

Justificació tècnica projecte BIA11/21

Títol: *Impacte del canvi climàtic en la composició química del raïm a Mallorca: acumulació de sucres i acidesa*

Nom i llinatges de l'investigador principal: *Dra. Esther Hernández DNI: 02667745K*

Entitat sol·licitant: *Universitat dels Illes Balears (UIB)*

1. Resum del projecte:

L'estudi de l'impacte del canvi climàtic (CC) en la producció vitivinícola és molt important, especialment en aquelles zones enfocades a la producció de raïm i vi de qualitat, com és el cas de la viticultura a Mallorca. L'objectiu principal del projecte fou avaluar com les variacions climàtiques de les darreres dècades han afectat la qualitat del raïm i per tant dels vins mallorquins, fent especial èmfasi en l'acumulació de sucres i l'evolució de l'acidesa del most. Per completar aquest objectiu es va dur a terme també un estudi de diferents tècniques de maneig (reg i maneig de la canòpia) com possibles opcions d'adaptació i mitigació dels efectes negatius del CC a la composició química del fruit. Els resultats dels índexs climàtics mostraren que les zones de producció vitivinícola a Mallorca estan exposades a temperatures cada any més altes, principalment durant els mesos de juny a agost, època de l'any en que es realitza la maduració del raïm per a la vinificació. A més, es suma a les temperatures els descens de la pluviometria durant aquest període, moment en que les plantes presenten els majors requeriments hídrics de tot el seu cicle vegetatiu. En relació als efectes sobre la qualitat del most, els resultats mostraren que, malgrat algunes varietats es veuen més afectades que altres, l'acidesa mostrà correlacions negatives amb tots els paràmetres climàtics analitzats. De manera inversa, el grau probable del most mostrà correlacions positives amb tots els paràmetres climàtics analitzats. Per altra banda, a l'estudi sobre tècniques de maneig, els resultats mostraren que tant la disponibilitat hídrica com el tractament de maneig de canòpia tenen un efecte significatiu en la majoria dels paràmetres de qualitat de baia, sent la combinació d'estrès hídric moderat i ombrejat dels raïms el tractament amb millors resultats. A més, aquesta combinació fou la que mostrà majors valors de rendiment per planta i pes mitjà de raïm.

Els resultats del present projecte ajuden a entendre els problemes a què s'enfronta el sector vitivinícola a Mallorca i es poden prendre com referència per als futurs canvis en la regulació de les diferents DOs i IGP, permetent adaptar la normativa a les peculiaritats climàtiques de la regió. Els resultats derivats de l'experimentació amb tècniques de maneig, demostren que opcions fàcils d'aplicar poden contribuir a mitigar els efectes del CC sobre la producció i qualitat de raïm dels vins de Mallorca.

2. Objectius del projecte:

1. Estudiar l'evolució en el temps dels índexs climàtics a les zones vitivinícoles de Mallorca.
2. Avaluar l'evolució i/o canvis en el temps dels paràmetres principals de qualitat del raïm.
3. Relacionar els canvis als índexs climàtics amb l'evolució dels paràmetres de qualitat en diferents varietats locals cultivades a Mallorca.
4. Estudi diferents opcions d'adaptació i mitigació dels efectes negatius del canvi climàtic a la composició química del fruit

3. Equip investigador:

Juntament amb la investigadora principal forma part de l'equip la Dra. Josefina Maria Bota Salort. S'ha contractat un tècnic, el Sr. Jaume Puigserver Palmer, per a les tasques de recopilació de dades climàtiques i de qualitat de raïm, a més de la participació en la resta de tasques. D'altra banda s'ha comptat amb la col·laboració de les dues DOs (Binissalem-Mallorca i Pla i Llevant) i la IGP Vi de la Terra de Mallorca.

4. Actuacions i metodologia:

Per assolir els objectius proposats al treball es varen dur a terme les següents actuacions organitzant-se en una tasca per cada objectiu. La metodologia aplicada es descriu per cada tasca.

Tasca 1. Recopilar dades climàtiques de les principals estacions climàtiques més properes a les zones productores vitivinícoles de Mallorca

Per l'estudi de les tendències climàtiques s'han utilitzat dades de les estacions de la Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) i el Sistema de Informació Agroclimàtica per al Regadiu (SIAR).

Amb l'objectiu d'analitzar l'efecte del canvi climàtic sobre les temperatures anuals es va realitzar una recopilació històrica les dades de temperatura mitjana, mínima i màxima de sis estacions diferents que comprenen l'extensió de la zona vitivinícola de Mallorca. Es recopilaren dades de les estacions de Bunyola, Palma (Aeroport) i Porreres pertanyents a la AEMET i de les estacions de Inca, Manacor i Felanitx pertanyents al SIAR.

Per a cada any i estació es mesurà la temperatura mitjana (Fórmula 1), la temperatura mínima, la temperatura màxima i el nombre de dies per sobre els 35° C, tant per el cycle vegetatiu de les plantes (des de l'1 d'abril fins al 31 d'octubre) com per el període de maduració del raïm (des de

l'1 de juny fins al 31 d'agost). A més es calcularen els índexs de Winkler (Fórmula 2) i Huglin (Formula 3), dos índexs per a calcular els graus dia acumulats per les plantes durant el cicle vegetatiu d'aquestes. En les estacions on estava disponible, també es calculà el sumatori de la pluviometria efectiva acumulada tant en per el cicle vegetatiu com per el període de maduració del raïm, i/o l'índex de sequera (Formula 4). Amb els resultats dels índexs climàtics es realitzà una regressió de les dades per a descriure la tendència d'aquests valors climàtics en les darreres dècades a la zona de Mallorca. Aquests índexs s'han seleccionat d'acord amb la literatura i amb les condicions climàtiques específiques de Mallorca com als més representatius que mostren la variabilitat climàtica interanual, així com una relació amb la producció i qualitat (Jones et al. 2010, Vècart et al. 2020).

$$\frac{\sum_{Apr1}^{Oct31} (T_{max} + T_{min}) / 2}{n}$$

Fórmula 1. Tmax és la temperatura màxima diària (°C), Tmin és la temperatura mínima diària (°C) i n és el nombre de dies entre l'1 d'abril i el 31 d'octubre.

$$\sum_{Apr1}^{Oct31} \max\left(\left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2}\right] - 10, 0\right)$$

Fórmula 2. Tmax és la temperatura màxima diària (°C), Tmin és la temperatura mínima diària (°C).

$$\sum_{Apr1}^{Sep30} \max\left(\left[\frac{(T_{mean} - 10) + (T_{max} - 10)}{2}\right], 0\right) \cdot K$$

where K is an adjustment for latitude/day length^b

K: factor de correcció en funció de la latitud

Fórmula 3. Tmax és la temperatura màxima diària (°C), Tmin és la temperatura mínima diària (°C) i K és el coeficient de correcció segons la latitud (tabulat a 1,02).

$$IS = W_{30\text{Septiembre}} = W0_{(1\text{de Abril})} + P - Tv - Es$$

Fórmula 4. W0 és el valor de les reserves hídriques del sòl (tabulat a 200 mm), P és la pluviometria efectiva acumulada (mm), Tv és la transpiració de les plantes (mm) i Es és la evapotranspiració del sòl (mm).

Tasca 2. Recopilar dades històriques de qualitat de raïm de cellers pertanyents a les Denominacions d'Origen Pla i Llevant i Binissalem, així com a la Indicació Geogràfica Protegida Mallorca

Per la consecució de l'objectiu 2 es dugué a terme la de recopilació de dades històriques de qualitat de raïm de cellers pertanyents a les Denominacions d'Origen Pla i Llevant i Binissalem, així com a la Indicació Geogràfica Protegida Vi de la Terra de Mallorca. Per a la realització d'aquesta tasca, es contà amb les dades de qualitat de raïm classificades per varietats i anys cedides per diverses bodegues de les DOs Binissalem i Pla i Llevant i de la IGP Vi de la Terra i algunes dades recopilades per les pròpies DOs. Les dades de qualitat de raïm consistiren en valors de grau probable (°Baumé), acidesa (g/L) i pH del most corresponents al moment d'entrada del most en bodega. Per a valorar l'evolució dels paràmetres recopilats es realitzà una regressió lineal per a cada paràmetre i varietat, per a comparar les tendències entre les diferents varietats consultades. Les varietats de les que el nombre de dades fou suficient foren Manto Negro, Callet, Moll i Giró Ros, també es consultaren dades d'altres varietats, com la Gorgollasa però, degut al baix volum de mostres, els resultats no es consideren suficientment fiables.

Tasca 3. Anàlisi i correlació de les dades climàtiques i les dades de composició química del raïm

Per a estudiar l'efecte de les variacions climàtiques al llarg dels anys es realitzà un anàlisi estadístic entre els valors climàtics de les estacions i els paràmetres de qualitat de raïm de les bodegues, a més d'un anàlisi de components principals per a determinar quins son els paràmetres climàtics amb major efecte sobre la qualitat del raïm. Per a això, es van relacionar els índexs climàtics anuals mitjans calculats de les diferents estacions (excepte la de Bunyola) amb les dades anuals mitjanes de qualitat de most (gra probable, acidesa i pH). En aquells casos en què la relació va ser significativa, es va dur a terme un anàlisi de regressió lineal per aprofundir en l'efecte dels paràmetres climàtics sobre la qualitat del fruit.

Tasca 4. Plantejament i execució d'un experiment preliminar per estudiar tè

cniques de maneig a la vinya que ajudin a mitigar els efectes negatius del canvi climàtic sobre la composició del raïm

Amb l'objectiu d'establir una estratègia combinada de maneig de reg i maneig de canòpia per a mitigar els efectes del canvi climàtic sobre la qualitat del raïm es realitzà un experiment en una de les principals zones de producció del sector vitivinícola a Mallorca. Per a realitzar aquest experiment es comptà amb una parcel·la de la Bodega Ribas al municipi de Consell amb plantes de la varietat Manto Negro. En aquest estudi es combinaren dues estratègies de reg que corresponien a un estrès moderat i estrès sever, amb tres estratègies de maneig de canòpia, control (C), desfullat (D) i desfullat amb ombreig (D+O), amb 4 repeticions distribuïdes en blocs a l'atzar. El tractament d'estrès moderat (EM) consistí en mantenir l'estrès hídric de les plantes a un valor de potencial hídric de tija entre -0,6 i -0,9 MPa durant el període de maduració del raïm, mentre que en el tractament d'estrès sever (ES) es mantingué l'estrès hídric de les plantes entre -1,2 i -1,4 MPa. El tractament control de maneig de la canòpia consistí en no realitzar cap modificació de la canòpia durant la campanya de producció, el tractament de desfullat consistí en la retirada de les fulles basals del sarments en fases inicials al verol del raïm, i el tractament desfullat amb ombreig consistí en un desfullat combinat amb un despenjat dels sarments per sobre els raïms (Foto 1). Durant els mesos de campanya es realitzà un seguiment del nivell d'estrès hídric de les plantes, així com un seguiment del desenvolupament de la coberta foliar i les condicions microclimàtiques dels raïms. Les condicions de temperatura i radiació sobre els raïms es mesuraren mitjançant la instal·lació de sensors HOBO per monitoritzar de manera continua la temperatura en °C i la radiació interceptada per els raïms en lx. Les mesures del l'estrès hídric de les plantes es realitzaren mitjançant mesures de potencial hídric de tija a migdia solar emprant una càmera Scholander. El seguiment de l'Índex de l'Àrea Foliar (LAI) de les plantes es realitzà mitjançant les eines de processat d'imatges de l'aplicació Viticanopy (de Bei et al., 2016). Durant el període de maduració també es realitzà un seguiment dels principals paràmetres de qualitat de les baies, el pes mitjà de baia, la concentració de sòlids solubles totals, el pH del most i l'acidesa total, a més s'enviaren mostres a la Bodega Ribas per a analitzar la concentració d'àcid tartàric, àcid màlic i ions de potassi del most. En haver finalitzat la maduració del raïm, coincidint amb la data de verema de la bodega, es realitzà una descomposició del rendiment de les plantes, mesurant el nombre de sarments i raïms per planta, la producció per planta i el pes mitjà dels raïms.

