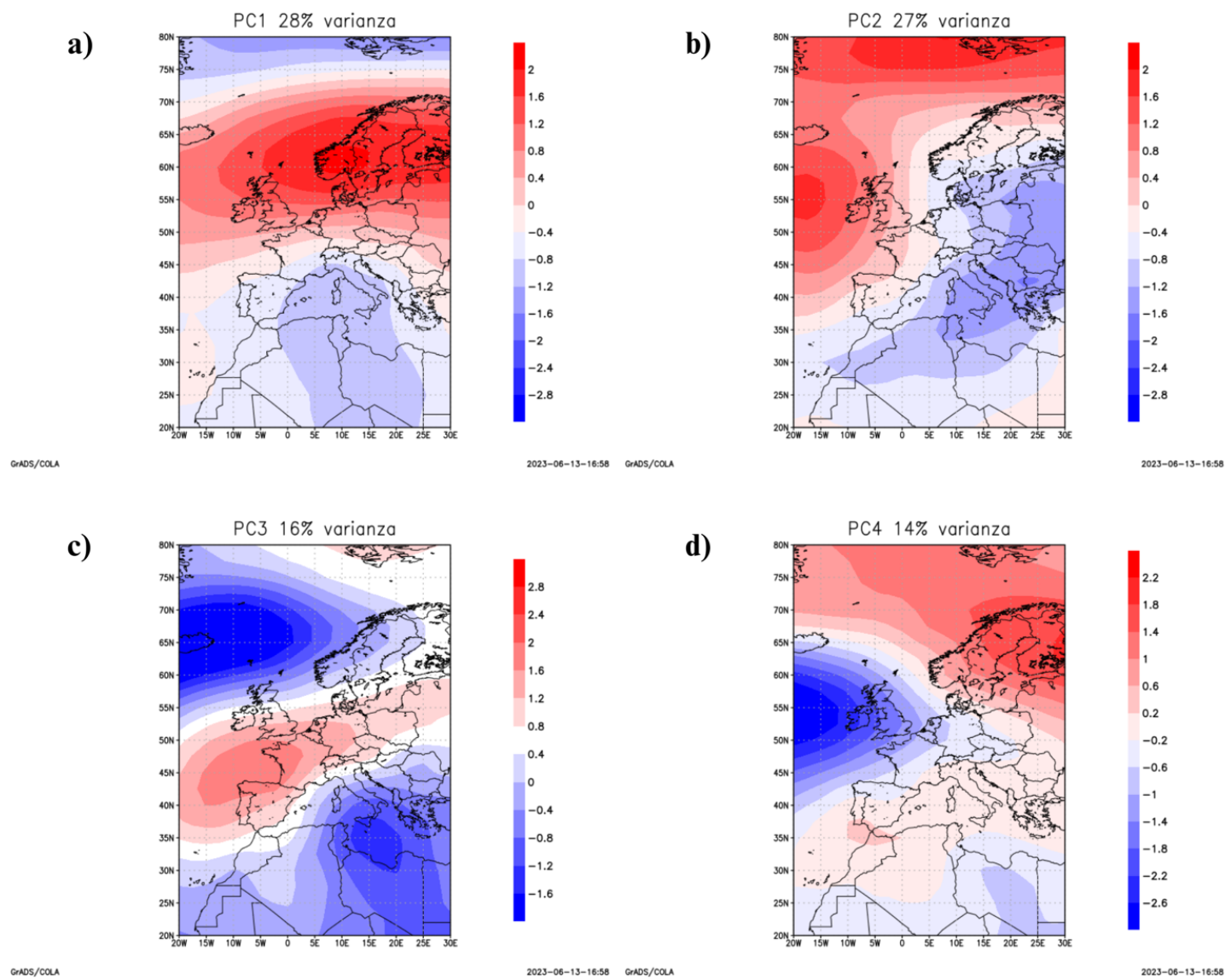


Figura: 4. Mapes dels PCs per les anomalies de pressió a nivell del mar. L'escala de colors representa les puntuacions factorials de cada PC, amb els colors freds indicant anomalies negatives i els colors càlids indicant anomalies positives de pressió a nivell del mar.

