Universitat de les Illes Balears

Facultat de Filosofia i Lletres

Memòria del Treball de Fi de Grau

Afectació de les sequeres i les nevades sobre els alzinars de Tramuntana: estudi de dos casos concrets

Vicenç Cardona Sastre

Grau en Geografia

Any acadèmic 2018-2019

DNI de l'alumne:43207470s

Treball tutelat per Celso García

Departament de Geografia

	Autor		Tutor	
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	Sí	No	Sí	No
	■	☐	☐	☐

Paraules clau del treball:

Sequeres, nevades, teledetecció, imatge de satèl·lit, NDVI, alzinars

ÍNDEX

Llista de figures 4
Llista de taules 4
Llista d'acrònims 4
Resum 6
Abstract 6
1.Introducció 7
1.1.Alzinars 7
1.2.Clima 8
1.2.1.Sequeres 8
1.2.2.Nevades 8
2.Hipòtesi i objectius 9
3.Metodologia 10
3.1.Obtenció de les dades 10
3.2.Tractament previ de les imatges de satèl·lit 10
3.3.Càlcul del NDVI 11
4.Àrea d'estudi 12
5.Resultats i discussió 14
5.1.Sequeres 14
5.2.Nevades 14
5.3.Anàlisi de l'estat dels alzinars 15
5.3.1.NDVI de períodes antecedents 15
5.3.2.NDVI dels episodis d'estudi 15
5.3.3. Comparativa dels episodis 20
6.Conclusions 22
7.Agraïments 23
8.Bibliografia 24

Llista de figures

Figura 1. Mapa de localització de les zones d'estudi. 12
Figura 2. Mapa de pluviometria de les zones d'estudi. 13
Figura 3. Evolució del SPEI de Mallorca. 14
Figura 4.Episodis de nevades a la Serra de Tramuntana..... 14
Figura 5. Mapa de NDVI dels episodis de nevades..... 16
Figura 6. NDVI expressat gràficament per les nevades en la zona d'estudi 1 17
Figura 7. NDVI expressat gràficament per a les nevades en la zona d'estudi 2 17
Figura 8. Mapa de NDVI per els episodis de sequeres 18
Figura 9. NDVI expressat gràficament per a les sequeres de la zona 1 19
Figura 10. NDVI expressat gràficament per a les sequeres de la zona 2 19
Figura 11. Comparativa NDVI dels episodis en la zona 1. 20
Figura 12. Comparativa NDVI dels episodis en la zona 2. 21

Llista de taules

Taula 1. Distribució de les superfícies d'alzinar a les Illes Balears.. 7
Taula 2. Classificació dels tipus de sequera. 8
Taula 3. Comparativa dels NDVI antecedents i dels episodis d'estudi 15

Llista d'acrònims

- ANEI – Àrea Natural d'Especial Interés
- ARIP – Àrea Rural d'interès Paisatgístic
- AAPI – Àrea d'Assentament en Paisatge d'interès
- IFN – Inventario Forestal Nacional
- AEMET – Agencia Estatal de Meteorologia
- USGS – United States Geoglogical Survery
- NDVI – Normalized Differenced Vegetation Index
- NIR – Infraroig Pròxim
- UNESCO – Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia i la Cultura.
- SPEI – Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index

Resum

Els alzinars de la Serra de Tramuntana tenen un fort valor ambiental i paisatgístic, i en les darreres dècades han sofert un fort retrocés, donant pas a altres masses boscoses menys característiques de la nostra regió. És per això que en el present treball, s'analitza el retrocés dels alzinars en funció de dos fenòmens meteorològics comuns en la illa de Mallorca: nevades i sequeres. L'estudi és basa en una comparativa entre una sèrie d'episodis de nevades i de sequeres per al període 1995 a 2015. Per a realitzar aquesta comparativa s'ha delimitat dues zones ocupades majorment per aquest bosc, i a partir d'imatges de satèl·lit i la teledetecció, s'ha aplicat l'índex NDVI per a esbrinar l'estat de la vegetació. Els resultats mostren que el fenomen que presenta una major afectació sobre els alzinars són les sequeres, degut a que tenen una major durada en el temps i és repeteixen més sovint.

Abstract

The holm oak trees of Serra de Tramuntana have a great environmental and landscaping value, and in the last decades they have suffered an important regression, giving way to other forest masses fewer features of our region. That is the reason why in the present work, the regression of holm oak trees will be analyzed according to two common meteorological phenomena in the island of Mallorca. The study is based on a comparison between a series of episodes of snowfall and drought, in the period between 1995 and 2015. In order to make this comparison, two areas occupied mainly by this plant have been delimited. The NDVI index has been applied to determine the state of vegetation by using satellite images and remote sensing . It has been shown that the phenomenon that has greatest impact on holm oaks are droughts, because they are longer and more repetitive in time.

1.Introducció

1.1.Alzinars

La Serra de Tramuntana és un territori aïllat on hi podem trobar formes de vida úniques al món, l'alzina té en aquest paratge un dels seus reductes. Antigament l'alzinar era el bosc més evolucionat de Mallorca, i avui en dia gairebé tan sols existeix a les vessants nord i ombrívoles de la serra.

L'alzinar és un bosc esclerofil·le típic de les zones de clima mediterrani, netament subtropical, dens i impenetrable, amb un sotabosc atapeït d'arbusts i lianes de fulla perenne i endurida. Es fa sobre un sòl relativament profund i be constituït, des de les calcàries fins al granit. A les fondalades amb terra humida no sol desenvolupar-se prou bé, i llavors és substituït per clapes de comunitats vegetals en predomini, o almenys d'abundància, d'espècies amb l'òptim a l'Europa mitjana. Les característiques fisiològiques dels alzinars, amb denses capçades sobre troncs d'uns 10-15 metres d'alçada, fan que és tracti d'uns boscos ombrívols que creen un ambient fresc i humit, fet que el fa resistent als incendis forestals. El seu creixement és força limitat. (*Annex 9 Vegetació Índex*, n.d.)

El *Quercetum ilicis galloprovinciale* ocupa un estatge comprès entre els 800 i 1.200 m d'altitud. Més concret en *Quercion ilicis* que, segons Knoche (1921) "era la vocació de les Balears", el podem identificar amb l'alzinar. La Serra agombola els més bells alzinars de l'illa, sobretot al vessant de mestral des dels 300 o 400 m d'altitud i per la banda de Pollença, gairebé a nivell de la mar. Fet i fet, el límit n'és la isohieta dels 600 mm. Molts de pinars i garrigues són el resultat de la degradació de l'alzinar climàcic on han participat no sols els homes —pastura i carboneria— sinó també l'oscil·lació climàtica (Rosselló i Verger, 2014).

L'alzinar (*ass. Cyclamini balearici-Quercetum ilicis*) és el bosc de les zones plujoses de Mallorca. És un bosc que tradicionalment s'ha aclarit i per tant és pobre en espècies, encara que té uns pocs endemismes com són: pa porcí (*Cyclamen balearicum*), llampúdol bord (*Rhamnus ludovici-salvatoris*), territjol (*Lotus tetraphyllus*), palònia blanca (*Helleborus lividus),* etc. (Alomar i Canyelles, 2006)

Sense la intervenció humana, aquesta comunitat vegetal ocuparia la major part del territori, és per això que l'any 1992 és va decidir realitzar una delimitació d'aquestes que fou aprovada l'any 2001. L'objectiu d'aquesta acció era la protecció urbanística i legal d'aquests boscos. I, és per això que actualment, com és pot observar a la *Taula 1,* la major part dels alzinars estan considerats com a Àrea Natural d'Especial Interès (ANEI).