- Control (C)
- Desfullat (D)
- Desfullat amb ombreig (D + O)



Foto 1. Imatge dels tractaments de maneig de la canòpia

Anàlisi estadístic

S'emprà el programa R Studio per a realitzar l'anàlisi estadístic de dades per a determinar la significança del tractaments de reg i el tractament de canòpia sobre els resultats obtinguts. L'anàlisi estadístic de les dades consistí en anàlisi de variància (ANOVA) de 2 factors, essent aquests el tractament de reg i el tractament de canòpia de les plantes, per a comprovar l'efecte de cada tractament i la seva interacció. En aquells paràmetres que demostraren significança en els tractament aplicats s'aplicà el test de Tukey per determinar la separació entre les mitjanes dels diferents tractaments de reg i canòpia.

5. Descripció dels resultats:

Objectiu 1. Estudiar l'evolució en el temps dels índexs climàtics a les zones vitivinícoles de Mallorca

Els resultats de la temperatura mitjana durant cicle vegetatiu i durant el període de maduració (Figura 1A i B) mostraren una tendència positiva de les temperatures al llarg dels anys estudiats, amb increments de més de 2 °C entre inicis dels anys 80 del segle XX i finals dels anys 10 del segle XXI. Com es pot veure a la figura 1B, l'estació de Palma registrà una temperatura mitjana durant el període de maduració al voltant dels 22°C a finals dels anys 70, mentre els valors dels darrers 5 anys no baixaren dels 25°C. Encara que els registres no es remunten tan lluny, la tendència és la mateixa per la resta d'estacions (Figura 1B).

Crida l'atenció els registres de l'estació de Bunyola amb valors molt per davall de la resta d'estacions. Tot i així la tendència mostrada (pendent de la recta) és molt similar a la resta

d'estacions. Tot i que no es troba a una zona de rellevància vitícola es va decidir incloure els seus registres con a control negatiu.

Com en el cas de les temperatures mitjanes, en el cas de la temperatura màxima i mínima les tendències durant el cicle vegetatiu com durant el període de maduració foren molt similars, per aquest motiu a les figures 2 i 3 es mostra únicament les temperatures mitjanes durant període de maduració, les figures referents a tot el cicle vegetatiu s'han inclòs a l'annex.

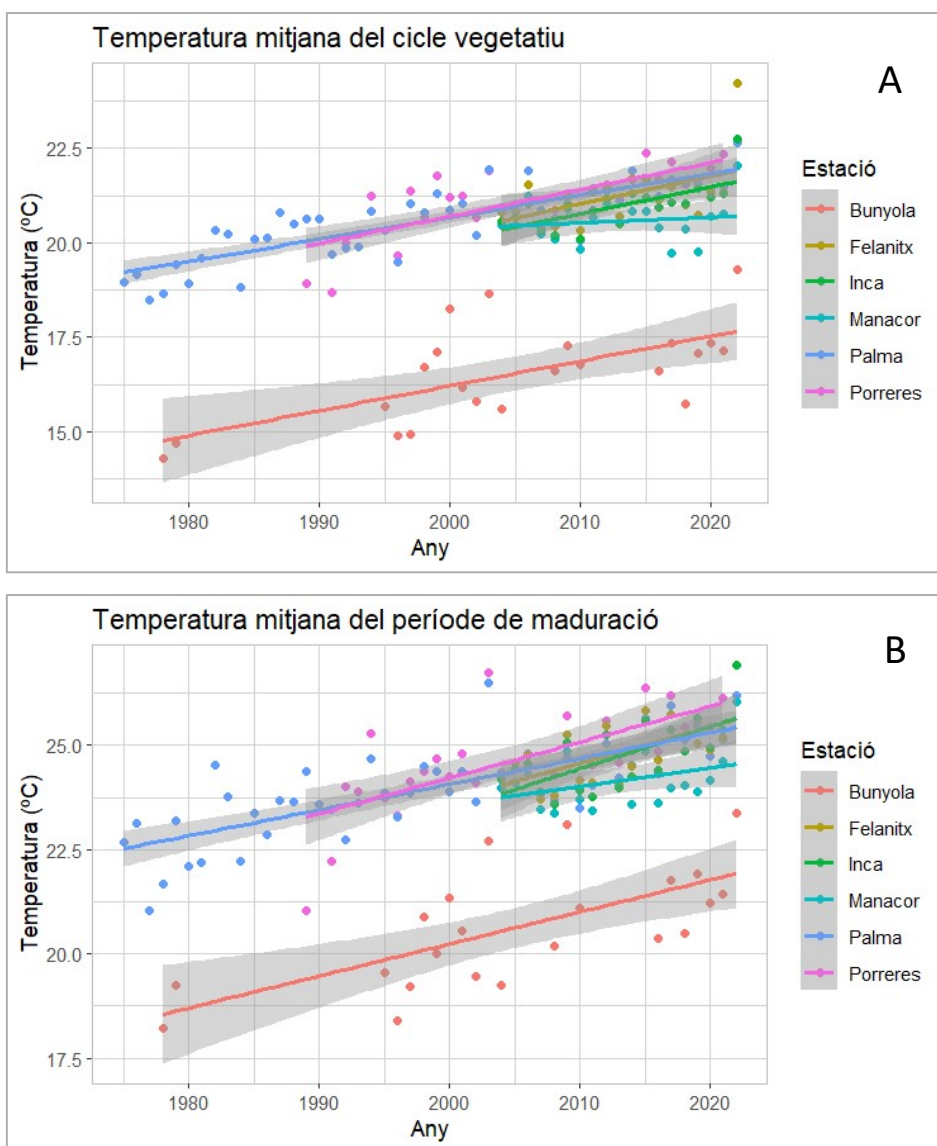


Figura 1. Evolució de la temperatura mitjana durant el cicle vegetatiu (A) i durant el període de maduració (B) per estació durant les darreres dècades

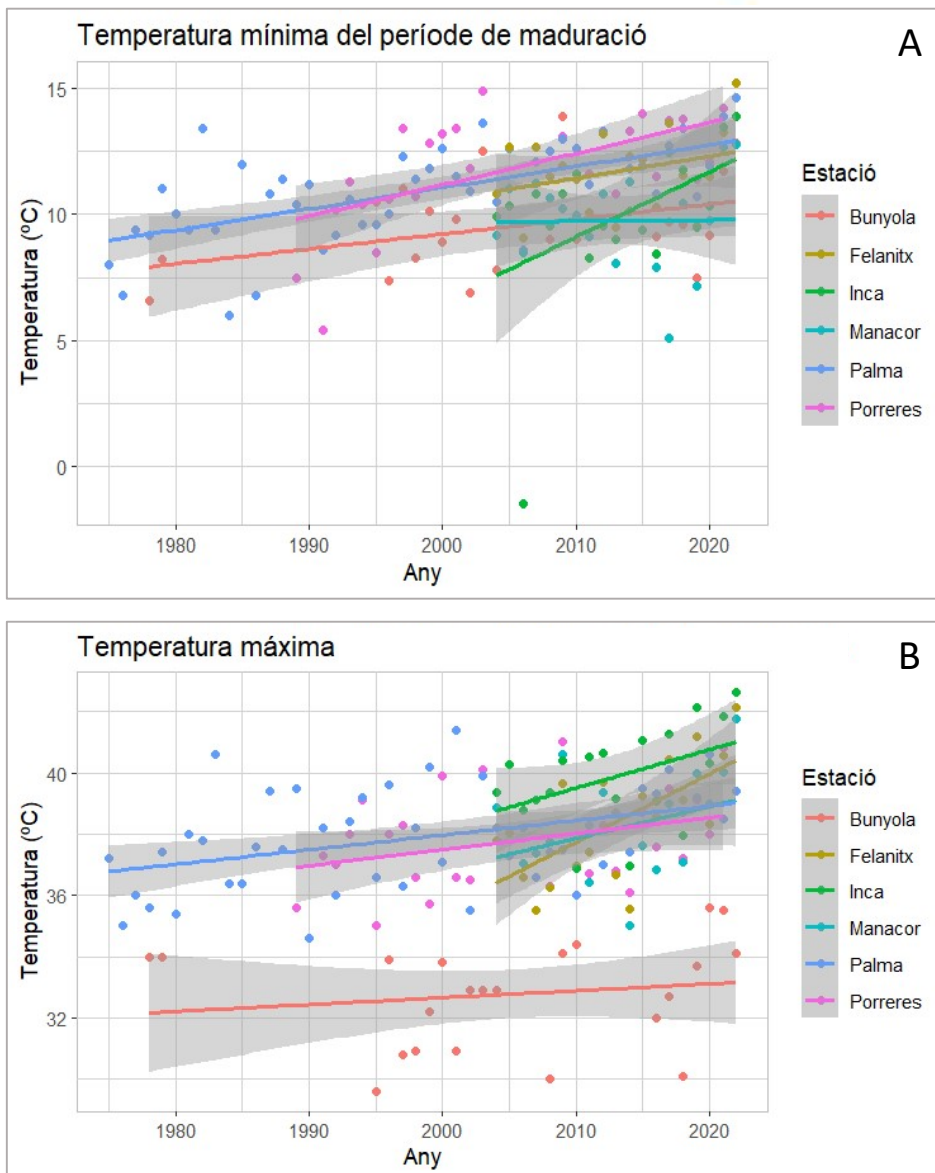


Figura 2. Evolució de les temperatures mínima (A) i màxima (B) durant el període de maduració per estació durant les darreres dècades

Tant per les temperatures mínimes com màximes durant el període de maduració les zones d'Inca i Felanitx, zones molt importants a les DOs, és on s'ha patit un increment més pronunciat (Figura 2A i B).

Els resultats del nombre de dies per sobre els 35 °C (Figura 3) de totes les estacions mostraren una tendència positiva tant durant el cicle vegetatiu com durant el període de maduració. El cas més destacable és el de la estació de Inca, 18 dies per sobre els 35° C durant el cicle vegetatiu de l'any 2004 que passà a 47 dies per sobre els 35° C en 2022.

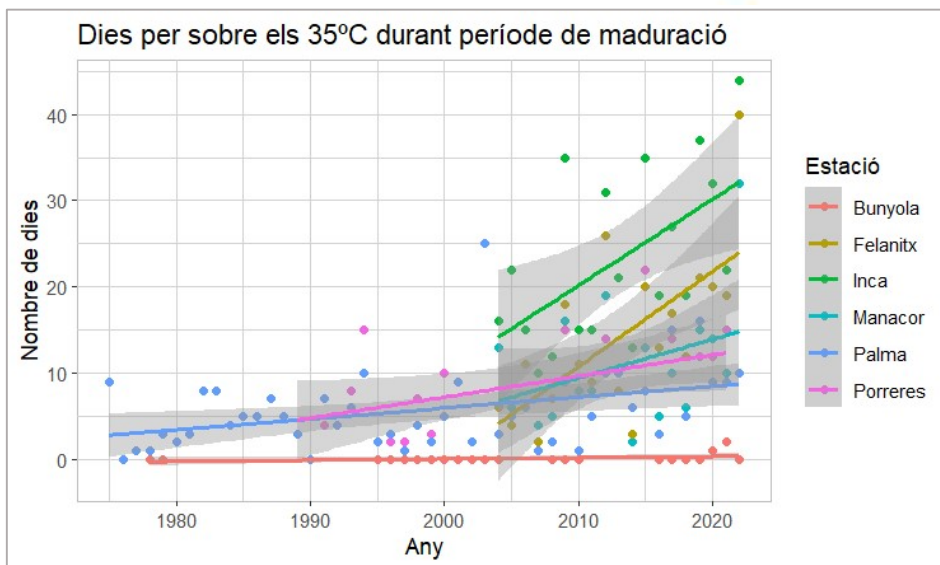


Figura 3. Evolució del nombre de dies per sobre els 35 °C durant el període de maduració per estació durant les darreres dècades

Tant els resultats de l'Índex de Winkler (Figura 4) com els resultats de l'Índex de Huglin (Figura 5) mostraren una tendència positiva durant les darreres dècades. En el cas de la estació de Bunyola els valors de l'índex de Winkler pràcticament s'han duplicat passant de valors propers als 1000 graus dia acumulats a finals dels 70 a més de 2000 graus dia a finals el 2022, el mateix li passa a l'índex de Huglin, en que els valors passaren d'estar al voltant dels 2250 graus dia a més de 3000 graus dia en 2022.