6.3 Exemple dels dies representatius de les nevades

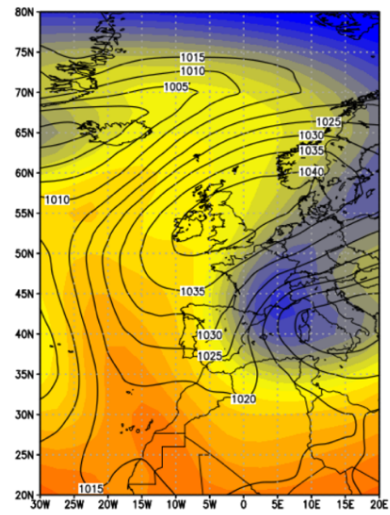
En els tres següents mapes es podran observar les dues variables (la temperatura 500 hPa i la pressió a nivell del mar) dels tres dies elegits com a representatius entre les 22 nevades. La paleta de colors representen la temperatura a 500 hPa i les isòbares mostren la pressió a nivell del mar pel dia elegit.

La figura 5a representa la situació atmosfèrica tant en superfície com en altura de la nevada del 30 de novembre del 1980. La nevada està ubicada dintre del PC1 pel que respecte a la situació en altura i dintre del PC2 per la situació en superfície, així com ho reflecteixen les taules 5 i 6 ubicades a annexos. En el mapa es pot veure com hi ha un anticicló en superfície amb el centre ubicat sobre les illes Britàniques i que es prolonga fins a la península Ibèrica, i una borrasca sobre el Mediterrani, amb centre en el sud d'Itàlia que és la responsable del mal temps. Ambdós centres de pressió originen un flux de vent de component NE que es tradueix a l'entrada en capes altes de l'atmosfera, d'una massa d'aire freda Polar continental, amb temperatures de fins a -40° , que toca a l'arxipèlag Balear en el dia analitzat.

La figura 5b representa la situació atmosfèrica tant en superfície com en altura de la nevada del 14 de gener del 1987. La nevada està ubicada dintre del PC3 pel que respecte a la temperatura a 500 hPa (taula 5 a annexos) i dintre del PC1 per la pressió a nivell del mar (taula 6 a annexos). En el mapa es pot veure com hi ha una borrasca en superfície amb el centre ubicat sobre el golf de Gènova i que encapçala l'oest de l'Europa Central i l'oest de l'Europa del Sud. Mentre que en altura hi ha una massa d'aire freda Àrtica Marítima entrant pel nord de la península Ibèrica, amb el centre ubicat al Golf de Lleó amb una temperatura de -40° . Aquesta massa influeix fins a la regió d'interès amb una temperatura d'entre -24°C i -22°C en altura.

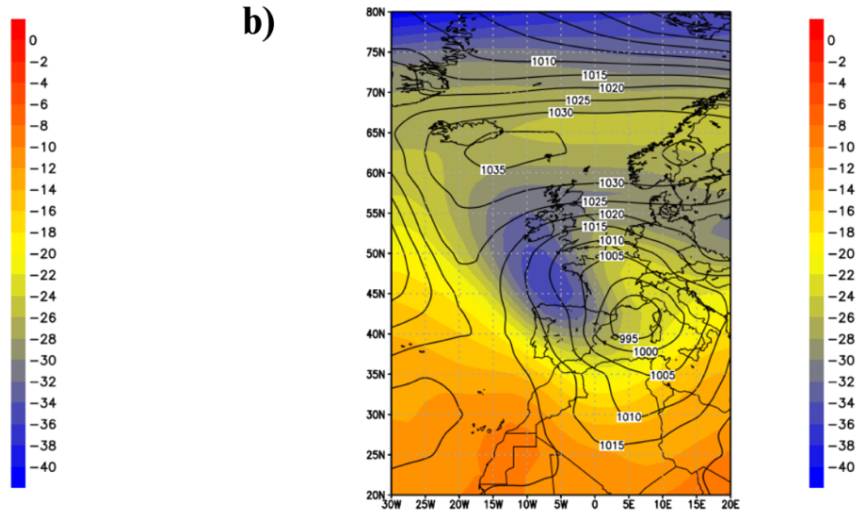
La figura 5c representa la situació atmosfèrica tant en superfície com en altura de la nevada del 3 de febrer del 2012. La nevada està ubicada dintre del PC2 tant per a la temperatura a 500 hPa com per la pressió a nivell del mar (taula 5 i 6 en annexos). En el mapa es pot veure com hi ha una borrasca en superfície amb el centre ubicat sobre el mar Tirrena i que encapçala tota la mar Mediterrània occidental. Mentre que en altura hi ha una massa d'aire freda Polar Continental entrant des del N, amb el centre ubicat al Golf de Biscaia amb una temperatura de -40°C i que a barca la Mediterrània occidental. A més que toca les nostres latituds amb una temperatura de -34°C .

a)



GRADS/COLA

b)