Àmbit geogràfic (ha)	Illes Balears	Mallorca	Menorca
Superfície total	**22.330,54**	**16.884,31**	**5.446,23**
Alzinars dins ANEI	17.321,20	14.374,05	2.947,15
Alzinars dins ARIP (Àrea Rural d'Interès Paisatgístic)	983,38	794,72	188,66
Alzinars dins AAPI (Àrea d'Assentament en Paisatge d'Interès)	158,51	158,51	-
Alzinars en altres àrees	3.867,45	1.557,03	2.310,42

Taula 1. Distribució de les superfícies d'alzinar a les Illes Balears. ***Font: dades extretes del Servei de Gestió Forestal del GOIB.***

1.2.Clima

El clima a Mallorca és troba englobat dintre del clima mediterrani caracteritzat per hiverns amb temperatures suaus i precipitacions abundant, i estius secs i calorosos, les èpoques de primavera i tardor són molt variables. A Mallorca les precipitacions varien de 350 mm al sud de l'illa fins als 1300 mm a les zones altes de la Serra de Tramuntana. Compta amb un règim de precipitacions força irregular concentrades en pocs dies a l'any, que solen ser a la tardor.

Sense comptar en les zones altes de muntanya, la temperatura mitjana anual és troba entre els 16 i 18 ºC. Això és degut a la presència de la mar que regula aquest aspecte del clima, reduint l'estacionalitat tèrmica.

Els mesos d'hivern predominen els vents de Mestral i Tramuntana, de component nord majoritàriament, en canvi els mesos d'estiu trobem els vents coneguts com a Xaloc, Migjorn i Llebeig, que són uns vents de component sud fonamentalment.

1.2.1.Sequeres

Les sequeres són un fenomen que evoluciona al llarg del temps i destrueix gradualment la regió afectada, en els casos més extrems pot durar anys i causar efectes devastadors a les reserves hídriques i a l'agricultura, a més de moltes altres problemàtiques.

La sequera és defineix com el dèficit de pluges durant un període de temps prolongat en relació a la mitjana estadística anual de la regió a la que afecta.

Segons el "Plan Especial de Actuación en situaciones de alerta y eventual sequía de las Islas Baleares" no existeix una sola definició de sequera, ja que pot englobar diversos aspectes i àmbits. A la *Taula 2* és pot observar un quadre sintètic de les diferents tipologies de sequera (Caldentey Brunet. J, 2015).

SEQUERA	TIPOLOGIA	FACTOR DETERMINANT
DÈFICIT DE PRECIPITACIONS (CÀLCUL A PARTIR DE GENERAR IMPACTES NEGATIUS DINS LA SOCIETAT)	METEOROLÒGICA	PRECIPITACIONS INFERIORS A LA MITJANA
	AGRÍCOLA	DÈFICIT D'HUMITAT AL SÒL
	HIDROLÒGICA	DISMINUCIÓ DELS RECURSOS HÍDRICS DISPONIBLES
	SOCIOECONÒMICA	ESCASSETAT D'AIGUA PER A L'ECONOMIA I SOCIETAT

Taula 2. Classificació dels tipus de sequera. ***Font: tesis doctoral de Joan Caldentey Brunet.***

1.2.2.Nevades

La presència de neu a l'illa de Mallorca, encara que no sigui de manera molt freqüent, en determinades zones de l'illa, com és la serra de Tramuntana és un fenomen que succeeix una sèrie de dies a l'any en els mesos d'hivern. Pot ser sigui pel fet de ser episodis esporàdics que no hi ha un recull de dades sobre aquest tipus de fenomen climàtic, ni s'han realitzat gaires estudis al llarg de la història per a l'Illa de Mallorca.

Les condicions climàtiques de Mallorca pròpiament no fomenten l'aparició de les nevades, aquestes venen donades per l'arribada de masses d'aire fred procedents del nord d'Europa principalment. Les característiques d'humitat i temperatura de les masses d'aire fred, ja siguin polars o àrtiques, són prou conegudes. En general presenten temperatures fredes i continguts d'humitat baixos a tot l'espessor atmosfèric. Les masses d'aire fred que poden despenjar-se fins a latituds

mediterrànies són d'origen polar o àrtic i de naturalesa continental o marítima (Salamanca, 2012).

2.Hipòtesi i objectius

Partint de la base que els alzinars són una de les formacions boscoses característiques de la serra de Tramuntana i que han sofert un fort retrocés per diversos factors (el més important l'acció antròpica), aquest estudi planteja la hipòtesi següent:

Les masses d'alzinar sofreixen més durant un episodi de nevades important que durant un episodi de sequera.

Per a la resolució d'aquesta hipòtesi l'objectiu principal serà veure el comportament de dues masses d'alzinar concretes durant una sèrie d'episodis de nevades i sequeres entre els anys 1995 i 2015. Per assolir aquest objectiu, serà imprescindible complir els següents objectius secundaris:

- Realitzar una delimitació clara i concreta dels alzinars en qüestió.
- Analitzar els episodis de sequera i nevades més importants englobats en els 10 anys d'estudi.
- Analitzar mitjançant la utilització de la teledetecció de quina manera es veu afectat l'alzinar en concret, aplicant diversos índex de vegetació i humitat.
- Analitzar durant quin fenomen la zona d'estudi ha patit un retrocés més notable per mitjà de la teledetecció.

3.Metodologia

3.1.Obtenció de les dades

La primera informació necessària per a la realització d'aquesta investigació era localitzar les masses d'alzinar, per això s'ha acudit al *Quart Inventari Forestal Nacional, Illes Balears* (IFN, 2012). Un cop obtingudes aquestes extensions s'ha procedit a delimitar les zones de interès mitjançant un sistema d'informació geogràfica (SIG) mitjançant el programari ArcMap 10.3.

Per a l'obtenció dels períodes de sequera més importants s'han extret les dades del portal digital *monitordesequias*.csic.es (Vicente-Serrano SM, Tomás-Burguera M, Beguería S, Reig-Gracia F, Latorre B, Peña-Gallardo M , Luna Y, Morata A, 2017). S'han agafat tan sols els valors més extrems durant el període comprés entres els anys 1995 i 2015.

Les nevades, en el cas de la zona d'estudi, igual que a la resta de les Illes Balears, tot i tenir un registre dels episodis d'aquest fenomen hi ha una gran escassesa de dades en quan a la quantitat de neu acumulada. Les dades utilitzades s'han extret a partir de la informació aportada per Alberto Darder, jove aficionat de la meteorologia que realitza expedicions per a prendre mesures cada cop que és produeix aquest fenomen a la serra, i contrastades amb dades de l'AEMET, per aportar major fiabilitat científica.

Les imatges satèl·lit utilitzades han estat extretes del USGS (United States Geological Survery), https://earthexplorer.usgs.gov/. Cal dir que l'obtenció d'aquestes imatges ha estat complicada, ja que les condicions meteorològiques juguen un paper important, d'aquesta manera s'ha obtingut la primera imatge òptima per el tractament, posterior als episodis tan de nevades com de sequeres respectivament. A continuació s'explica quin satèl·lit ha estat utilitzat per a cada una de les dates:

- Landsat 5
  - 1 d'octubre de 1995 (sequera)
  - 12 de setembre de 2000 (sequera)
  - 1 de setembre de 2005 (sequera)
  - 24 de juny de 2009 (nevada)
- Landsat 7
  - 31 de maig de 2003 (nevada)
- Landsat 8
  - 6 d'abril de 2015 (nevada)

3.2.Tractament previ de les imatges de satèl·lit

Aquesta part del procediment ha estat relativament senzilla, gràcies a que les imatges sol·licitades han estat adquirides amb les correccions de reflectància pertinents ja elaborades.