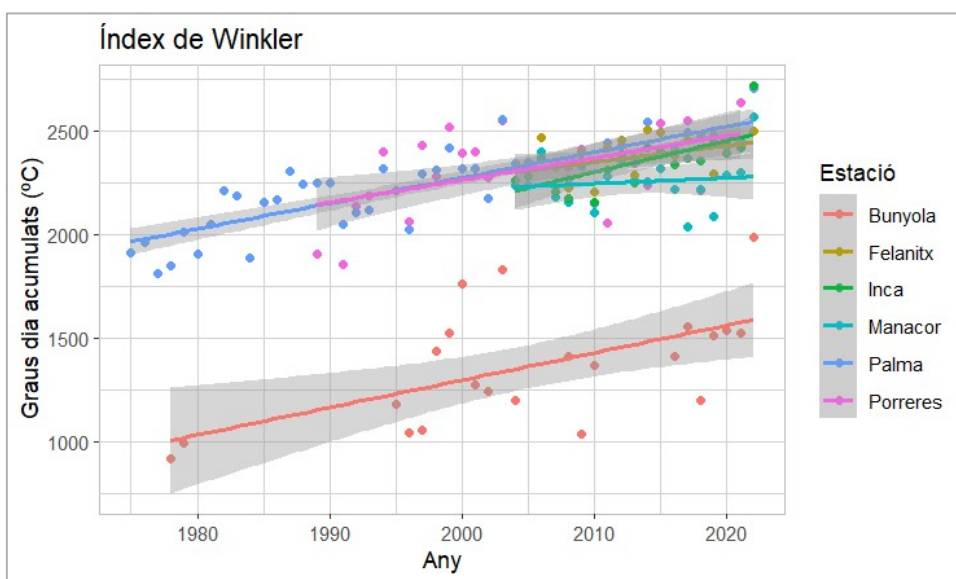


Figura 4. Evolució de l'Índex de Winkler per estació durant les darreres dècades

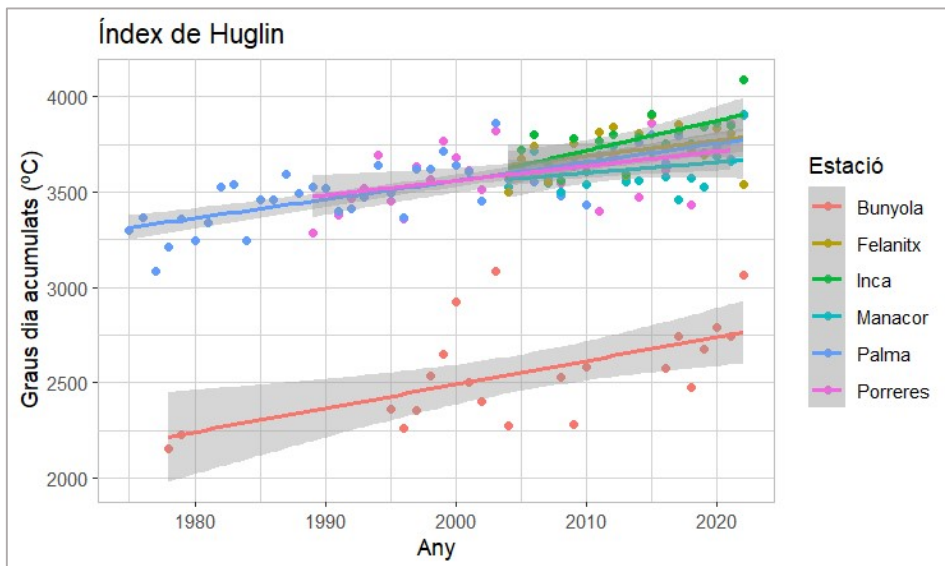


Figura 5. Evolució de l'Índex de Huglin per estació durant les darreres dècades

L'índex de sequera (Figura 6) es va calcular per les estacions de les que disposaven tots el paràmetres per el seu càlcul (Felanitx, Inca i Manacor). Les tres estacions mostren un augment durant els anys, destacant l'estació de Felanitx amb la variació més forta i la de Inca amb els valors de major dèficit hídric.

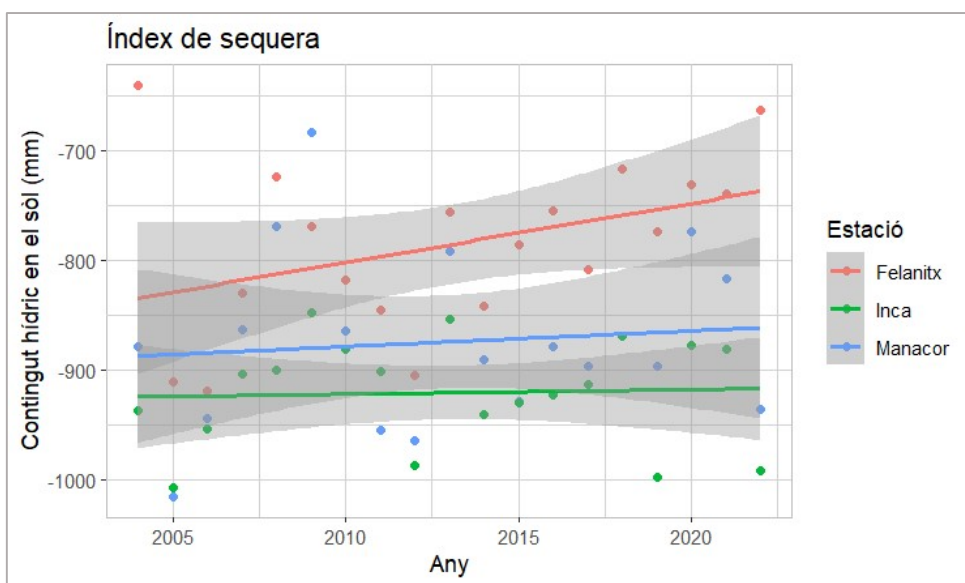
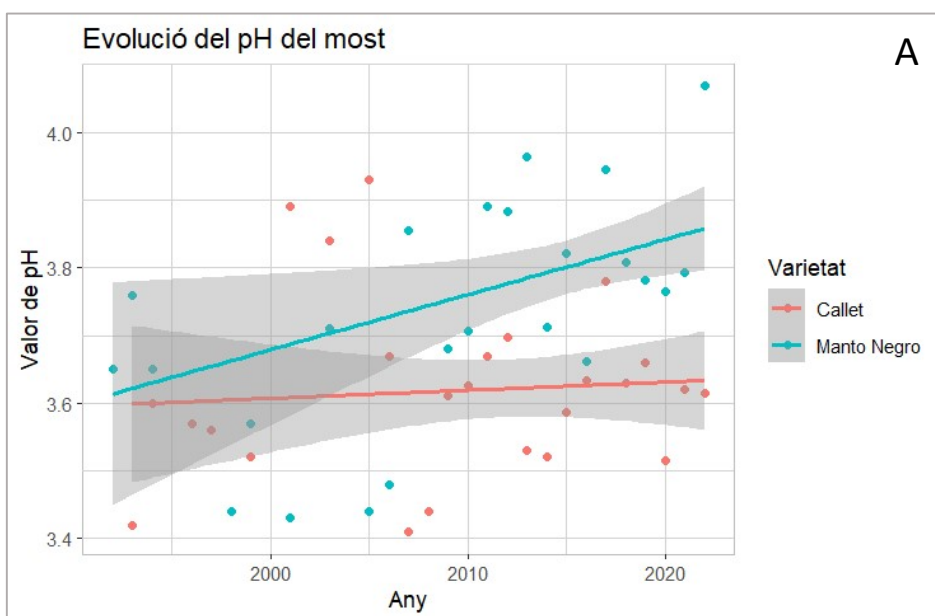


Figura 6. Evolució de l'Índex de Sequera per estació durant les darreres dècades

Objectiu 2: Avaluar l'evolució i/o canvis en el temps dels principals paràmetres de qualitat de la raïm.

L'augment de les temperatures durant el procés de maduració del raïm provoca un desequilibri entre els composts de les baies que conformen les característiques dels vins com ara el grau alcohòlic probable, l'acidesa i el pH del most. Dels tres paràmetres, el pH fou el que mostrà una tendència similar a totes les varietats (Figura 7 A i B) mostrant clarament un augment al llarg del temps. El pH del most juga un paper fonamental per assegurar la seva correcta fermentació i l'estabilitat dels vins resultants. Juntament amb l'acidesa total, tenen un impacte directe en l'activitat dels llevats, les reaccions oxidatives, l'eficàcia de l'ús d'anhídrid sulfurós i la fixació del color del vi (Comuzzo, P. i Battistutta, F., 2019).

A les varietats negres, la varietat que mostra una tendència més marcada és la varietat Manto Negro amb diferències entorn als 0,5 punts entre l'inici del període recopilat i els valors més actuals, mentre que la varietat Callet els resultats mostren major fluctuació entre els anys encara que es pot apreciar una lleugera tendència positiva (Figura 7A). A les varietats blanques la varietat que mostra una tendència més marcada és la varietat Moll amb diferències entorn als 0,5 punts entre l'inici del període recopilat i els valors més actuals, mentre que la varietat Giró Ros els resultats mostren una tendència menor amb diferències d'entorn a 0,2 punts entre l'inici del període recopilat i els valors més actuals (Figura 7B).



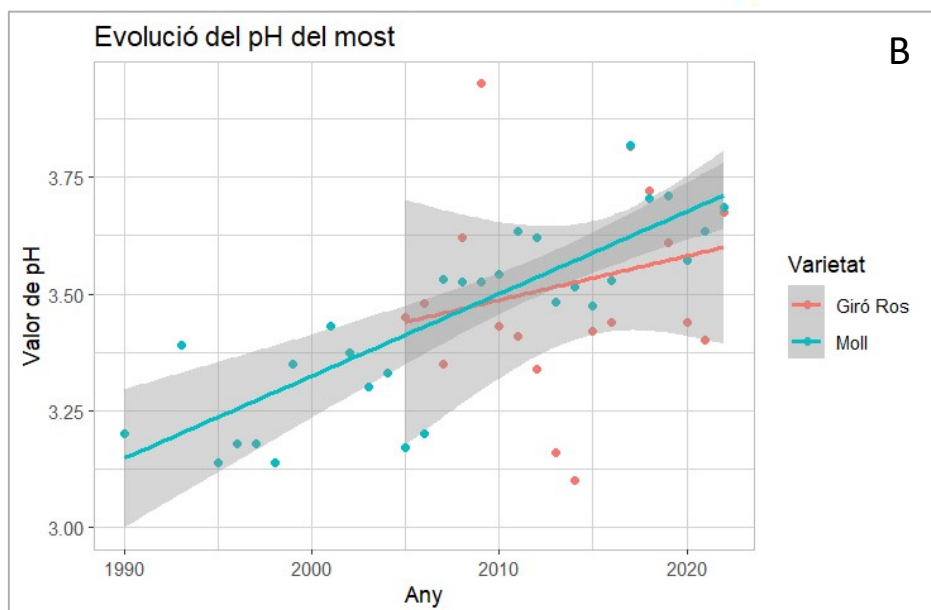


Figura 7. Evolució del pH del most per varietats negres (A) i blanques (B) durant les darreres dècades

L'increment de pH, com és esperable, es va correspondre amb la disminució de l'acidesa total, encara que en aquest cas sí s'evidenciaren diferències varietals, sent les varietats Manto Negro (negre) i Moll (blanca) les que més acusaren aquest descens en l'acidesa (Figura 8 A i B respectivament). En els valors d'acidesa per cada varietat estudiada dels darrers 10 anys (Annex: Taula 1) corroboren els baixos valors de les varietats Manto Negro i Moll, ja que cap dels anys entre el 2012 i el 2022 l'acidesa mitjana d'aquestes varietats superà els 4,5 g/L d'acidesa recomanats per els plecs de condicions de les dues DO presents a Mallorca (Plec de condicions DO Binissalem; DO Pla i Llevant). En el cas de les varietats Manto Negro i Callet els valors d'acidesa d'ambdues varietats foren decaient amb mitjanes d'entre 4 i 4,5 g/L a Callet i per davall de 4 g/L a Manto Negro a inicis de la dècada dels 20. En el cas de la varietat Moll els resultats mostren la tendència més marcada de totes les varietats amb mitjanes properes a 6 g/L a finals de la dècada dels 90 i mitjanes entre els 3 i 4 g/L durant tota la dècada dels 10 i inicis de la dècada dels 20. En el cas de la varietat Giró Ros es disposen de molt manco dades i els resultats mostren una tendència estacionària, sent la varietat que millor manté l'acidesa. No obstant, tal com es detalla més endavant, és la que més ha acusat l'increment de grau probable el que demostra que també es veu afectada per el CC i per el desequilibri entre l'acumulació de sucres i manteniment de l'acidesa.