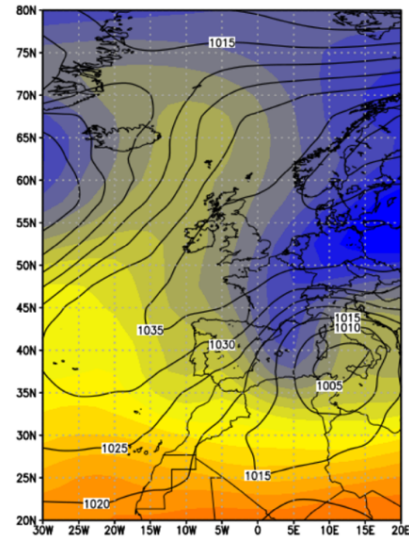


2023-06-21-18:57

GRADS/COLA

2023-06-22-18:29

c)



GRADS/COLA

2023-06-22-18:27

Figura: 5. Mapes de la situació atmosfèrica en altura i en superfície dels dies representatius de les nevades. L'escala de colors representa la temperatura (°C) de l'aire a 500 hPa i les línies representen la pressió atmosfèrica (hPa) a nivell del mar.

7. Discussió

Arran de les consultes bibliogràfiques prèviament visualitzades i estudiades sobre la neu a Mallorca i les dades numèriques extretes mitjançant l'Anàlisi de Components Principals de les condicions atmosfèriques que hi ha tant en altura (la temperatura a 500 hPa) com en superfície (la pressió a nivell del mar) i que a més, posteriorment han estat cartografiades per una millor visualització i compressió és dona pas a l'apartat de discussió. Aquest apartat se servirà de referent de les figures i taules descrites a l'apartat de resultats.

L'illa de Mallorca es troba dins el clima mediterrani, característic per tenir uns hiverns suaus, unes baixes precipitacions i uns estius càlids amb una elevada sequedat al llarg d'aquesta estació (Barry & Chorley., 1999). Condicions poc idònies perquè es produeixin nevades, però si bé és cert que en determinades condicions (les que es realitzen en aquest treball), sí que es produeixen nevades.

Com s'esmenta en els resultats, el PCA fet tant per les anomalies de temperatura de l'hivern a 500 hPa, com per les anomalies de la pressió a nivell del mar de l'estació freda, mostra que quatre components per a cada variable són suficients per poder explicar la major part de la variància (77% i 87% respectivament (taula: 3 i 4)) continguda a les dues variables. Dels mapes duts a terme per les puntuacions factorials de cada PC s'extreu un patró clar, que és l'existència, per norma general, de dos centres d'acció: un d'anomalies negatives i un altre d'anomalies positives que junts, i com s'explicarà més endavant, ocasionen les condicions idònies perquè es produeixi la precipitació en forma de neu en el Mediterrani, i més concretament a l'illa de Mallorca.

Per una banda, hi ha els PCs de les anomalies de temperatures d'hivern a 500 hPa, que presenten quatre escenaris diferents de condicions en altura perquè es desenvolupin nevades. Tot i que com es pot veure a la taula 3 els factors més freqüents per les nevades a Mallorca l'explica el primer component principal amb un 23% de variància i la menys freqüent és la del quart component principal amb un 16% de variància.

Els resultats de la temperatura a 500 hPa reflecteixen l'existència en termes generals de la combinació de tres factors que ajuden a la generació de les nevades a l'illa.