La única passa que s'ha hagut d'elaborar ha estat una extracció per màscara amb el programa ArcMap 10.3 amb l'objectiu d'eliminar els valors anòmals que poden provocar alteracions en els posteriors càlculs. Aquest procediment s'ha hagut de fer en les bandes 3 i 4 de Landsat 5 i 7, per a cada una de les imatges satèl·lit, i a les bandes 4 i 5 de la imatge de Landsat 8 utilitzada.

L'extracció d'aquestes bandes s'ha realitzat únicament en les zones d'estudi, amb l'objectiu de facilitar el càlcul del Índex diferencial de vegetació normalitzat, que a continuació s'explicarà, tant per els episodis de sequeres com per als episodis de nevades.

3.3.Càlcul del NDVI

L'NDVI, índex diferencial de vegetació normalitzat, s'utilitza entre d'altres per calcular i estimar la qualitat, quantitat i desenvolupament de la vegetació mitjançant la intensitat de radiació que emeten certes bandes de l'espectre electromagnètic que la vegetació emet o reflexa.

Amb el programa ArcMap 10.3 i mitjançant la calculadora raster s'aplica la següent formula:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

A la formula NIR correspon al infraroig pròxim i Red al vermell, cal fer diferenciació en quan a les bandes utilitzades en l'aplicació del càlcul, ja que en Landsat 8 correspon a les bandes 5 i 4 respectivament, i a Landsat 5 i 7 s'han d'utilitzar les bandes 4 i 3 respectivament.

Aquest càlcul s'ha obtingut de sis imatges diferents, tres enfocades en els episodis de sequera i les altres tres en els episodis de nevades, per tal de poder realitzar la comparativa pertinent.

Cal dir que per poder realitzar un anàlisi més fiable de cada zona per a cada episodi, s'han tractat amb el mateix índex tres imatges dels tres anys anteriors a cada corresponent episodi, realitzant així una mitjana del valor totals de l'índex NDVI, i demostrar que aquests episodis seleccionats efectivament corresponen a una anomalia. La realització d'aquesta mitjana s'ha fet a partir de la següent formula:

$$Mitjana = \sum NDVI / 3$$

$$Anomalia = NDVIepisodi / Mitjana\ NDVI$$

4.Àrea d'estudi

Tot i que les dues zones d'estudi és troben ubicades al Patrimoni Cultural de la Serra de Tramuntana catalogat per la UNESCO, cal fer una diferenciació ja que presenten una sèrie de característiques pròpies i diverses. La *Figura 1* mostra les dues zones seleccionades, zona 1 i zona 2.

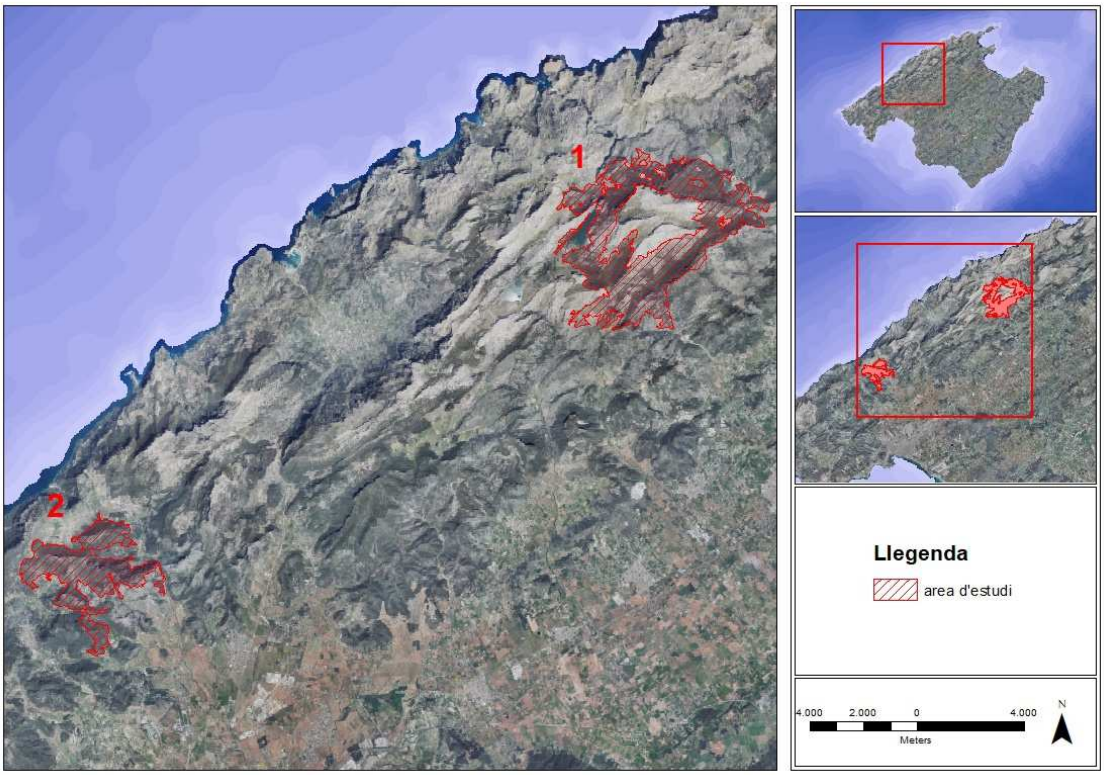


Figura 1. Mapa de localització de les zones d'estudi. ***Font: elaboració pròpia***

La primera, etiquetada com a zona 1, és un alzinar de 2.148 hectàrees situat en la seva totalitat en el municipi d'Escorca a la part sud. Aquesta àrea està compresa en la part central de la Serra de Tramuntana, allà on s'hi concentren les majors altituds i els terrenys més escarpats. En aquest indret central de la serra les precipitacions superen els 1000 mm anuals de mitjana.

La segona àrea d'estudi (zona 2) es troba en el límit del sector septentrional de la serra, entre els municipis d'Esporles i Valldemossa, amb unes altures menors que les abans esmentades. En aquesta zona, les precipitacions mitjanes anuals de 600 mm aproximadament. La *Figura 2* mostra la distribució de la precipitació mitjana anual a les dues zones d'estudi.