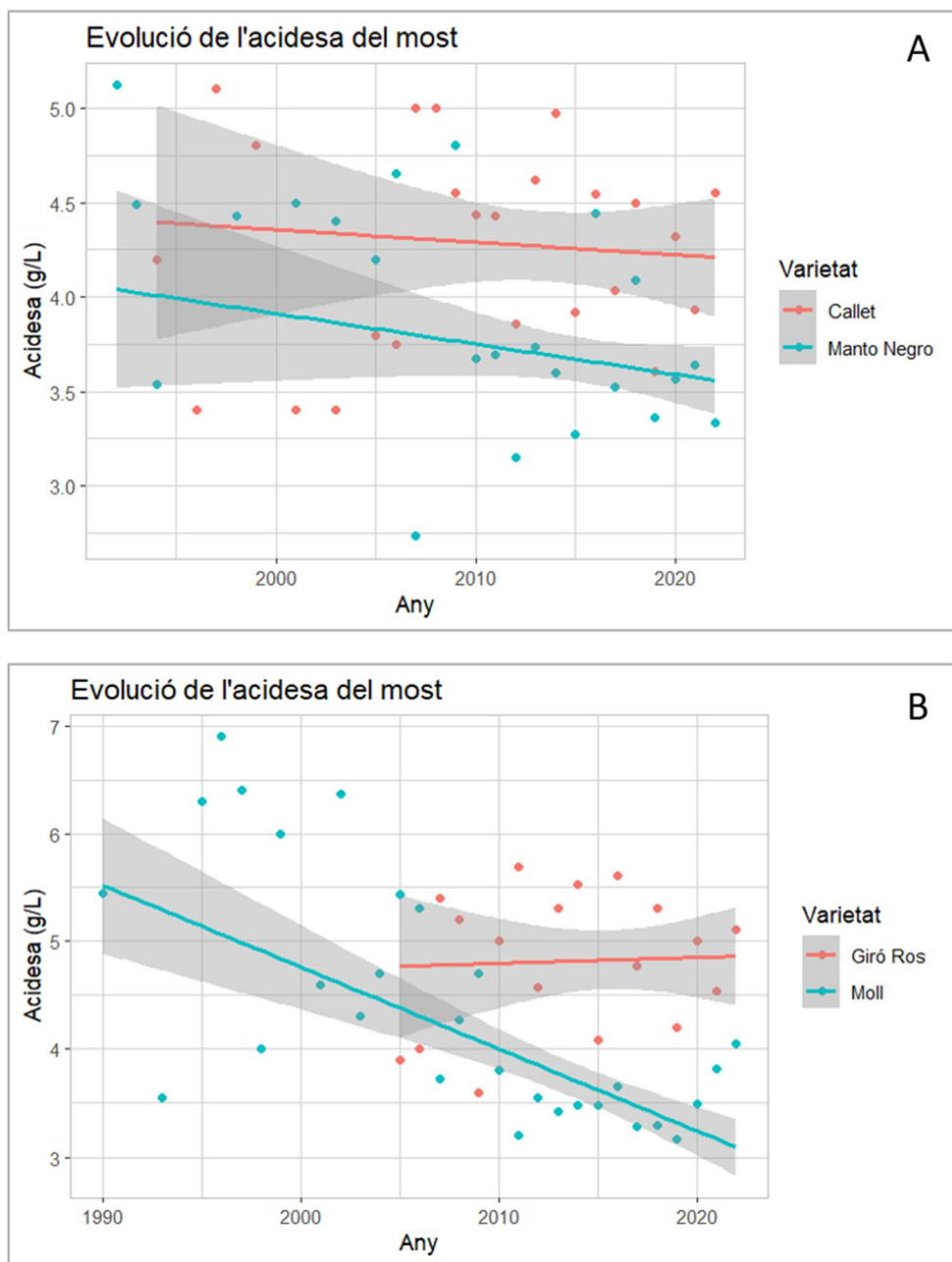


Figura 8. Evolució de l'acidesa (g/L) del most per varietats Manto negro i Callet (A) i Moll i Giró ros (B) durant les darreres dècades

Estudiades conjuntament els resultats d'acidesa del most evidencien que malgrat els efectes varietals ja discutits la tendència és clara tant a varietats negres com blanques (Taula 1 i Figura 9). La taula 1 mostra els valors d'acidesa mínima, mitjana i màxima de tots els anys dels que es disposaven dades per varietats negres i blanques. En ambdós casos l'acidesa mínima és el

paràmetre amb la major disminució entre els valors més antics i els valors més recents, a partir del 2010 quasi tots els valors d'acidesa mínima estan per davall dels 3 g/L, destacant els 1,7 g/L de les varietats negres l'any 2022 essent el valor més baix d'acidesa que s'hagi recopilat. En el cas de l'acidesa mitjana es pot apreciar un descens amb els anys ja que en ambdós casos els màxims es trobaren entre la dècada dels 90 i inicis dels 2000 i a partir de 2010 cap valor d'acidesa mitjana supera els 4,5 g/L recomanats, exceptuant el cas de les varietats blanques l'any 2022 amb $4,56 \pm 0,72$ g/L. En els valors de l'acidesa màxima per les varietats negres no es mostra una reducció significativa entre la dècada dels 90 i inicis dels 20, mentre que a les varietats blanques si es mostra un descens en l'acidesa màxima, amb el màxim el 1996 amb 6,9 g/L d'acidesa màxima i en els darrers anys la majoria de valors es troba entre els 5 i els 6 g/L.

Taula 1. Valors d'acidesa mínima, mitjana amb error i màxima de varietats negres i blanques de tots els anys consultats

Varietats Negres			
Any	Acidesa mínima	Acidesa mitjana	Acidesa màxima
1992	5,12	$5,12 \pm 0$	5,12
1993	4,49	$4,49 \pm 0$	4,49
1994	3,54	$3,87 \pm 0,33$	4,2
1996	3,4	$3,4 \pm 0$	3,4
1997	5,1	$5,1 \pm 0$	5,1
1998	4,43	$4,43 \pm 0$	4,43
1999	4,8	$4,8 \pm 0$	4,8
2001	3,4	$3,95 \pm 0,55$	4,5
2003	3,4	$3,9 \pm 0,5$	4,4
2005	3,8	$4 \pm 0,2$	4,2
2006	3,75	$4,2 \pm 0,45$	4,65
2007	2,52	$3,38 \pm 0,43$	5,1
2009	4,5	$4,63 \pm 0,09$	4,8
2010	2,91	$3,88 \pm 0,29$	5,6
2011	2,6	$3,96 \pm 0,19$	5
2012	2,52	$3,45 \pm 0,17$	4,3
2013	3,06	$4,06 \pm 0,34$	6,3
2014	2,68	$4,06 \pm 0,21$	5,5
2015	2,45	$3,57 \pm 0,25$	5,3
2016	3,55	$4,48 \pm 0,18$	5,6
2017	2,52	$3,68 \pm 0,2$	5,1
2018	2,6	$4,17 \pm 0,17$	5,2
2019	2,8	$3,47 \pm 0,12$	4,8
2020	2,67	$3,54 \pm 0,1$	5
2021	2,45	$3,8 \pm 0,16$	5,05
2022	1,7	$3,58 \pm 0,31$	4,6

Varietats blanques			
Any	Acidesa mínima	Acidesa mitjana	Acidesa màxima
1990	5,44	5,44 ± 0	5,44
1993	3,55	3,55 ± 0	3,55
1995	6,3	6,3 ± 0	6,3
1996	6,9	6,9 ± 0	6,9
1997	6,4	6,4 ± 0	6,4
1998	4	4 ± 0	4
1999	6	6 ± 0	6
2001	4,6	4,6 ± 0	4,6
2002	6,05	6,38 ± 0,33	6,7
2003	4,3	4,3 ± 0	4,3
2004	4,7	4,7 ± 0	4,7
2005	3,9	4,92 ± 0,52	5,6
2006	4	4,87 ± 0,49	5,7
2007	2,6	4 ± 0,59	5,6
2008	4,2	4,58 ± 0,31	5,2
2009	3,6	4,33 ± 0,37	4,8
2010	2,6	4,01 ± 0,53	5,6
2011	2,4	3,59 ± 0,32	6,12
2012	2,14	3,72 ± 0,35	6,3
2013	2,45	3,58 ± 0,36	6,1
2014	1,9	3,79 ± 0,36	5,8
2015	2,7	3,58 ± 0,24	5,4
2016	2,3	3,95 ± 0,26	5,96
2017	2,3	3,66 ± 0,31	5,6
2018	2,29	3,83 ± 0,37	5,6
2019	2,21	3,41 ± 0,25	5,9
2020	2,45	3,81 ± 0,21	6,1
2021	2,98	3,96 ± 0,16	5,3
2022	2,5	4,56 ± 0,72	5,6

La figura 9 mostra la comparació de l'evolució de l'acidesa mitja del most per varietats negres i blanques evidenciant la tendència vista a la taula 1 i a les gràfiques de les varietats individuals. Aquesta evolució en els resultats d'acidesa del most es pot explicar per les altes temperatures durant el procés de maduració del raïm que provoquen una major degradació de l'àcid màlic i el descens de l'acidesa dels most (Rienth et al., 2016).

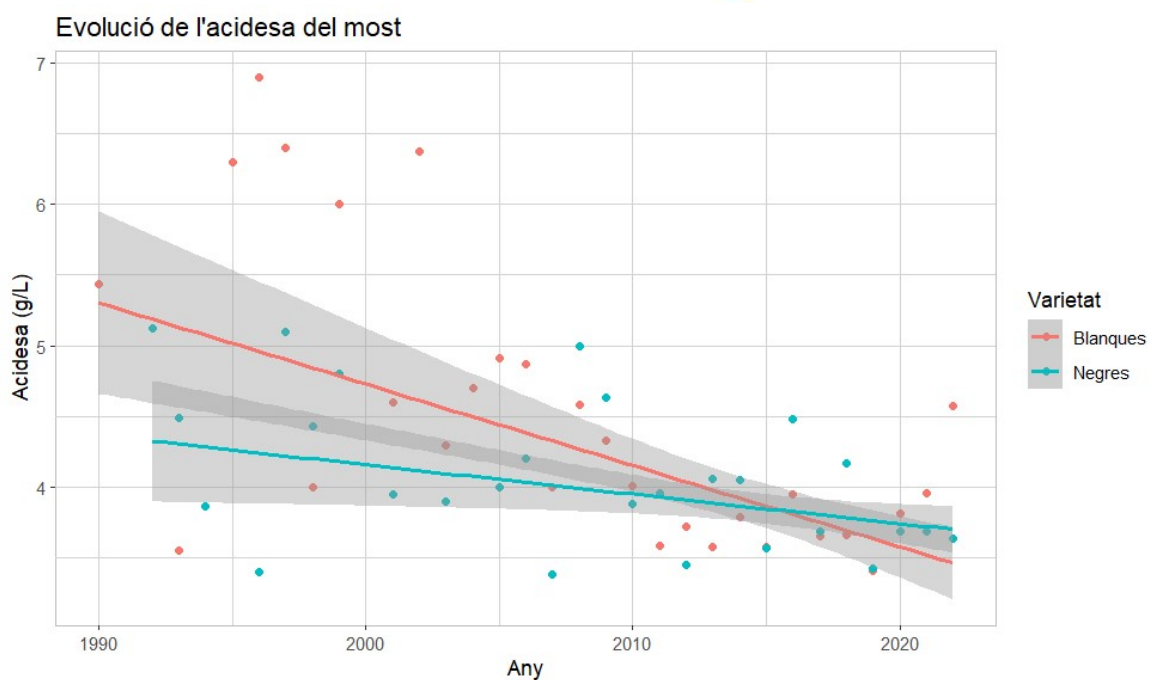
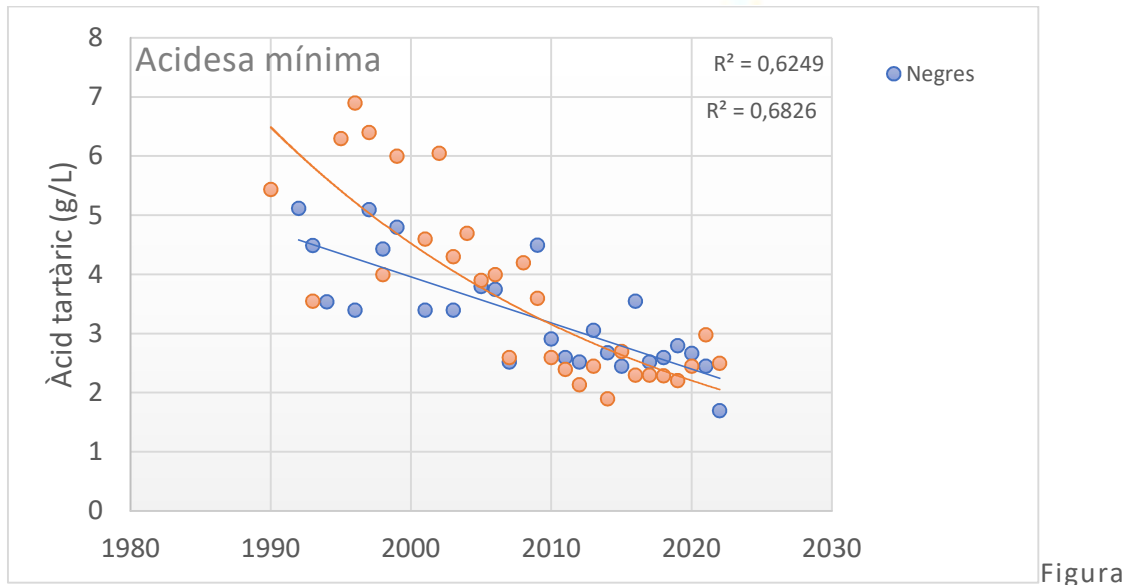


Figura 9. Evolució de l'acidesa (g/L) del most per varietats negres (A) i blanques (B) durant les darreres dècades

A partir del 2000 tant a varietats blanques com negres les diferències entre els valors màxims d'acidesa i els mínims s'han anat accentuant. Això es deu tal com es mostra a la figura 10 a un descens en els valors de l'acidesa mínima que entra en bodega. Això es deu a que l'acidesa mínima ha anat disminuint al llarg dels anys (Figura 10) el que evidencia que cada cop entren en bodega mosts amb valor molt baixos d'acidesa.