El primer i més important és l'entrada dels fluxos d'aire fred a les latituds mitjanes, conformant centres d'anomalies negatives, i que el PCA realitzat ha revelat l'existència de quatre tipus de fluxos segons la seva procedència: la massa d'aire freda Polar Continental és la més freqüent per la generació de nevades amb un 23% de variància segons el PC1 (taula 3) com es pot veure representat a la figura 3a, creant un centre d'anomalies negatives en el Golf de Gènova. La massa d'aire freda Polar Continental té el seu origen en el continent europeu en els mesos d'hivern del continent. L'aire que el caracteritza és fred i sec (Caldentey, 2015). Apareixent a Mallorca amb els fluxos del NE, de forma general són grans entrades d'aire fred, que conformen la conjuntura sinòptica més adequada perquè es produeixin grans nevades (Bonet, et al. 2023). És el PC que aglutina més nevades, un total de 8, amb unes condicions similars, de les 22 estudiades (taula 2), ja que a causa de la distribució del relleu mallorquí la Serra de Llevant no impedeix l'ascens dels fluxos humits que provenen de l'est, que porten elevades precipitacions (Caldentey, 2015). La següent massa freda que ajuda a les nevades a Mallorca és l'Àrtica Continental amb un 20% de variància segons el PC2 (taula 3) i representat a la figura 3b creant un centre d'anomalies negatives a la Península Escandinàvia. La massa d'aire Àrtica Continental és originària del NO d'Euràsia, caracteritzada per ser molt freda i amb una elevada sequedat i apareixen a l'illa d'igual forma que la Polar Continental (Caldentey, 2015). En els dos casos anteriors (Polar Continental i Àrtica Continental) es tracta de masses d'aire seques, que en principi sense cap aportació d'humitat no tocarien produir nevades, sinó que tan sols ones de fred tant a Europa com a la península Ibèrica. Però en el cas de Mallorca és diferent, ja que aquestes masses d'aire fred passen pel mar Mediterrani i amb ajuda de les situacions convectives derivades de les borrasques en superfície, es carreguen d'humitat donant pas a nevades. En tercer lloc, la massa d'aire freda Polar Marítima forma part del procés de generació de la neu amb un 19% de variància com es veu en el PC3 (taula 3) i es reflecteix a la figura 3c configurant un centre d'anomalies negatives a la mar Cèltica i Cantàbrica, que es desplaça cap al sud. Aquesta massa d'aire fred prové de l'Atlàntic Nord amb unes propietats de frescor i a diferència de les continentals amb humitat elevada. Tot i que a causa de la posició geogràfica de les Balears, que no estan molt pròximes al territori peninsular, a part de les elevacions més importants de Mallorca es veu reflectit en què l'efecte directe atlàntic gairebé no hi estigui present (Caldentey, 2015). Però es pot deduir que s'ajuda al fet que hi hagi unes condicions idònies perquè nevi a Mallorca és a causa de l'efecte llac on els teòrics com en

Bonet et al. (2023, p. 36) van definir que la formació de níguls per l'efecte llac era de la següent manera: "1r. Aire fred i sec es mou sobre la mar més calenta; 2n. La calor i humitat provoquen la formació de níguls; 3r. Els níguls creixen i es carreguen més i més de cristalls; 4t. L'orografia fas ascendir més els níguls i això contribueix a una forta nevada". I per acabar, la darrera massa d'aire freda d'importància, però la menys freqüent segons el PCA 4 amb un 16% de variància (taula 3) i reflectit a la figura 3d és la massa d'aire Àrtica Marítima que crea un sistema d'anomalies negatives a la Mediterrània occidental. El flux d'aire Àrtic Marítim es caracteritzen per ser originàries d'una de les zones més fredes del planeta com és la conca àrtica, per la qual cosa en si què és molt freda, però a diferència de la Polar marítima la seva humitat s'aconsegueix a mesura que fa el recorregut cap a les Balears, ja que s'encalenteix per la part baixa i creant així humitat ocasionant temperatures més baixes de les freqüents (Caldentey, 2015). Tot i que aquesta massa d'aire quan toca terres mallorquines ja no té els efectes tan elevats com al de l'inici del seu recorregut tot i que sí que a vegades ajuda a fer que nevi (Bonet, et al. 2022). Deduint-se que per això de les 22 nevades tan sols 4 (taula 2) han estat ocasionades per aquest flux d'aire fred en altura.

El següent factor en altura (temperatura a 500 hPa) que condiciona les nevades a Mallorca és la combinació de les masses d'aire fredes amb situacions de bloqueig anticiclònic, que són, unes situacions d'enorme estabilitat atmosfèrica que s'estenen a escala sinòptica i ocupen tot el perfil vertical de la troposfera (Barry & Chorley., 1999), i que estarien representats per anomalies de temperatura positiva a 500 hPa. Actuant de pantalla i modificant la trajectòria dels fluxos d'aire fred o de les pertorbacions atmosfèriques, i que a més les desvien cap al sud d'Europa (Barry & Chorley., 1999), fent que arribin a les nostres latituds i afavoreixin a les condicions òptimes perquè es produeixin nevades. El primer patró anticiclònic i més important és el de PC1 segons la taula 3, on l'anticicló de bloqueig està ubicat sobre Islàndia i Regne Unit (figura 3a). El segon anticicló de bloqueig és el del PC3 segons la taula 3, on la ubicació de les anomalies positives està sobre la península Escandinava i el mar de Noruega (figura 3c). I el tercer anticicló de bloqueig és el del PC4 segona la taula 3 és l'ubicat al Nord de la Península Escandinava (figura 3d).