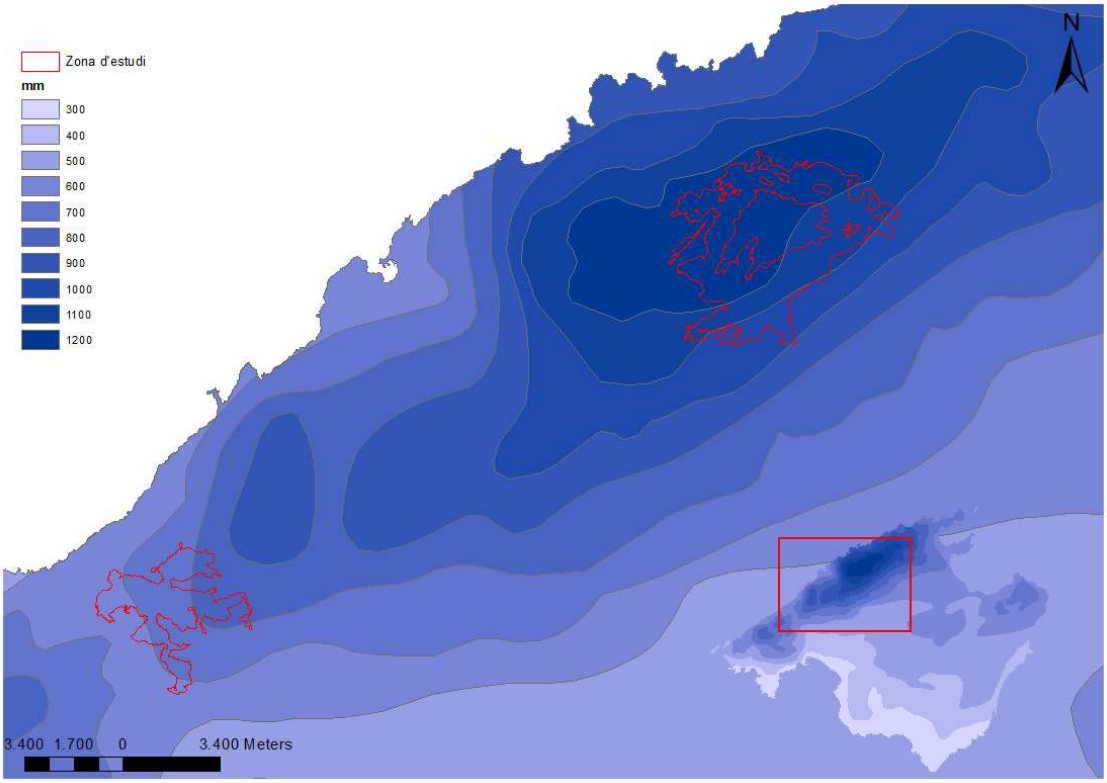


Figura 2. Mapa de pluviometria de les zones d'estudi. ***Font: elaboració pròpia amb dades de la UIB***

5.Resultats i discussió

5.1.Sequeres

Segons l'índex normalitzat de precipitació i evapotranspiració (*Figura 3)* els episodis seleccionats són d'una notable importància amb una escala temporal de 12 mesos.

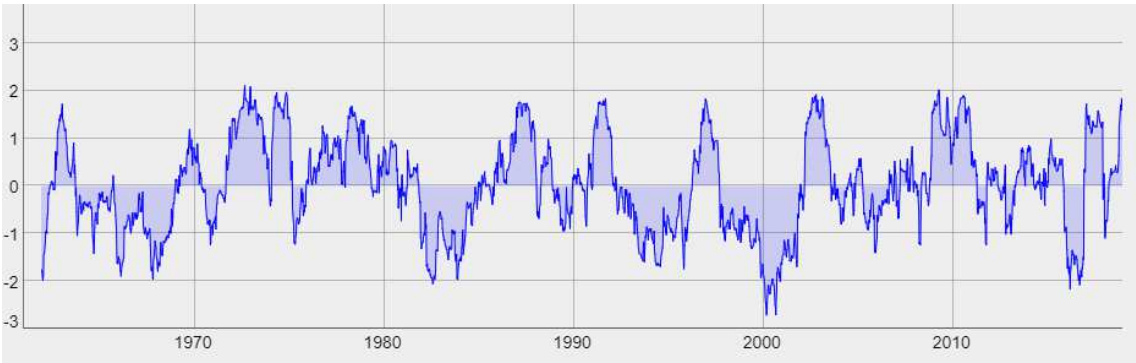
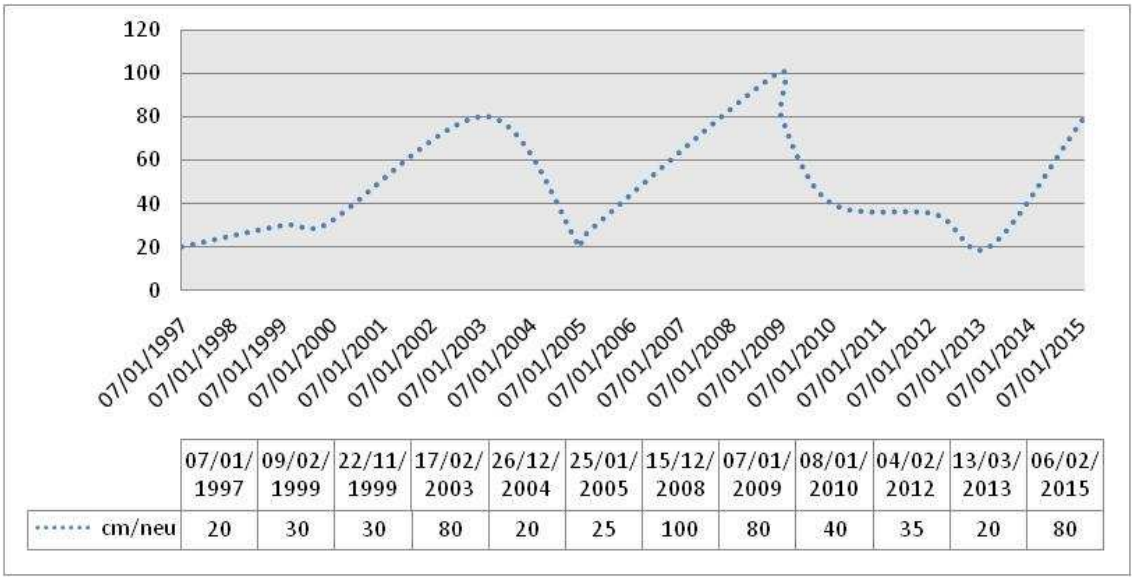


Figura 3. Evolució del SPEI de Mallorca. ***Font:*** ***http://monitordesequia.csic.es***

Perquè és pugi considerar un episodi de sequera els valors del SPEI han de ser inferiors a -1, i venir d'un període amb valors negatius. El primer episodi seleccionat, l'any 1995, presenta un valor de SPEI de -1.810. En el cas de l'any 2000 és l'episodi amb un valor més extrem i allunyat de la mitjana, a més de ser un episodi de major durada en el temps, el moment escollit el valor era de -2.890. Finalment el darrer valor és de -1.030 i correspon a l'any 2005.

5.2.Nevades

Les dades de les nevades foren registrades per un aficionat que va prendre mesures a la coma de Son Torrella.



	07/01/1997	09/02/1999	22/11/1999	17/02/2003	26/12/2004	25/01/2005	15/12/2008	07/01/2009	08/01/2010	04/02/2012	13/03/2013	06/02/2015
cm/neu	20	30	30	80	20	25	100	80	40	35	20	80

Figura 4.Episodis de nevades a la Serra de Tramuntana

Com és pot observar a la *Figura 4* les nevades són un fenomen que sol succeir anualment a la Serra de Tramuntana, però per a l'estudi en concret tan sols eren necessaris els episodis més destacables. D'aquesta manera s'han seleccionat els episodis del 2003, 2009 i 2015.

Dia 17 de gener del 2003 l'acumulació de neu era de 80 cm. Pel que fa al segon episodi s'ha aprofitat que el darrer més de 2008 va caure el màxim registrat a aquesta sèrie amb 100 cm, i el primer més de 2009 una altre nevada de 80 cm, per tant s'obté l'episodi de més importància. Finalment de 6 de febrer de 2015, amb 80 cm de neu acumulats, serà el darrer episodi seleccionat.

5.3.Anàlisi de l'estat dels alzinars

5.3.1.NDVI de períodes antecedents

ZONA 1		ZONA 2	
Any	NDVI	ANY	NDVI
1993-1994	-0,12 - 0,98	1993-1994	0,1 - 0,81
1995	0,12 - 0,7	1995	0,14 - 0,7
1998-1999	0,026 - 1	1998-1999	0,17 - 0,77
2000	0,06 - 0,83	2000	0,04 - 0,71
2001-2002	0,06 - 1,2	2001-2002	0,23 - 0,83
2003	0,23 - 0,8	2003	0,34 - 0,81
2003-2004	0,08 - 0,88	2003-2004	0,2 - 0,84
2005	0,05 - 0,74	2005	0,24 -0,69
2007-2008	0,16 - 0,69	2007-2008	0,28 - 0,70
2009	0,18 - 0,81	2009	0,32 - 0,81
2013-2014	0,26 - 0,98	2013-2014	0,34 - 0,83
2015	0,21 - 0,95	2015	0,31 - 0,87

Taula 3. Comparativa dels NDVI antecedents i dels episodis d'estudi[1]

Com és pot observar a la *Taula 3* les mitjanes dels anys anteriors a cada episodi seleccionat per a l'estudi presenten un espectre superior als dels períodes seleccionats. Tot i que no presenten valors molt anòmals, aquesta diferència és prou significativa ja que els antecedents tan sols s'han realitzat en les mitjanes dels dos anys anteriors a l'episodi en concret.