10. Evolució de l'acidesa mínima en entrada en bodega dels mosts de varietats negres i blanques al llarg de les darreres tres dècades

Els valors de grau probable de most de cada varietat per separat mostraren un efecte varietal, sent la varietat Giró Ros la tendència la alça més marcada de totes les varietats amb mitjanes per davall els 12 °Bé a mitjans de la dècada dels 2000 i mitjanes per sobre els 15 °Bé a inicis de la dècada dels 20. A la figura 11 es pot veure l'increment del grau probable dels mosts de varietats tant negres com blanques. Els resultats concorden amb les conclusions de Brandt et al. (2019) en que l'augment de la insolació i les temperatures sobre el raïm provoquen un desequilibri entre la glucosa i la fructosa acumulades en les baies traduint-se en un major contingut de sucres en el most i que dona lloc a vins amb major grau alcohòlic.

El descens de l'acidesa i l'augment de sucres en el most provoca que el pH dels most sigui més bàsic a l'entrada dins bodega i aquest augment pot provocar que no sigui el medi adient per als microorganismes durant la fermentació alcohòlica (Muñoz et al., 2002).

Evolució del grau probable del most

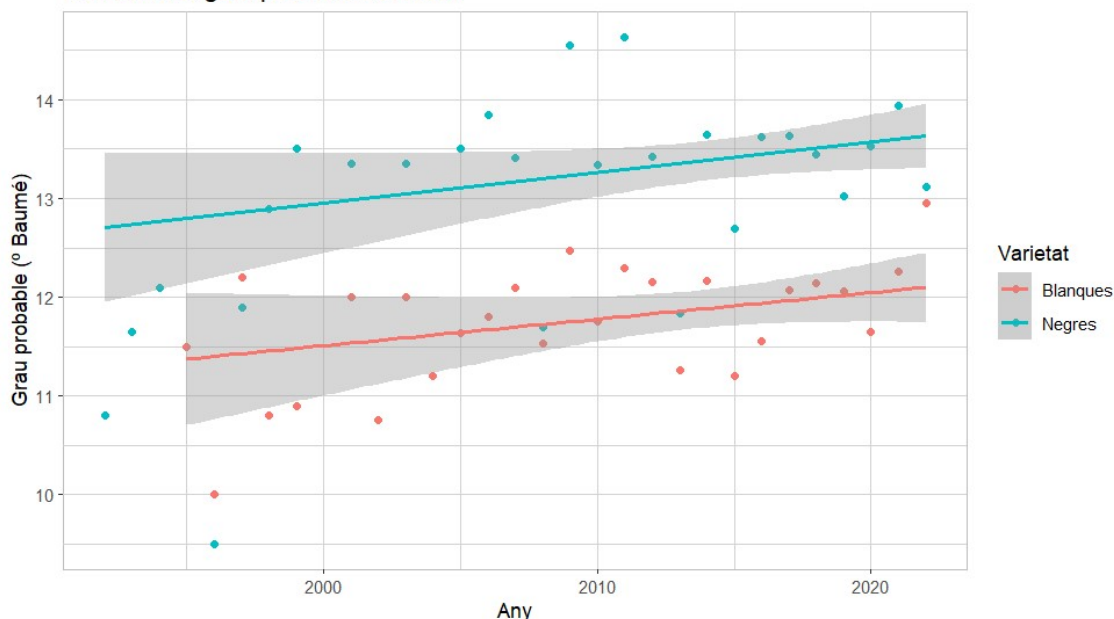


Figura 11. Figura Evolució del grau probable (°Bé) del most per varietat durant les darreres dècades.

Objectiu 3. Relacionar els canvis en els índexs climàtics amb l'evolució dels paràmetres de qualitat en diferents varietats locals cultivades a Mallorca

Les correlacions positives i negatives més altes entre els indicadors climàtics i els tres paràmetres de maduració acidesa total, pH i grau probable van ser analitzades mitjançant una correlació de Pearson (cel·les emmarcades a la Taula 2). A la matriu de correlacions (Taula 2) el mapa de calor ens indica que l'acidesa és el paràmetre més afectat per les modificacions climàtiques. Aquest paràmetre mostra correlacions negatives amb tots els paràmetres climàtics analitzats, essent la correlació més alta amb el nombre de dies per sobre 35 °C durant el període de maduració (N35.2). En canvi, el pH mostra correlacions positives amb tots els paràmetres climàtics analitzats, essent la correlació més alta amb el nombre de dies per sobre 35 °C durant el període de maduració (N35.2). En el cas del grau probable del most també mostra correlacions positives amb tots els paràmetres climàtics analitzats, essent la correlació més alta amb l'índex de Huglin (H).

Taula 2. Mapa de calor de la matriu de correlació entre les dades de les bodegues i índexs climàtics. Acidesa del most (ATT), pH del most (PH), grau probable del most (GP), temperatura mitjana del cicle vegetatiu (Med1), temperatura mitjana

del període de maduració (Med2), temperatura màxima del període de maduració (Max), temperatura mínima del període de maduració (Min), nombre de dies per sobre 35 °C durant el cicle vegetatiu (N35.1), nombre de dies per sobre 35 °C durant el període de maduració (N35.2), índex de Winkler (W) i índex de Huglin (H).

	ATT	PH	GP	Med1	Med2	Max	Min	N35.1	N35.2	W	H
ATT	1,00	-0,64	-0,07	-0,21	-0,33	-0,33	-0,05	-0,37	-0,40	-0,23	-0,34
PH	-0,64	1,00	0,34	0,22	0,33	0,38	0,18	0,38	0,39	0,21	0,29
GP	-0,07	0,34	1,00	0,23	0,19	0,13	0,06	0,20	0,20	0,23	0,30
Med1	-0,21	0,22	0,23	1,00	0,84	0,59	0,37	0,74	0,71	0,98	0,88
Med2	-0,33	0,33	0,19	0,84	1,00	0,80	0,46	0,89	0,90	0,88	0,89
Max	-0,33	0,38	0,13	0,59	0,80	1,00	0,38	0,84	0,84	0,63	0,67
Min	-0,05	0,18	0,06	0,37	0,46	0,38	1,00	0,33	0,33	0,39	0,36
N35.1	-0,37	0,38	0,20	0,74	0,89	0,84	0,33	1,00	0,99	0,75	0,78
N35.2	-0,40	0,39	0,20	0,71	0,90	0,84	0,33	0,99	1,00	0,73	0,79
W	-0,23	0,21	0,23	0,98	0,88	0,63	0,39	0,75	0,73	1,00	0,92
H	-0,34	0,29	0,30	0,88	0,89	0,67	0,36	0,78	0,79	0,92	1,00

Els resultats de l'anàlisi de components principals entre els paràmetres de qualitat de most i els índexs climàtics (Figura 12) mostra que els únics paràmetres que mostren un comportament significatiu son l'acidesa (ATT) i el pH del most (PH) que es troben a extrems oposats tal com es dedueix també de la matriu de correlacions. En els casos dels índexs climàtics, la majoria d'aquests mostren contribucions quasi tan altes com els paràmetres d'acidesa i pH però mostren una direcció quasi perpendicular a favor del pH i el grau probable del most (GP).

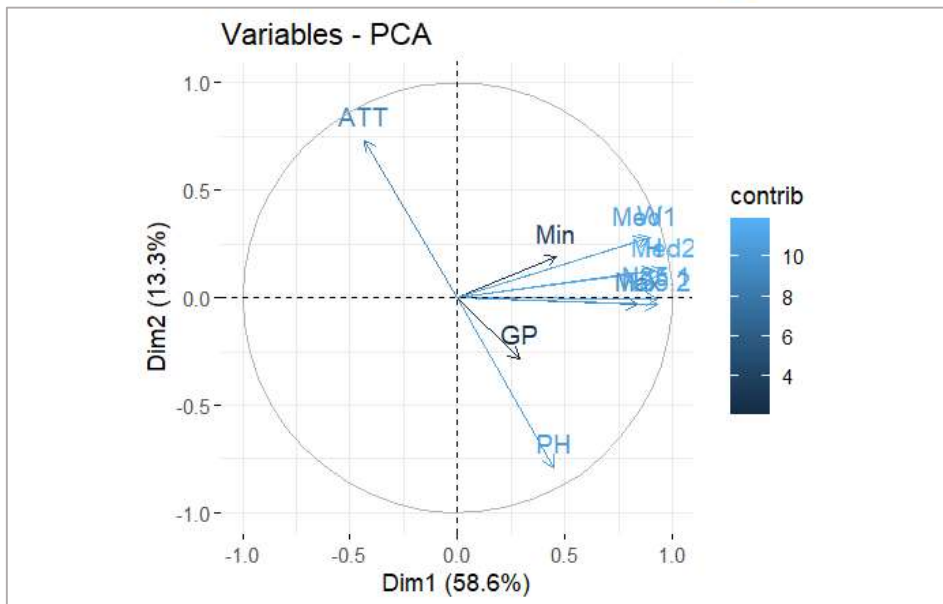


Figura 12. Resultats de anàlisi de components principal de totes les varietats. Acidesa del most (ATT), pH del most (PH), grau probable del most (GP), temperatura mitjana del cycle vegetatiu (Med1), temperatura mitjana del període de maduració (Med2), temperatura màxima del període de maduració (Max), temperatura mínima del període de maduració (Min), nombre de dies per sobre 35 °C durant el cycle vegetatiu (N35.1), nombre de dies per sobre 35 °C durant el període de maduració (N35.2), índex de Winkler (W) i índex de Huglin (H).

La figura 13A mostra la correlació entre l'acidesa del most i el nombre de dies per sobre 35 °C durant el període de maduració on es pot apreciar la relació inversa entre aquests dos paràmetres, a major nombre de dies per sobre 35 °C l'acidesa del most descendeix sensiblement. Aquesta relació entre la reducció de l'acidesa del most i el nombre de dies per sobre els 35 °C es pot deure a les altes taxes de degradació de malat a les baies a causa de les altes temperatures..