El tercer factor detectat és l'habitual existència d'un sistema frontal que ocorre quan una massa d'aire freda entra en contacte amb una massa d'aire càlid, i el flux d'aire fred com que és de major densitat empenya a la massa d'aire càlid redirigint-la cap amunt de la massa d'aire freda, donant lloc a precipitacions si el flux d'aire fred té suficient humitat (Barry & Chorley., 1999).

Com a mostra en els mapes d'anomalies de temperatura de la figura 3, l'existència d'un contacte entre una massa d'aire càlid i una massa d'aire fred en els quatre patrons detectats pel PCA, així com en els exemples dels dies de nevada recollits a la figura 5, tot i que no sempre es situa el pas del front sobre les Illes Balears.

Per l'altra banda, hi ha els PCs de les anomalies de pressió a nivell del mar a l'hivern, que cada un d'ells presenta un escenari diferent de condicions en superfície perquè es desenvolupin nevades. Tot i que com es pot veure a la taula 4 els factors més freqüents per a les nevades a Mallorca l'explica el primer component principal amb un 28% de variància i la menys freqüent és la del quart component principal amb un 14% de variància.

En aquest cas com sa esmentat anteriorment hi ha la presència d'un sistema d'anomalies negatives i un altre de positives que configuren el mapa, que representarien, respectivament sistemes de baixes pressions i altes pressions, i que la seva disposició és essencial per determinar, per una banda, la intensitat i direcció del flux de vents que entren a la Mediterrània, i per l'altra banda, la generació de condicions d'inestabilitat que ajuden a la formació de tormentes i, per tant, precipitació. Dels quatre mapes dels PCs les tres primeres (figura 4 a, b i c) i representat un 74% de les causes de les nevades en superfície es pot extreure la importància de la ubicació del centre d'anomalies negatives, i per tant les baixes pressions a la Mediterrània occidental. Fet que es pot extrapolar a la importància de què perquè hi hagi nevades les borrasques estiguin posicionades sobre de l'àrea d'estudi. Com igual passa en les condicions atmosfèriques a 500 hPa hi ha la gran importància dels anticiclons de bloqueig que ajuden a mantenir el màxim temps possible les borrasques a la Mediterrània ajudant a què aquestes baixes pressions és vagin retro alimentant. En el cas del PC4 no troba'm un centre de baixes pressions sobre la Mediterrània, però sí que hi ha una profunda borrasca.

La diferència més present entre un PCA o un altre resideix en la posició de les baixes pressions i de l'anticicló de bloqueig, principalment perquè el PCA que més nevades agrupa de les 22 nevades és el PCA1, amb 10 nevades (taula 2) el que dur a determinar d'acord amb les dades estudiades que quan tota la Mediterrània està dominada per la borrasca generada una ciclogènesi Mediterrània i que l'anticicló de bloqueig fa pressió des del nord de les baixes pressions, ocupant tot el centre i nord-Europeu.

Com anteriorment sa mencionat, aquest treball serveix per complementar els estudis realitzats prèviament sobre la neu a Mallorca. Com per exemple, el geògraf Miquel Salamanca en el 2012 va dur a terme un estudi de la neu a l'illa, l'Aproximació a la innivació a Mallorca a l'època contemporània. En una part d'aquest estudi, es va focalitzar en un objectiu semblant al meu, què és saber les condicions atmosfèriques que ajuden a fer que nevi a Mallorca, però ell va profunditzar en les condicions de la pressió atmosfèrica a nivell del mar, utilitzant el mètode de Jenkinson i Collinson. Mètode que s'encarrega de sintetitzar en una taula amb mínim 9 punts la circulació atmosfèrica de la pressió a nivell del mar que hi ha en una àrea específica, observa la pressió (P), la direcció (D), la intensitat de l'equilibri geostrofic a les parts baixes de l'atmosfera i la seva vorticitat (Z) (Salamanca, 2012a). D'aquesta metodologia es pot extreure el següent temps: 8 advection pures, 1 ciclònic, 1 anticiclònic, 8 híbrids advection – ciclònics, 8 híbrids advection-anticiclònic i 1 indeterminat (Salamanca, 2012a). Per tant observant els seus resultats, principalment els de l'apartat 6.5. L'aplicació del mètode pels dies de nevada general a Mallorca esmenta que el mètode deixa a fora qualsevol tipus de temps anticiclònic i destacant el temps ciclònic en un 88% dels casos (Salamanca, 2012a). Aquests resultats si els compara'm amb els meus, extrets mitjançant el mètode d'anàlisi de components principals, donen pas a uns resultats semblants, com es pot veure a la figura 4, ja que 3 de 4 mapes destaca unes condicions atmosfèriques en superfície inestables sobre l'arxipèlag balear, és a dir, amb la presència de depressions atmosfèriques.