El NDVI com ja s'ha mencionat engloba valors que van des de el -1 al 1, no obstant en aquesta taula no és necessari prestar atenció ni als valors baixos ni als valors més elevats, ja que les masses boscoses d'alzinar reflecteixen la seva vigorositat en els valors compresos entres 0.65 i 0.8. Per tant cal prestar atenció en que durant els antecedents els valors màxims son més elevats que els dels episodis, per tant presenten un millor estat de la vegetació en qüestió.

5.3.2.NDVI dels episodis d'estudi

Tot i ser una espècie força resistent, tant durant episodis de sequeres com episodis de nevades aquestes masses d'alzinar sofreixen alteracions en la seva vigorositat, és a dir, pateixen en situacions d'extrema sequera i en situacions de nevades copioses.

Mitjançant l'índex de diferència de vegetació normalitzat, es pot analitzar el comportament dels alzinars durant els episodis seleccionats. D'aquesta manera s'ha realitzat el NDVI posteriorment als episodis de nevades i de sequeres per a poder establir una comparativa del comportament.

[1] Els episodis ressaltats en taronja corresponen als esdeveniments de sequera, i els ressaltats en blau als esdeveniments de nevades.

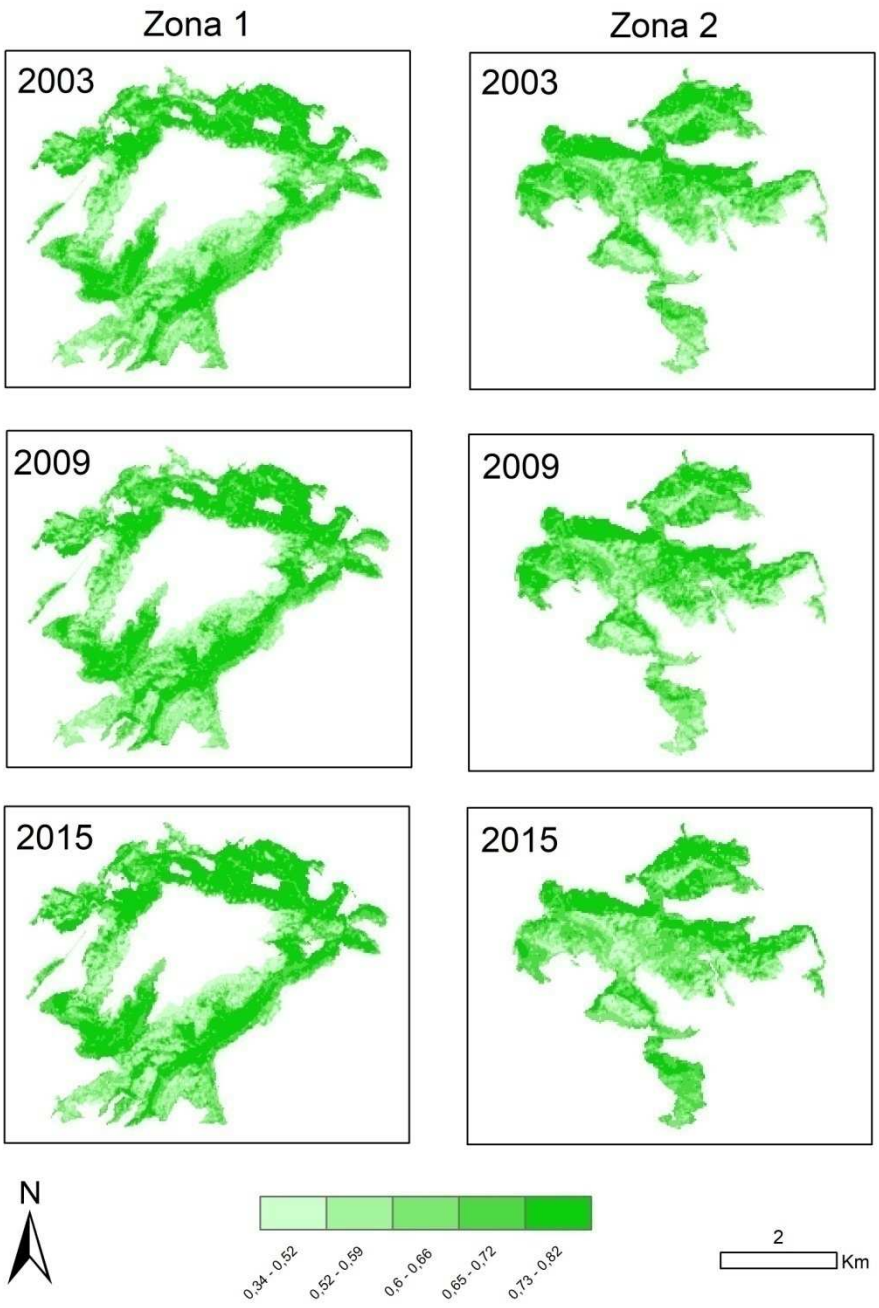


Figura 5. Mapa de NDVI dels episodis de nevades[2]

A la *Figura 5* s'observa l'estat de la vegetació durant els mesos posteriors a les nevades escollides per a cada una de les dues zones d'estudi. Les masses d'alzinar reflecteixen més en els valors elevats, concretament entorn al 0.65 i 0.85 (Magí & Fuentetaja, 2014), d'aquesta manera hem de centrar l'estudi en els colors més foscos del mapa.

A continuació en les *Figures 6 i 7*, hi trobem unes gràfiques que expressen, basant-se en els mapes anteriors i els valors superiors, com han variat la superfície d'aquestes masses després de cada episodi de nevades.

[2] El NDVI compren valors entre -1 i 1, en el cas del mapa en concret, s'ha unificat la llegenda agafant els valors màxims i mínims dels sis mapes de la composició.