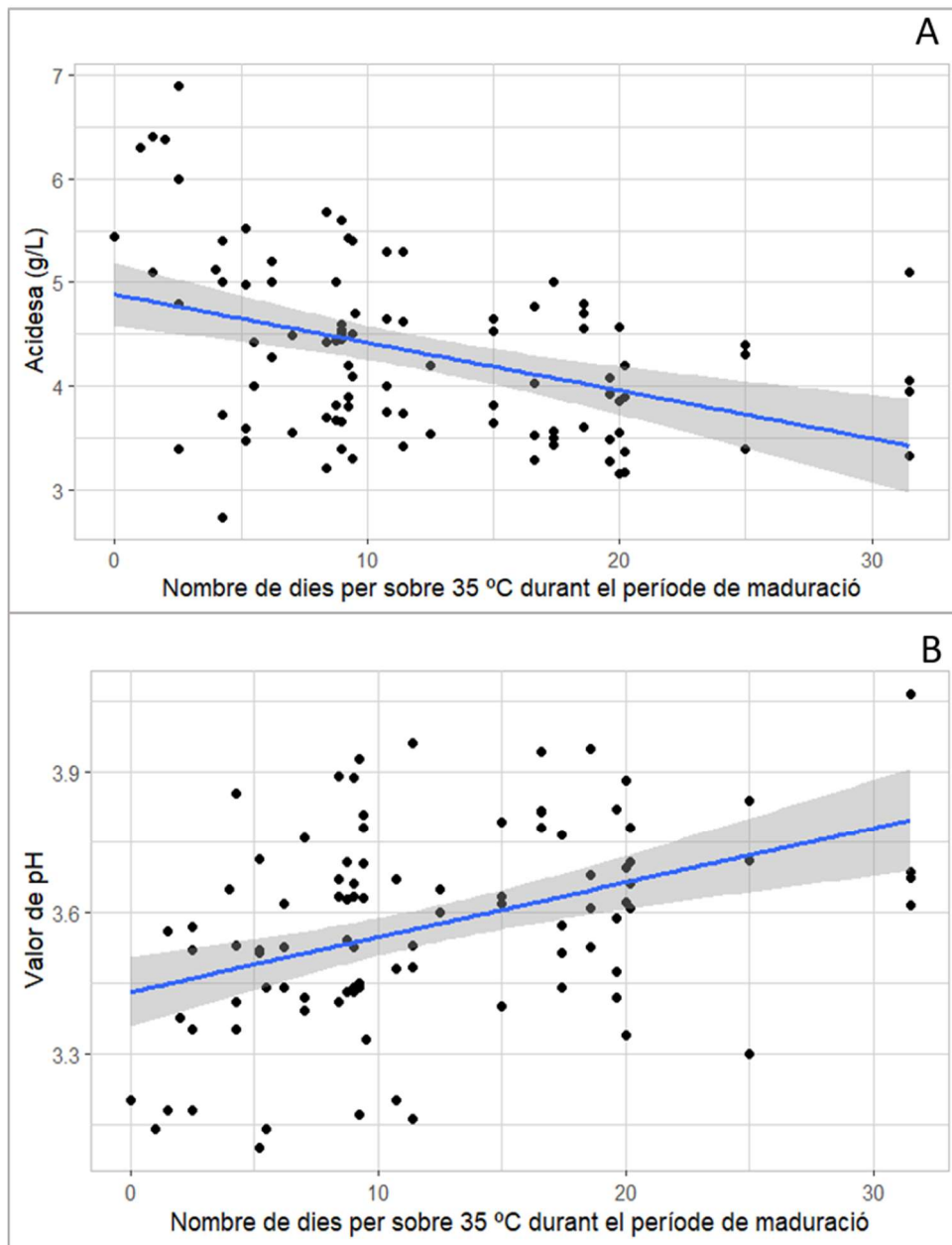


Figura 13. Relació entre el nombre de dies per sobre 35 °C durant el període de maduració i l'acidesa del most (g/L) (A) i el pH (B).

En la regressió entre valors de pH del most i el nombre de dies per sobre 35 °C durant el període de maduració (Figura 13B) es pot apreciar una relació positiva entre aquests dos paràmetres, a major nombre de dies per sobre 35 °C, el valor de pH del most augmenta.

En la regressió entre el grau probable i l'índex de Huglin (Figura 14) es pot apreciar una relació positiva entre aquests dos paràmetres, a major valor de graus dia acumulats en el índex de

Huglin el valor de grau probable del most augmenta. Aquesta relació entre l'acumulació de sucres a la baia i el nombre de graus dia acumulats mitjançant l'índex de Huglin es pot explicar ja que a major acumulació de temperatura les plantes produeixen un major contingut de fotoassimilats i aquests s'acumulen en les baies provocant majors graus probables en els mosts.

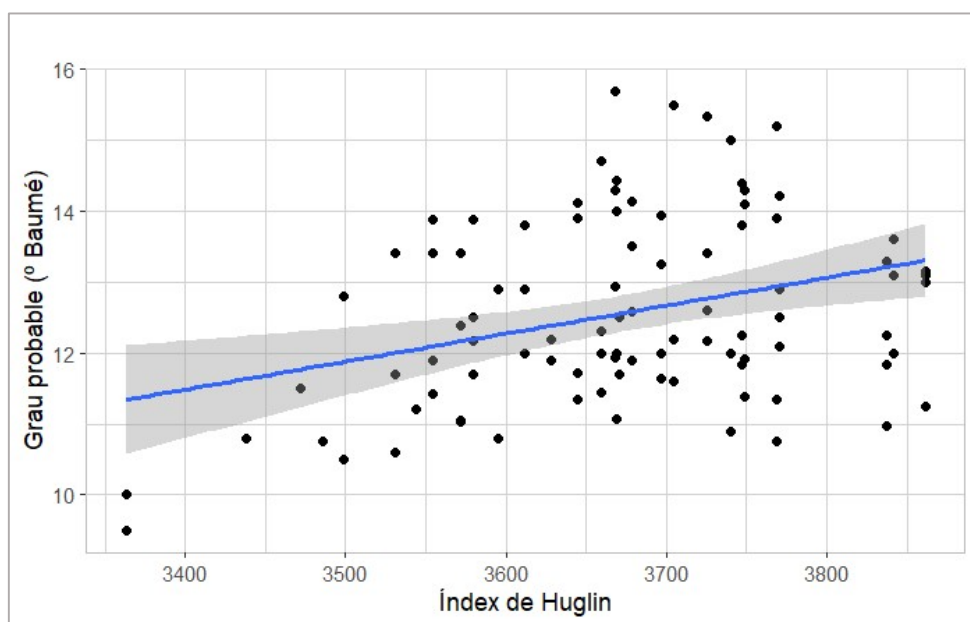


Figura 3. Relació entre l'Índex de Huglin i el grau probable del most (° Baumé).

Objectiu 4. Estudi de diferents opcions d'adaptació i mitigació dels efectes negatius del canvi climàtic en la composició química del fruit

Els resultats de la monitorització de la temperatura i radiació a nivell del raïm als diferents tractaments de maneig de la canòpia i de disponibilitat hídrica es troben representats a les figures 15 i 16 respectivament. Els tractaments de desfullat (EM/D i ES/D) presentaren els valors més alts de temperatura a nivell del raïm durant els mesos de maduració. Destaca el tractament d'estrès moderat amb desfullat+ombreig (EM/D+O) que presentà una reducció de 10-12 °C i un 50% de radiació respecte als tractaments EM/D i ES/D.

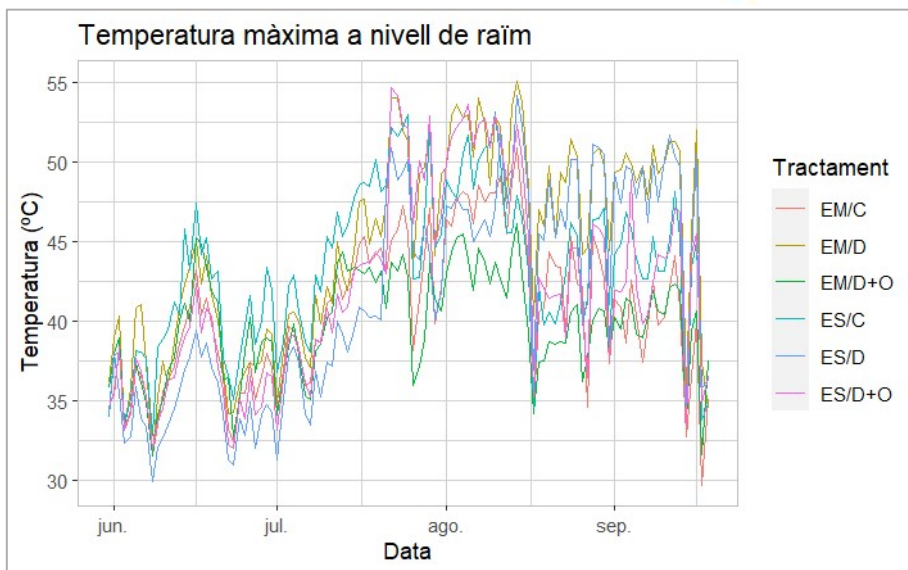


Figura 4. Temperatura màxima a nivell de raïm per tractament de reg i canòpia

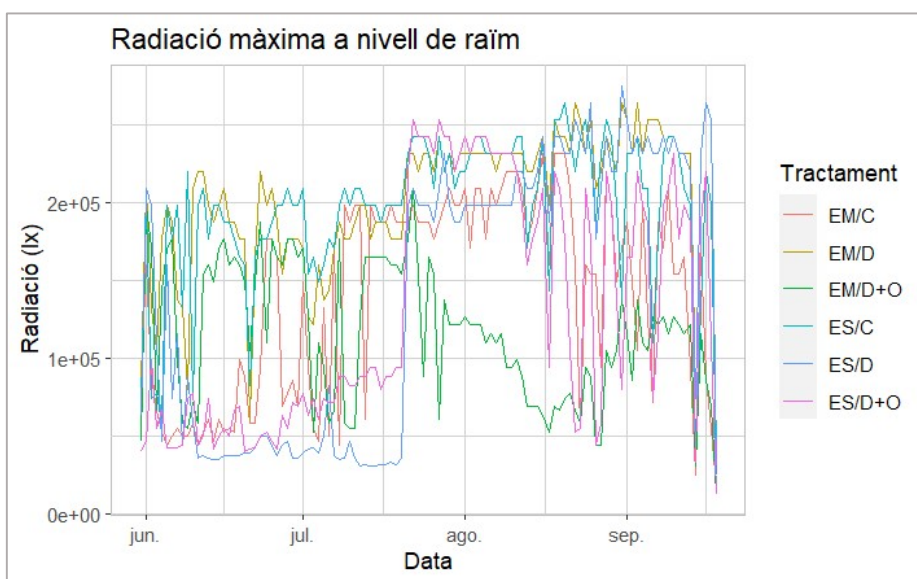


Figura 5. Radiació màxima a nivell de raïm per tractament de reg i canòpia

Durant la campanya els resultats d'estrès hídric de les plantes mostraren diferències significatives entre els tractaments EM/C i EM/D i els tractaments ES/D i ES/D+O (Figura 17), únicament amb l'excepció del tractament EM/D+O que es trobà amb valors entre els dos rangs de potencial hídric establerts.

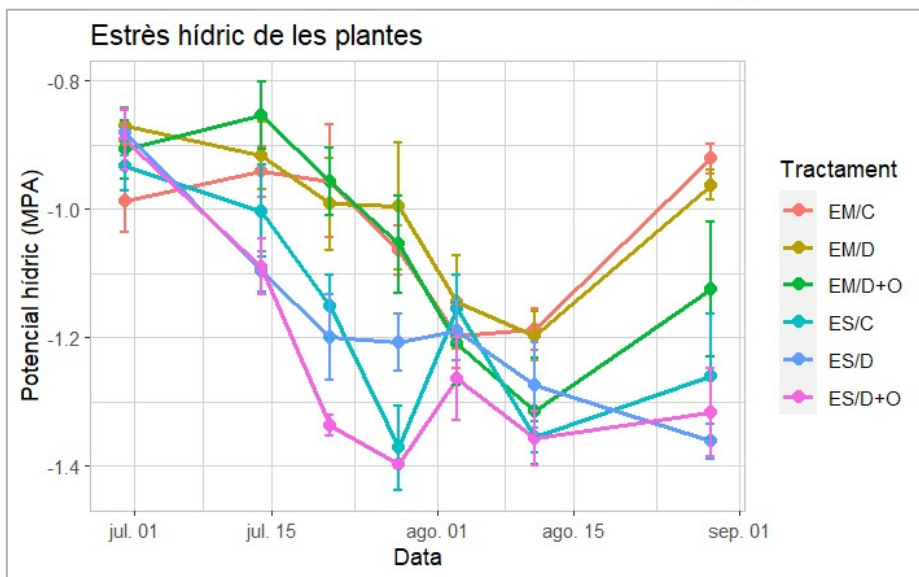


Figura 6. Valors de potencial hídric de tija per tractament de reg i canòpia (n=12)

Els resultats de l'índex de l'àrea foliar (LAI) (Figura 18) mostraren que el tractament EM/C mostrà diferències significatives ($p < 0,05$) respecte als tractaments ES/C i ES/D.