8. Conclusió

A causa del clima mediterrani que caracteritza Mallorca parlar de neu es fa estrany, però, així i tot, hi ha episodis de nevades a l'illa, unes de més generals al llarg de tota superfície mallorquina i altres més concentrades a les altituds més elevades.

És per això, que durant tot el treball sa intentat respondre a la pregunta de quines condicions atmosfèriques es donen tant en altura com en superfície perquè nevi a Mallorca?; A part d'intentar reafirmar la hipòtesi que " Les nevades a Mallorca es produeixen per la conjunció d'unues condicions atmosfèriques específiques en superfície i en altura, que tot i que siguin variades, es poden agrupar en un nombre reduït de patrons gràcies a l'Anàlisi de Components Principals".

Mitjançant el mètode d'anàlisi de components principals s'extreuen quatre mapes, tant per les puntuacions factorials de la temperatura a 500 hPa, com per les puntuacions factorials de la

pressió a nivell del mar, que ens han ajudat a reafirmar la hipòtesi i a donar resposta a la pregunta central del treball. El primer mapa (PC1) representa les condicions atmosfèriques més habituals, en canvi, el quart mapa (PC4) representa les que menys. Però si bé és cert, que les situacions atmosfèriques en altura i en superfície no tenen per què estar correlacionades, ja que per exemple, els quatre PCs en superfície poden coincidir amb qualsevol altre PC en altura i viceversa. Es donen dos clars patrons en general, la presència de dos centre d'acció, un centre d'acció positiu (anticicló) i un altre de negatiu (borrasca).

Per una part, en altura a 500 hPa, es donen tres patrons: en primer lloc, l'entrada de fluxos d'aire fred a latituds mitjanes: la Polar Continental, l'Àrtica Continental, la Polar marítima i l'Àrtica Marítima (ordenades de la més freqüent a la que menys); en segon lloc, les situacions de bloqueig anticiclònic; i, en tercer lloc, l'existència d'un sistema frontal, que és, el contacte d'una massa d'aire fred amb una massa d'aire càlid.

Per l'altra part, a nivell del mar, es donen dos patrons: en primer lloc, la posició de les borrasques sobre la Mediterrània, creant una ciclogènesi mediterrània; i, en segon lloc, la presència dels anticiclons de bloqueig.

9. Agraïments

Vist des de la part de fora un treball de fi de grau pot semblar el més senzill possible, un treball més. De la part de dins és tot el contrari, no és tan sols un treball, és la mostra del coneixement après aplicat a una branca del grau que més t'atreu. La idea que tens al cap és molt bonica i senzilla, però la realitat no és així, a l'hora d'aplicar-ho et trobes amb més d'un problema, molts d'ells amb fàcil solució i d'altres amb solució, però més difícil de trobar o almenys si estàs sol. És en aquest precís instant on entren en joc els/les tutors/res de treballs de fi de grau, persones amb un gran coneixement que destinen una part del seu temps en fer-te el camí més amè. És per aquest motiu, que he d'agrair el meu treball al meu tutor el Dr. Enrique Morán Tejeda, que ha estat el meu costat durant tot el temps i això que ho entregat passat l'estiu. Gràcies per tots els teus coneixements compartits, la teva persistència, paciència i principalment l'interès aplicat.

En segon lloc, donar les gràcies als meus pares, familiars i amistats per ser persones plenes de paciència i energia per estar al meu costat al llarg de la carrera, per no frenar-me i fer-me el camí més senzill. I per acabar, agrair la sort tenguda per haver coincidit i compartit aquests

quatre anys amb els meus companys, persones amb les quals hem crescut acadèmicament però sobretot personalment. Destacant a na Clara Pastor, companya que ha marcat la diferència a la meva etapa universitària, anant de la mà en els millors moments i també en els pitjors, però sempre recolzant-nos i sabent que un dia arribaríem a ser geògrafs.

Gràcies per formar part de la meva història.