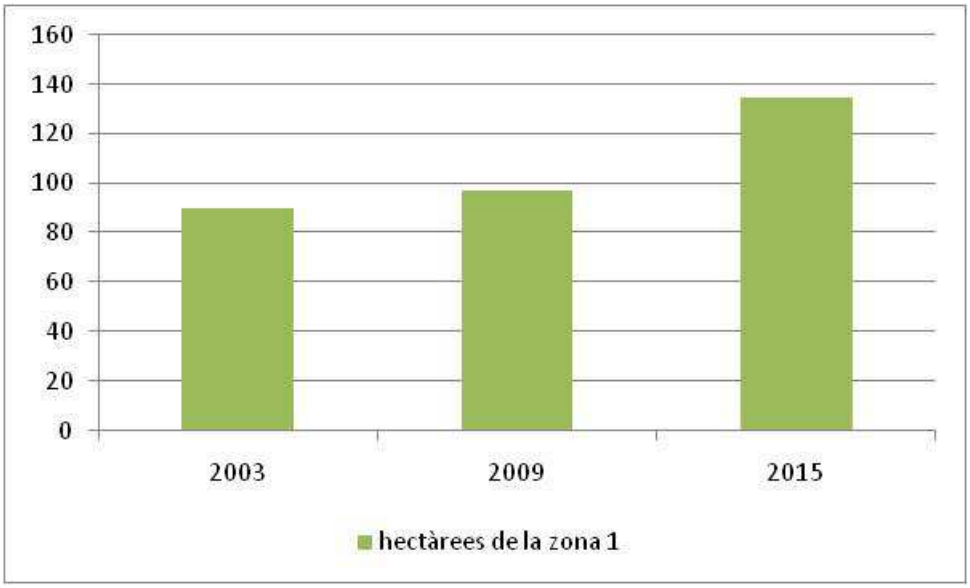


Figura 6. NDVI expressat gràficament per les nevades en la zona d'estudi 1

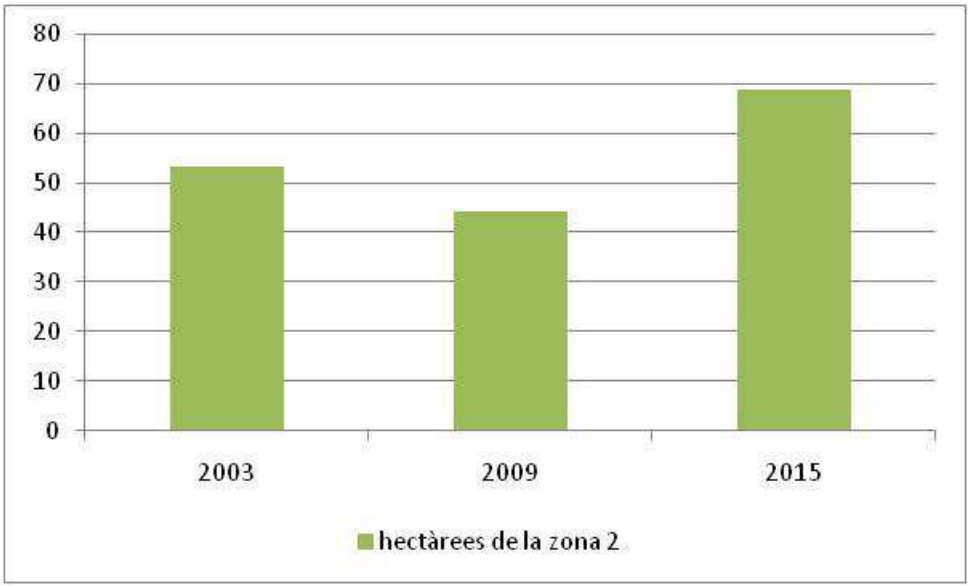


Figura 7. NDVI expressat gràficament per a les nevades en la zona d'estudi 2

Analitzant la *Figura 6* s'observa que les superfícies que emeten una major reflectància no han sofert disminucions respecte als tres episodis de nevades, han augmentat amb el pas d'aquests. Al contrari que a la zona 2 (*Figura 7),* que durant l'episodi del 2009, que és el de major importància presenta una forta disminució respecte als altres dos episodis.

A la *Figura 8* hi trobem una composició dels mapes realitzats a partir del NDVI, en les dates posteriors als episodis de sequera abans esmentant, i per cada una de les zones d'estudi seleccionades. Al igual que a la *Figura 5* s'ha unificat la llegenda agafant els valors màxims i mínims dels 6 índexs, amb l'objectiu de facilitar la comprensió visual dels mapes.

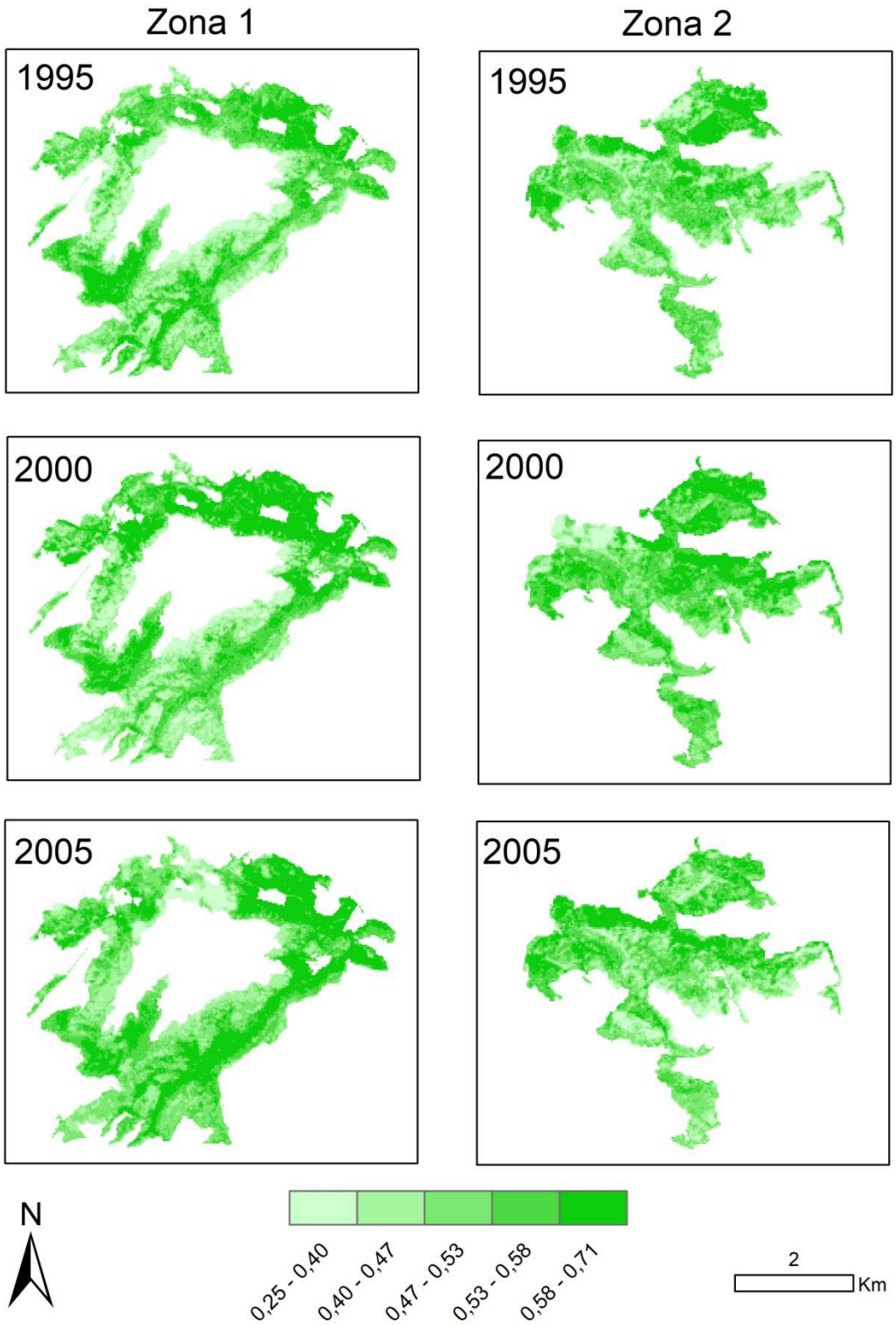


Figura 8. Mapa de NDVI per els episodis de sequeres

En aquesta composició (*Figura 8),* s'observa que les dues zones presenten comportaments diferents respecte a cada un dels episodis. Pel que fa a la zona 1, aquesta presenta un millor estat de la vegetació en el període de l'any 2000, amb una gran diferència respecte als altres dos episodis, encara que a l'any 1995 és

l'esdeveniment que provoca una major disminució de la superfície d'alzinar vigorosa (*Figura 9).*