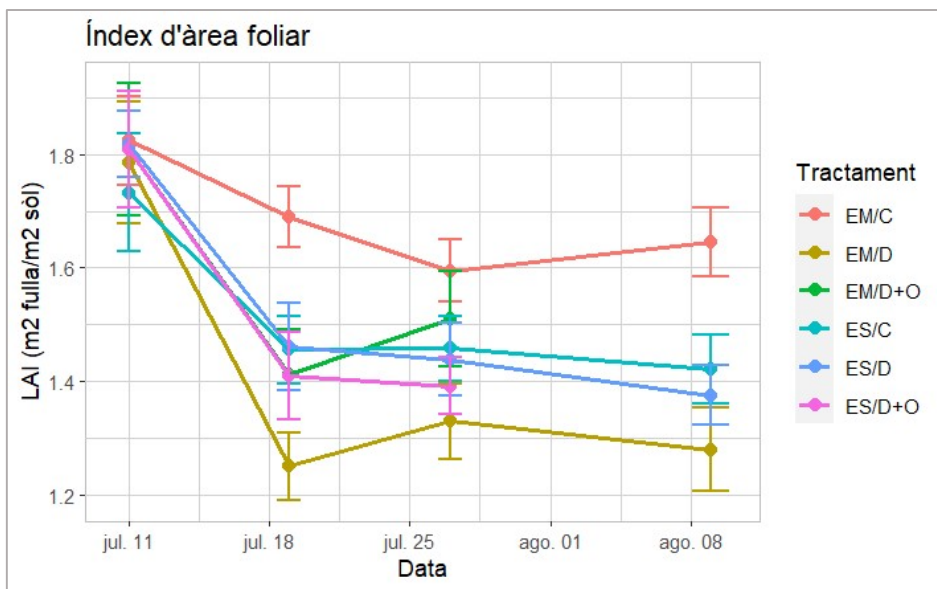


Figura 7. Valors de Índex d'Àrea Foliar per tractament de reg i canòpia (n=12)

Tant el tractament de reg com el tractament de canòpia mostraren significança en els resultats de pes mitjà de baia (Taula 3), en el darrer mostreig de qualitat de la campanya destacaren els tractaments EM/C i EM/D+O que mostraren valors de pes de baia significativament més grans que els tractaments ES/C i ES/D.

Taula 1. Valors del pes de baia (g) per tractament de reg i canòpia dels mostrejos durant les campanyes de producció (n=4).

Tractament	Mostreig 1 (27/6)	Mostreig 2 (11/7)	Mostreig 3 (29/7)	Mostreig 4 (17/8)	Mostreig 5 (30/8)	Mostreig 6 (18/9)
EM/C	0,75 ± 0,04	0,92 ± 0,02	1,74 ± 0,02 a	1,99 ± 0,04	2,03 ± 0,05 a	2,08 ± 0,05 ab
EM/D	0,76 ± 0,02	1 ± 0,03	1,6 ± 0,05 ab	1,97 ± 0,04	1,77 ± 0,05 b	1,98 ± 0,06 ab
EM/D+O	0,76 ± 0,03	0,95 ± 0,02	1,51 ± 0,07 ab	1,92 ± 0,05	2,14 ± 0,03 a	2,15 ± 0,03 a
ES/C	0,82 ± 0,06	0,91 ± 0,03	1,48 ± 0,06 b	1,81 ± 0,12	1,71 ± 0,05 bc	1,69 ± 0,06 cd
ES/D	0,82 ± 0,02	0,99 ± 0,02	1,43 ± 0,05 b	1,8 ± 0,04	1,53 ± 0,03 c	1,6 ± 0,02 d
ES/D+O	0,8 ± 0,025	0,9 ± 0,04	1,4 ± 0,03 b	1,78 ± 0,08	1,84 ± 0,04 b	1,89 ± 0,04 bc
Sig. R	Ns	Ns	***	Ns	***	***
Sig. C	Ns	Ns	*	Ns	***	***
Sig. R + C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

En el cas de la concentració de sòlids solubles totals (Taula 5) el tractament de reg i el tractament de canòpia mostraren significança en els resultats, destacant els tractaments ES/C i ES/D amb valors superiors als altres tractaments. En el cas del pH tant el tractament de reg com el tractament de canòpia no mostraren significança sobre els resultats (Taula 6).

Taula 2. Valors de contingut de sòlids solubles total (°Brix) per tractament de reg i canòpia durant les campanyes de producció (n=4).

Tractament	Mostreig 1 (27/6)	Mostreig 2 (11/7)	Mostreig 3 (29/7)	Mostreig 4 (17/8)	Mostreig 5 (30/8)	Mostreig 6 (18/9)
EM/C	4,5 ± 0,17	5,35 ± 0,06 c	15,88 ± 0,19 abc	23,53 ± 0,16 abc	25,8 ± 0,18 ab	25,48 ± 0,17 bc
EM/D	4,45 ± 0,05	5,48 ± 0,13 bc	15,48 ± 0,13 bc	24,4 ± 0,39 ab	25,65 ± 0,23 ab	25,28 ± 0,36 bc
EM/D+O	4,5 ± 0,1	5,3 ± 0,09 c	14,9 ± 0,37 c	22,43 ± 0,3 c	24,35 ± 0,39 b	24,9 ± 0,17 c
ES/C	4,7 ± 0,1	5,93 ± 0,05 a	17,03 ± 0,19 a	24,75 ± 0,2 a	26,6 ± 0,24 a	26,9 ± 0,17 a
ES/D	4,6 ± 0,08	5,85 ± 0,1 ab	16,33 ± 0,39 ab	24,3 ± 0,34 ab	26,88 ± 0,58 a	27,45 ± 0,53 a
ES/D+O	4,65 ± 0,05	5,95 ± 0,13 a	16,85 ± 0,24 a	22,93 ± 0,49 bc	25,73 ± 0,3 ab	26,23 ± 0,15 ab
Sig. R	Ns	***	***	Ns	***	***
Sig. C	Ns	Ns	Ns	***	**	*
Sig. R + C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Taula 3. Valors de pH per tractament de reg i canòpia durant les campanyes de producció (n=4)

Tractament	Mostreig 1 (27/6)	Mostreig 2 (11/7)	Mostreig 3 (29/7)	Mostreig 4 (17/8)	Mostreig 5 (30/8)	Mostreig 6 (18/9)
EM/C	2,51 ± 0,01	2,61 ± 0,02	3,24 ± 0,02	3,75 ± 0,02	3,96 ± 0,02	4,05 ± 0,03
EM/D	2,5 ± 0,01	2,58 ± 0,01	3,22 ± 0,02	3,77 ± 0,03	3,95 ± 0,02	4 ± 0,03
EM/D+O	2,51 ± 0,01	2,6 ± 0,01	3,19 ± 0,02	3,71 ± 0,03	3,9 ± 0,02	4,02 ± 0,05
ES/C	2,51 ± 0,003	2,6 ± 0,02	3,28 ± 0,01	3,8 ± 0,01	4,01 ± 0,02	4,07 ± 0,06
ES/D	2,5 ± 0,01	2,61 ± 0,01	3,22 ± 0,03	3,74 ± 0,05	3,93 ± 0,06	3,98 ± 0,03

ES/D+O	2,5 ± 0,004	2,59 ± 0,02	3,25 ± 0,01	3,73 ± 0,06	3,93 ± 0,02	4 ± 0,04
Sig. R	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Sig. C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Sig. R + C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Taula 4. Valors d'acidesa (g àcid tartàric/L) per tractament de reg i canòpia durant les campanyes de producció (n=4)

Tractament	Mostreig 1 (27/6)	Mostreig 2 (11/7)	Mostreig 3 (29/7)	Mostreig 4 (17/8)	Mostreig 5 (30/8)	Mostreig 6 (18/9)
EM/C	34,99 ± 0,29	33,75 ± 0,52	6,96 ± 0,16 ab	3,58 ± 0,06	2,6 ± 0,26	2,68 ± 0,19
EM/D	34,59 ± 0,05	33,66 ± 0,52	7,16 ± 0,22 ab	3,54 ± 0,13	2,68 ± 0,06	2,7 ± 0,12
EM/D+O	35,86 ± 0,45	33,56 ± 0,32	7,54 ± 0,24 a	3,66 ± 0,09	2,98 ± 0,23	2,79 ± 0,13
ES/C	35,48 ± 0,43	34,22 ± 0,47	6,58 ± 0,22 b	3,51 ± 0,04	2,67 ± 0,27	2,79 ± 0,13
ES/D	35,25 ± 0,43	33,61 ± 0,27	6,98 ± 0,2 ab	3,49 ± 0,13	2,89 ± 0,1	2,87 ± 0,24
ES/D+O	35,11 ± 0,31	33,52 ± 0,5	6,45 ± 0,12 b	3,49 ± 0,12	2,73 ± 0,08	2,63 ± 0,11
Sig. R	Ns	Ns	**	Ns	Ns	Ns
Sig. C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Sig. R + C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Tot i que en el cas de l'acidesa total (Taula 7) només al 3r mostreig el tractament de reg mostrà diferències significatives i el tractament EM/D+O mostrà els valors més alts, en el cas de la concentració d'àcid tartàric (Taula 8), aquesta es va veure afectada de forma significativa tant per el tractament de reg com per el maneig de canòpia, especialment al final del procés de maduració.

Taula 5. Valors d'àcid tartàric (g/L) per tractament de reg i canòpia durant les campanyes de producció (n=4)

Tractament	Mostreig 1 (27/6)	Mostreig 2 (11/7)	Mostreig 3 (29/7)	Mostreig 4 (17/8)	Mostreig 5 (30/8)	Mostreig 6 (18/9)
EM/C	10,83 ± 0,8	9,41 ± 0,28 ab	4,62 ± 0,03	4,49 ± 0,07 ab	4,5 ± 0,01 c	4,77 ± 0,05 cd
EM/D	10,22 ± 0,34	9,04 ± 0,11 b	4,83 ± 0,1	4,59 ± 0,11 abc	5,01 ± 0,07 b	5,04 ± 0,08 bc
EM/D+O	11,5 ± 0,52	9,13 ± 0,14 b	5,16 ± 0,25	4,33 ± 0,17 a	4,39 ± 0,12 c	4,57 ± 0,11 d
ES/C	9,99 ± 0,48	9,8 ± 0,1 a	4,8 ± 0,12	5,06 ± 0,1 bc	5,1 ± 0,05 a	5,61 ± 0,09 a
ES/D	10,15 ± 0,28	9,33 ± 0,07 ab	5 ± 0,12	4,94 ± 0,15 bc	5,05 ± 0,06 ab	5,44 ± 0,12 a
ES/D+O	10,09 ± 0,54	9,54 ± 0,08 ab	4,76 ± 0,14	4,8 ± 0,09 abc	4,89 ± 0,05 ab	5,3 ± 0,06 ab
Sig. R	Ns	**	Ns	***	***	***
Sig. C	Ns	*	Ns	Ns	***	**
Sig. R + C	Ns	Ns	Ns	Ns	**	Ns

En referència als valors de concentració d'àcid màlic, el tractament de reg mostrà diferències significatives a la major part dels mostrejos (Taula 9), a més el tractament de maneig de la

canòpia també mostrà efecte significatiu al mostreig 5. Tant al tractament d'estrès moderat com al estrès sever, el tractament de canòpia EM/D+O fou capaç de mantenir els nivells de màlic igual o per sobre del tractament control amb la avantatja de menor densitat de fulles per mantenir l'aeració.

Taula 6. Valors d'àcid màlic(g/L) per tractament de reg i canòpia durant les campanyes de producció (n=4)

Tractament	Mostreig 1 (27/6)	Mostreig 2 (11/7)	Mostreig 3 (29/7)	Mostreig 4 (17/8)	Mostreig 5 (30/8)	Mostreig 6 (18/9)
EM/C	20,51 ± 0,09	20,49 ± 0,23	2,94 ± 0,1 a	1,28 ± 0,07 a	1,21 ± 0,03 a	1,26 ± 0,04 ab
EM/D	20,75 ± 0,25	20,83 ± 0,11	2,78 ± 0,17 a	1,29 ± 0,08 a	0,85 ± 0,07 c	1,08 ± 0,11 abc
EM/D+O	20,68 ± 0,31	20,63 ± 0,38	2,96 ± 0,09 a	1,26 ± 0,11 a	1,23 ± 0,12 a	1,29 ± 0,11 a
ES/C	20,98 ± 0,09	20,47 ± 0,2	2,46 ± 0,11 ab	0,98 ± 0,05 ab	0,94 ± 0,05 ab	0,98 ± 0,05 abc
ES/D	21,2 ± 0,49	20,6 ± 0,32	2,38 ± 0,17 ab	0,88 ± 0,07 b	0,66 ± 0,14 bc	0,85 ± 0,13 bc
ES/D+O	20,65 ± 0,27	20,02 ± 0,16	2,08 ± 0,15 b	0,87 ± 0,09 b	0,83 ± 0,05 bc	0,86 ± 0,06 c
Sig. R	Ns	Ns	***	***	***	***
Sig. C	Ns	Ns	Ns	Ns	***	Ns
Sig. R + C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

En el cas de la concentració de ions de potassi del most (Taula 10) el tractament de reg mostrà significança en els resultats, destacant els tractaments EM/C i EM/D+O amb els resultats més baixos d'entre els sis tractaments.