10. Referències bibliogràfiques

Agència d'Estratègia Turística de les Illes Balears, 2018. *Paraje natural, Sierra de Tramuntana*. <https://www.illesbalears.travel/recurso-turistico/es/mallorca/paraje-natural-sierra-de-tramuntana>

Alonso González, E. (2020). *El manto de nieve en la península ibérica: climatología y sensibilidad a la variabilidad climática* [Tesis de doctorado, Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/45329>

Avives. (2019). *TEMA 14 GEOGRAFÍA FÍSICA DE MALLORCA: SITUACIÓN Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS. EXTENSIÓN. RELIEVE. COSTAS. HIDROLOGÍA. COMUNIDADES VEGETALES*. Avives. Centre de formació de bombers i policies. <https://studylib.es/doc/7837442/tema-14-geograf%C3%ADa-f%C3%ADsica-de-mallorca--situaci%C3%B3n-y>

Barry R.G. y Chorley R. J. (1999). *Atmósfera, tiempo y clima*. Omega

Bonet B., Salamanca M., i Vallcaneras Ll. (2022). *El llibre de la neu*. Gorg Blau.

Burnett, A. W., Kirby, M. E., Mullins, H. T., & Patterson, W. P. (2003). Increasing Great Lake-effect snowfall during the twentieth century: A regional response to global warming?. *Journal of Climate*, 16(21), 3535-3542.

Caldentey Brunet, J. (2015). *Sequeres i circulació atmosfèrica a la Mediterrània occidental*. [Tesis de doctorado, Universitat de les Illes Balears]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=214879>

CUADRAT J.M^a. Y PITA M^a. F. (1997) : *Climatología*. Ed Càtedra. Madrid

Darder, A. (2023). *Història de la neu a Sóller*.

Gómez-Pujol, L. (2014). *Observacions a propòsit de la brisa de mar estival al Llevant de Mallorca (Illes Balears)*. Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears, 57, 191-201. <https://raco.cat/index.php/BolletiSHNBalears/article/view/305593/395430>

Gorrias, A. (2001): *Les cases de neu de Mallorca*. Col·lecció l'Esparall. Ed. El Far de les Crestes.

Institut Balear de la Natura [IBANAT], s.f. *Parc Natural de la Península de Llevant*. https://ca.balearsnatura.com/parque_natural/parque-natural-de-la-peninsula-de-llevant/

Jansà, A. (2014). *El clima de les Illes Balears*. Lleonard Muntaner

Jiménez, F. J. F., Luque, G. M., & Argudo, J. Á. G. (2015). *Fundamentos de programación I*. [Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería]. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37981583/clase-05-array-libre.pdf?1435067644=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFundamentos_de_programacion_Array.pdf&Expires=1694344663&Signature=WlyW3IPEVcV5kFnhIWuqbWu-WljkXU8rdbU3hIaOfNk6TZipYgYijqIujscP0hofd-qQxnRDtSa0kfnKkQyYdakBhvfSM9Yg2Ih~oFKkf~Fhvqz4gq7OK3k~RTEKt4G2dT0QoxRquKlnmNLuvrfqxm8VagVIBQ5aOH0L7n9Q70UDzAUI~EH25TGs8HgyrsaW5dJrNhgI9qdhteDwRvi4ofC-TUC65p3z19tHpjDPcgcDYM~CLG3AKUHI69cP8K~~SUMXNb-NbHwILds0yUmN2OhUCabYnAyFi7CjL7skCDvsvyG4m12LNa4iZtaobufik6Ht5TneAF2oKvseltL6A__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis for special types of data* (pp. 338-372). Springer New York. [http://cda.psych.uiuc.edu/statistical_learning_course/Jolliffe%20I.%20Principal%20Component%20Analysis%20\(2ed.,%20Springer,%202002\)\(518s\)_MVsa_.pdf](http://cda.psych.uiuc.edu/statistical_learning_course/Jolliffe%20I.%20Principal%20Component%20Analysis%20(2ed.,%20Springer,%202002)(518s)_MVsa_.pdf)

Kistler, R., Kalnay, E., Collins, W., Saha, S., White, G., Woollen, J., ... & Fiorino, M. (2001). The NCEP–NCAR 50-year reanalysis: monthly means CD-ROM and documentation. *Bulletin of the American Meteorological society*, 82(2), 247-268. https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/82/2/1520-0477_2001_082_0247_tnnymr_2_3_co_2.xml

Rossell Riba, J. (2016). *L'aigua... els cristalls de gel*. ExpoMINER. Barcelona. http://media.firabcn.es/content/S002016/docs/manual-cristalls_de_neu.pdf

Salamanca, M. (2012a). *Aproximació a la innivació a Mallorca a l'època contemporània* [Memòria del projecte d'investigació del Programa de Doctorat en Geografia de la Universitat de les Illes Balears].