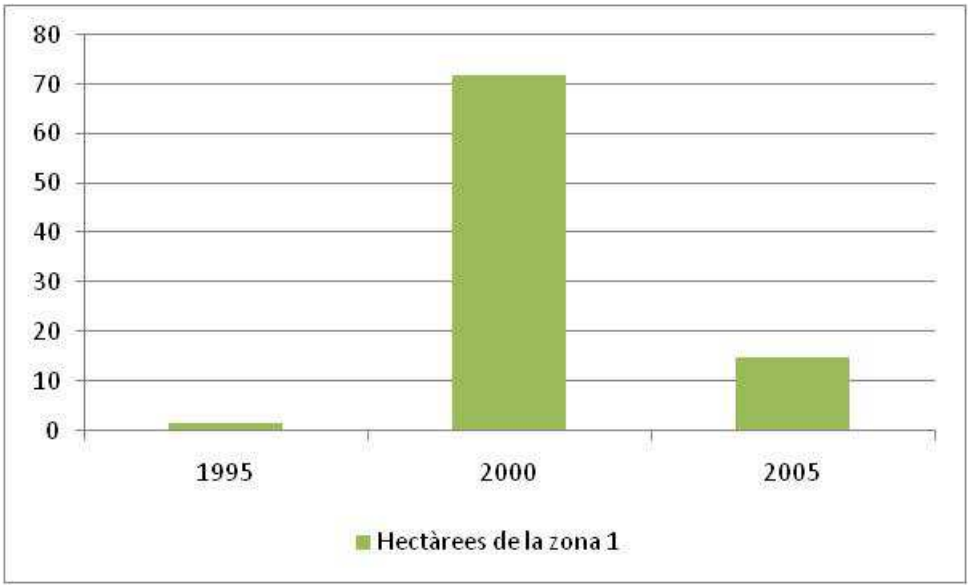


Figura 9. NDVI expressat gràficament per a les sequeres de la zona 1

En quan a la zona 2, podem observar que l'episodi que provoca una major afectació sobre l'estat de la vegetació és el de l'any 2000, i en canvi durant els episodis que la zona 1 havia patit una major disminució de la superfície d'alzinar amb millor estat, les masses d'alzinar d'aquesta zona presenten una major vigorositat (*Figura 10).*

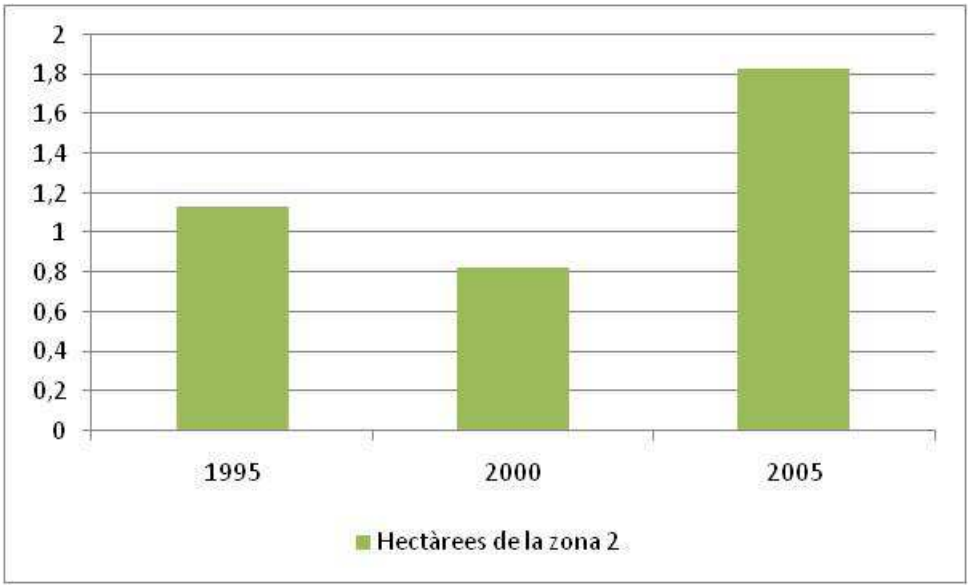


Figura 10. NDVI expressat gràficament per a les sequeres de la zona 2

5.3.3. Comparativa dels episodis

Per a poder realitzar un anàlisi més detallat dels diversos episodis (nevades i sequeres) i poder establir una comparativa s'ha elaborat una gràfica (*Figura 11 i 12)* on hi apareixen representats els valors del NDVI per a cadascun dels períodes estudiats.

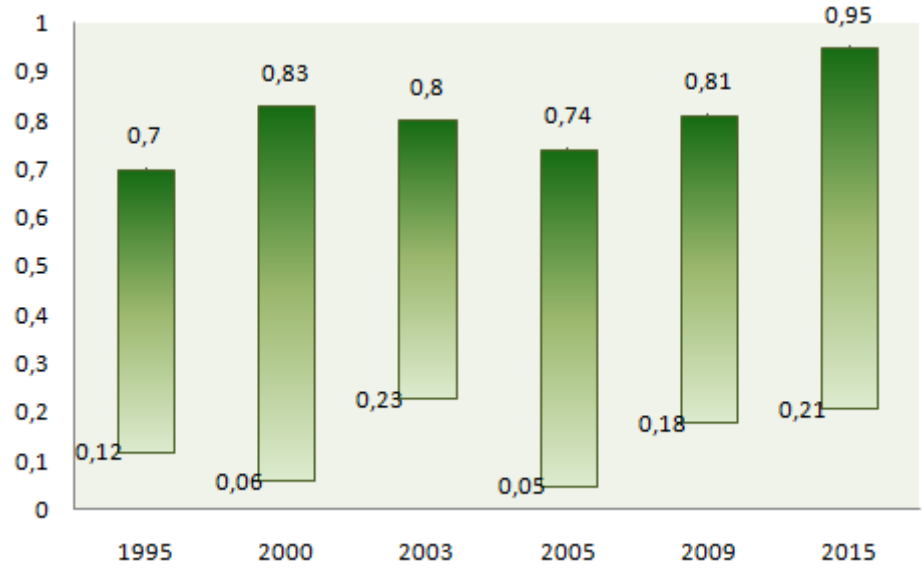


Figura 11. Comparativa NDVI dels episodis en la zona 1.

Si analitzem el valors extrets dels càlculs del NDVI per a la primera zona d'estudi (*Figura 11),* ens adonem que a trets generals els episodis de sequeres presenten uns valors inferiors en quan a màxims, que en els episodis de nevades. Cal recordar, que els valors als que se li ha de prestar més atenció són als compresos entre 0.65 i 0.8: d'aquesta manera s'evidencia d'una manera més clara que en la zona 1 l'estat de les masses d'alzinar ha patit més durant les sequeres que durant els episodis de nevades. Això queda patent perquè el NDVI extret després de cada nevada important té valors que superen el 0.8, fins i tot s'aproximen al valor màxim, 1.

També cal remarcar que tot i que l'any 2000 hi trobem l'episodi de sequera més important, els valors que presenta l' índex son força elevats i anòmals en comparació a altres situacions climàtiques similars, això pot trobar la seva explicació en que gran part d'aquesta zona d'estudi es troba amb una orientació nord i per tant té unes majors condicions d'humitat durant tots els períodes.