Salamanca, M; Grimalt, M; Tomàs M. (2012b): *Climatología de las irrupciones de aire frío en Mallorca durante el período 1980-2010 a partir de la temperatura a 850 hPa, intensidad, distribución temporal, tipos de tiempo asociados y su correlación con los días de nieve. VIII*. http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0060_PU-SA-VIII-2012-M_SALAMANCA.pdf

Sanmiguel Vallelado, A. (2022). *Study of the interactions between snowpack and forest cover in the Aragonese Pyrenees and their eco-hydrological implications* [Tesis de doctorado, Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/117931>

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (1996). *Using Multivariate Statistics* (3rd ed.). New York: Harper Collins. <https://baunne.unne.edu.ar/documentos/EstadisticaMultivariable.pdf>

TERMCAT. (s.f). Neu. *En el Diccionari de geografia física*. Recuperado el 10 de mayo de 2023, de <https://www.termcat.cat/es/diccionaris-en-linia/124/search/nieve?type=basic&language=es&condition=match>

ANEXOS

	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4
ene 54	0.63	0.17	0.41	0.41
dic 62	0.53	0.14	0.44	0.53
dic 67	0.77	0.33	0.06	-0.39
ene 76	0.29	0.86	0.27	-0.08
nov 80	0.88	0.14	0.18	0.01
feb 81	0.19	0.07	0.64	0.48
feb 83	0.63	-0.01	0.61	-0.02
ene 85	0.30	0.34	0.65	0.52
ene 87	-0.07	0.27	0.87	0.09
feb 88	0.32	0.82	0.20	0.15
feb 91	0.80	0.47	0.13	0.01
ene 99	0.79	0.10	0.06	0.31
ene 03	-0.63	-0.08	-0.13	-0.64
ene 05	0.69	-0.57	-0.32	0.09
feb 06	0.20	0.42	0.82	0.12
mar 07	-0.06	-0.04	-0.44	-0.69
feb 10	-0.07	-0.27	-0.10	-0.67
feb 12	-0.01	0.83	-0.13	0.23
feb 15	0.31	0.77	0.21	0.29
feb 23	0.13	-0.65	-0.17	0.61
feb 05	0.10	-0.08	0.74	0.12
mar 10	-0.07	0.01	0.09	0.60

Taula: 5. Taula de càrregues factorials del PCA de les anomalies de temperatura a l'hivern a 500 hPa.

	PC1	PC2	PC3	PC4
ene 54	0.75	0.26	0.15	-0.52
dic 62	0.88	-0.17	0.01	-0.30
dic 67	0.44	0.81	-0.14	-0.15
ene 76	0.03	0.87	0.29	-0.30
nov 80	0.56	0.71	-0.23	-0.10
feb 81	0.89	0.21	0.00	0.31
feb 83	0.61	0.50	0.41	-0.36
ene 85	0.95	0.12	0.13	0.11
ene 87	0.81	0.25	0.48	0.05
feb 88	0.70	0.62	0.08	0.05
feb 91	0.33	0.75	0.20	0.05
ene 99	0.77	0.31	-0.33	-0.20
ene 03	-0.78	-0.36	0.19	0.07
ene 05	0.23	-0.06	-0.67	-0.39
feb 06	0.45	0.70	0.33	0.37
mar 07	0.01	0.75	0.50	0.16
feb 10	-0.16	0.09	0.39	0.74
feb 12	-0.42	0.66	0.24	0.39
feb 15	0.85	0.13	-0.41	0.20
feb 23	-0.25	-0.31	-0.79	0.04

feb_05	0.24	-0.10	0.15	0.90
mar_10	0.13	-0.15	-0.90	-0.28

Taula: 6. Taula de les càrregues factorials del PCA de les anomalies de pressió a nivell del mar a l'hivern.

	<i>Temperatura a l'hivern a 500 hPa.</i>	<i>Pressió a nivell del mar a l'hivern</i>
ene_54	1	1
dic_62	1	1
dic_67	1	2
ene_76	2	2
nov_80	1	2
feb_81	3	1
feb_83	1	1
ene_85	3	1
ene_87	3	1
feb_88	2	1
feb_91	1	2
ene_99	1	1
ene_03	4	1
ene_05	1	3
feb_06	3	2
mar_07	4	2
feb_10	4	4
feb_12	2	2
feb_15	2	1
feb_23	2	3
feb_05	3	4
mar_10	4	3

Taula: 7. Taula resum de a quin dels quatre PCs hi ha la major carregar factorial tant per la temperatura a 500 hPa com per la pressió a nivell del mar.