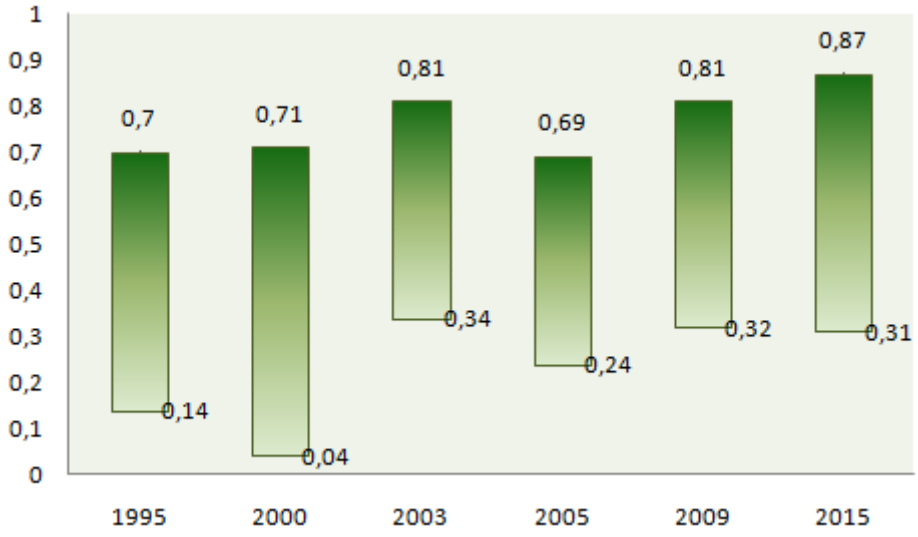


Figura 12. Comparativa NDVI dels episodis en la zona 2.

En la zona d'estudi 2 les diferències en el comportament de la vegetació durant els diferents episodis són molt més notables. En aquesta zona cal remarcar que els valors mínims durant les sequeres són molt més inferiors que en les nevades, al mateix temps els valors màxims també presenten una gran diferència.

Un fet molt destacable que denota la gran diferència entre els episodis és que durant les sequeres els valors màxims de NDVI pràcticament no superen els 0.65, límit en el qual s'ha marcat l'estat òptim dels alzinars, en canvi durant les nevades aquest límit és superat en creus arribant a valors superiors al 0.8.

Aquesta contrastada diferència pot esser deguda a les particularitats de la ubicació de la zona 2 d'estudi, ja que degut a la seva menor altitud no és veu afectada per unes nevades tan copioses com la zona 1, i sí molt més afectada per les sequeres.

6.Conclusions

El fet de que els alzinars tinguin un valor cultural i paisatgístic a la nostra illa fa que siguin dignes de ser estudiats i protegits, tot i tenir present que hi ha molts de factors que poden perjudicar el seu creixement o la seva conservació.

A partir del SPEI s'ha observat que en general a la mediterrània, però sobretot a Mallorca en els darrers vint anys s'han succeït diversos períodes de sequera important, que afecten de manera generalitzada a tot el territori, però la vegetació té una resposta més visual que altres elements de la natura.

Per altre banda, les nevades són un fenomen que desperta molta expectació dintre de la comunitat local, pel fet de ser un episodi esporàdic en els mesos d'hivern, també provoca alteracions en la vegetació ja que el tipus vegetació que trobem a la conca mediterrània no està preparada per aquest tipus de meteorologia. Les alzines degut a la seva copa frondosa i abundant, acumulen gran quantitat de neu, d'aquesta manera poden veure afectada el seu creixement si aquestes masses fossin exposades a episodis de nevades molt més duradores al llarg del temps, o d'una precipitació molt major a la que és dona actualment a l'illa de Mallorca.

Per això en aquest estudi, i gràcies a les imatges satèl·lit, s'ha pogut delimitar de manera clara aquestes comunitats vegetals i aplicar-hi l'índex NDVI per tal d'esbrinar l'estat d'aquesta vegetació després d'episodis importants, com són les nevades i les sequeres, i d'aquesta manera comparar quan sofreixen una major afectació.

La hipòtesi principal d'aquest estudi era que *Les masses d'alzinar sofreixen més durant un episodi de nevades important que durant un episodi de sequera,* així doncs una vegada realitzades les comparacions i els càlculs adients, aquesta hipòtesi queda descartada. S'ha pogut observar que l'estat de la vegetació i la seva vigorositat sofrien un minvament en les èpoques posteriors als episodis de sequera estudiats, que durant períodes de nevades.

La conclusió a la que s'ha arribat és que les nevades a Mallorca són esdeveniments molt puntuals i d'una durada molt curta, fet que no provoca una alteració important en l'estat dels alzinar, tal vegada si aquests episodis tinguessin una major durada repercutiren molt més sobre aquest tipus de vegetació. En canvi, les sequeres tot i tenir un màxim en un més concret, són episodis molt més perllongats en el temps i d'unes conseqüències molt més perjudicials per als alzinars, i en general per a tota la vegetació.

7.Agraïments

El present treball ha estat possible gràcies a l'ajuda i l'acompanyament del professor Celso García, al qual estic molt agraït per la seva implicació. Dedicar una menció especial a un antic professor de la Universitat de les Illes Balears, Jorge Lorenzo, que va ajudar en la part d'anàlisi i el tractament de les imatges de satèl·lit.

En la part extra- acadèmica donar les gràcies a la meva família per estar en tot moment al meu costat i finalment al meu soci empresarial que ha facilitat que pogués dedicar els darrers esforços a temps complet en aquest projecte.

8.Bibliografia

Alomar i Canyelles, G. (2006). Vegetació dels canyons càrstics de la Serra de Tramuntana de Mallorca (Balears, Espanya). *Endins*, *30*, 109–120. Retrieved from https://www.raco.cat/index.php/Endins/article/view/122572

Antonia, A., & Candelario, O. (2017). *"Clasificación de la vegetación del karst de Sierra de las Nieves utilizando imágenes Landsat."* Trabajo de Fin de Máster. Universidad Politécnica de Madrid.

Lloret, F., & Siscart, D. (1995). Los efectos demográficos de la sequía en poblaciones de encina. *Cuadernos de La S.E.C.F*, *2*, 77–81.

Castell, C. (2001). Efectos de la sequ{í}a en encinares del Parque natural de Sant Lloren{ç} del Munt i l'Obac (Barcelona). *Montes*, *63*, 43–50.

Doctoral, T. (2015). *Sequeres i circulació atmosfèrica a la Mediterrània occidental . Joan Caldentey Brunet*.

IFN. (2012). *Cuarto Inventario Forestal Nacional. Illes Balears*.

Lloret, A. F., Lobo, A., Estevan, H., Maisongrande, P., Vayreda, J., Terradas, J., … Vayreda, J. (2015). *Woody Plant Richness and NDVI Response to Drought Events in Catalonian (Northeastern Spain) Forests Published by : Ecological Society of America WOODY PLANT RICHNESS AND NDVI RESPONSE TO DROUGHT EVENTS IN CATALONIAN (NORTHEASTERN SPAIN) FORESTS*. *88*(9), 2270–2279.

Magí, A. :, & Fuentetaja, F. (2014) *Caracterización Del Efecto De Las Sequías Sobre El Vigor De Encinares Mediante Teledetección*. Trabajo de Fin de Máster Retrieved from http://zaguan.unizar.es

Ministerio De Medio Ambiente. (2007). *Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía*. 351.

Quercus, L. (2014). *Quercus ilex L*. (January 2013).

Rosselló i Verger, V. M. (2013). La serra de Tramuntana de Mallorca . Paisatge físic i cultural 1. *Treballs de La Societat Catalana de Geografia*, pp. 215–230. https://doi.org/10.2436/20.3002.01.46

Salamanca, M. (2012). *Aproximació a la innivació a Mallorca a l ' època contemporània*.Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears.

Serrada, R., & Bravo, J. A. (2012). Mejora de la vitalidad de las masas. In *Gestión adaptativa al cambio global en masas de Quercus mediterráneos*.

U.S. Geological Survery. (2018). *Landsat 4-7 Surface Reflectance (Ledaps)*. (December), 41.

Vicente-Serrano SM, Tomás-Burguera M, Beguería S, Reig-Gracia F, Latorre B, Peña-Gallardo M , Luna Y, Morata A, G.-H. J. (2017). Un conjunto de datos de alta resolución de índices de sequía para España. Retrieved from http://monitordesequia.csic.es/map/?lang=es#index=spei%23months=4%23week=4%23month=11%23year=2017