Taula 7. Valors de potassi (mg/L) per tractament de reg i canòpia durant les campanyes de producció (n=4)

Tractament	Mostreig 1 (27/6)	Mostreig 2 (11/7)	Mostreig 3 (29/7)	Mostreig 4 (17/8)	Mostreig 5 (30/8)	Mostreig 6 (18/9)
EM/C	1396 ± 43	1580 ± 76	1527 ± 7	2137 ± 43	2214 ± 49 ab	2596 ± 72
EM/D	1345 ± 46	1506 ± 57	1539 ± 28	2319 ± 45	2309 ± 65 ab	2710 ± 79
EM/D+O	1424 ± 86	1536 ± 22	1510 ± 41	2059 ± 59	2077 ± 76 b	2599 ± 105
ES/C	1404 ± 44	1579 ± 73	1629 ± 42	2337 ± 60	2491 ± 72 a	2981 ± 54
ES/D	1290 ± 62	1549 ± 59	1546 ± 27	2278 ± 71	2379 ± 129 ab	3024 ± 149
ES/D+O	1293 ± 40	1523 ± 82	1429 ± 40	2286 ± 101	2327 ± 34 ab	2830 ± 150
Sig. R	Ns	Ns	Ns	*	**	**
Sig. C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Sig. R + C	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

En el cas del rendiment per planta (Figura 19) el tractament EM/D+O mostrà resultats superiors i diferències significatives respecte als tractaments EM/D, ES/C, ES/D i ES/D+O, mostrant que

tant el tractament de reg, el tractament de canòpia i la seva interacció afecten a la producció per planta.

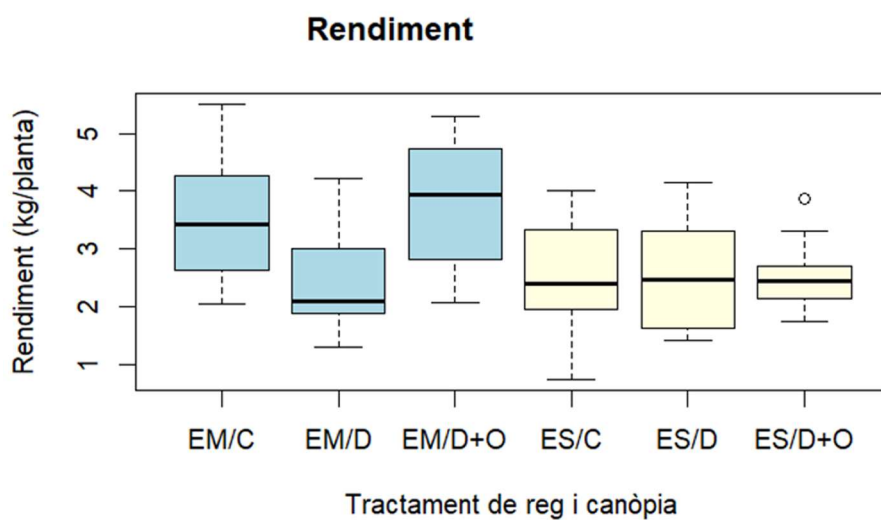


Figura 8. Resultats de rendiment per planta per tractament de reg i canòpia (kg/planta) (n=12)

En el cas del pes mitjà de raïm (Figura 20) tant el tractament de reg com el tractament de canòpia i la seva interacció mostraren significança entre tractaments on destaca el tractament EM/D+O amb resultats superiors als altres tractaments.

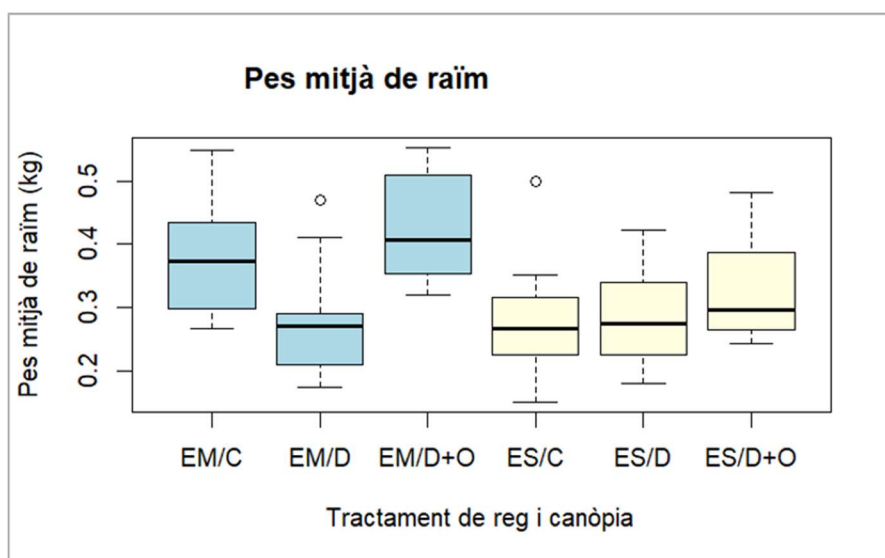


Figura 9. Resultats de pes mitjà de raïm per tractament de reg i canòpia (kg) (n=12)

En l'experiment tant el tractament de reg com el tractament de maneig de canòpia han demostrat que tenen un efecte significatiu en els processos de maduració del raïm. El tractament d'estrès moderat amb el desfullat i ombreig dels raïms ha demostrat tenir un efecte significatiu en la reducció de temperatura i radiació directa sobre els raïms durant els mesos de campanya. Els tractaments aplicats a les plantes també mostraren tenir un efecte sobre el pes de les baies i la seva composició, a major exposició a les altes temperatures i radiació menor pes de baies, major concentració de sucres i àcid tartàric, i major degradació d'àcid màlic. A més tant el tractament de reg com el tractament de canòpia mostraren un efecte significatiu sobre el rendiment per planta i el pes mitjà de raïm, amb els tractaments amb menor estrès hídric i exposició a les altes temperatures i radiació amb els resultats més alts.

La tècnica de del ombreig despenjant els sarments per sobre els raïms ha demostrat ser una tècnica eficaç a l'hora de reduir tant la radiació com la temperatura a nivell de raïm, principalment si es combina amb estratègies de reg deficitari moderat. En altres estudis com el de Reshef et al. (2018) s'aconseguí reduir un 30% de la radiació interceptada per sobre els raïms i una reducció de fins a 5 °C amb cobertures del 60% del raïm, i en el cas de Martínez-Lüscher et al. (2020) s'aconseguí una reducció de 4°C i el 40 % de la radiació respecte als raïms exposats.

Tant l'estratègia de reg deficitari moderat com el desfullat amb ombreig han mostrat la seva eficàcia a l'hora de reduir el contingut de sucres en les baies, principalment la seva combinació ha mostrat els millors resultats. Les diferències en els continguts de sucres entre els tractaments es poden deure a l'efecte concentració de les baies (Gurovich, 2004), aquest es podria veure agreujat tant per l'estrès hídric de les plantes com els nivells de temperatura i radiació sobre el raïm que provocarien una pèrdua d'aigua per la pròpia pell de les baies. En el cas de l'acidesa les diferents tècniques aplicades a les plantes no han mostrat un efecte significatiu a l'hora de mitigar els efectes de la temperatura i radiació sobre l'acidesa i el pH del most. Això es pot explicar ja que entre tractaments hi hagut un desajust en les concentracions d'àcid tartàric i àcid màlic, en els tractaments amb majors reduccions d'àcid màlic la concentració d'àcid tartàric ha estat superior. Aquests desajusts de les concentracions es poden deure a un efecte diluïó-concentració i al fet que l'àcid màlic és més dependent de les variacions de les condicions ambientals que l'àcid tartàric. Per tant la degradació de l'àcid màlic es veu afectada per les altes

temperatures i radiacions (Kizildeniz et al., 2015) com l'estrès hídric de les plantes (Vicente, 2015).

Els efectes del estrès hídric aplicat a les plantes com les tècniques de maneig per a modificar el microclima da nivell de raïm també mostrat significança en els resultats de rendiment de planta i pes mitjà de raïm, on els dos paràmetres s'han vist beneficiat tant per l'estrès hídric moderat com per la tècnica de desullat amb ombreig. Això concorda amb els estudis de Gambetta et al. (2020) i Martínez-Lüscher et al. (2020), en el cas del primer s'estudià l'efecte de l'estrès hídric a les plantes i en el segon l'efecte de la cobertura del raïm durant l'època de maduració. Per separat els efectes de l'estrès hídric moderat i la cobertura del raïm mostraren efectes positius, en el cas d'aquest experiment s'ha vist que conjuntament mostren millors resultats.

Conclusions

1. L'anàlisi dels índexs climàtics demostra que les zones de producció vitivinícola a Mallorca estan exposades a temperatures cada any més elevades, principalment durant els mesos de juny a agost, època de l'any en que es dona la maduració del raïm. A més, es suma a les temperatures, els descens de la pluviometria durant aquest període, moment en que les plantes presenten els majors requeriments hídrics, el que posa en risc la producció i qualitat del raïm.
2. L'estudi de l'evolució de la qualitat del raïm en un període de més de 30 anys demostra la baixada de la qualitat del most al llarg dels anys. Es corrobora un augment del grau probable, l'augment del pH, disminució de l'acidesa (especialment la mínima), destacant els baixos valors d'acidesa de les varietats Manto Negro i Moll.
3. L'anàlisi dels efectes dels canvis climàtics sobre la qualitat del most demostra que la disminució d'aquesta està relacionada amb aquests canvis. L'acidesa és el paràmetre que es veu més afectat. Tot i que algunes varietats es veuen més afectades que d'altres, l'acidesa mostra correlacions negatives amb tots els paràmetres climàtics analitzats sent la més forta amb el nombre de dies per sobre de 35°C.
4. L'estudi sobre les tècniques de maneig ha corroborat els efectes negatius de la T^a i excés de radiació sobre la qualitat del raïm. Per mitigar aquests efectes, la combinació d'estrès hídric moderat amb desfullat+ombrejat dels raïms ha mostrat els millors resultats en pes i volum de baia, contingut de sòlids solubles totals i concentració d'àcid màlic. A més, aquesta combinació va demostrar un rendiment per planta i un pes mitjà de raïm més elevats.

6. Difusió del projecte:

Tal com establia la convocatòria es va publicar al seu moment informació sobre el projecte i el seu objectiu a la pàgina web del l'INAGEA, institut al que pertanyen les investigadores.

Els resultats del projecte presentats en aquesta memòria es troben també a la web de l'INAGEA:

<https://inagea.uib.es/2023/04/04/proyecto-bia11-21-impacto-del-cambio-climatico-en-la-composicion-quimica-de-la-uva-en-mallorca-acumulacion-de-azucars-y-acidez/>

Els resultats de l'evolució de la maduració del raïm durant les darreres dècades i l'impacte sobre els paràmetres de qualitat es posaran a disposició de les DOs i de la IGP per adjuntar com estudi justificatiu per modificar l'acidesa del plec de condicions de la DOP/IGP.

Els resultats derivats de la tasca 4 del projecte es presentaren al congrés "II International Congress on Grapevine and Wine Sciences" que es celebrà a Logronyo els dies 8-10 de novembre de 2023 (s'adjunta comunicació). Així mateix, s'està preparant una publicació que es pretén enviar en breu a la revista OenoOne (Q1): Puigserver, J.; Bota, J.; Padilla, B.; Hernández-Montes, E. "Combined use of leaf removal and natural shading to delay grape ripening in Manto negro (*Vitis vinifera* L.) under deficit irrigation"

7. Anàlisi de sostenibilitat econòmica i mediambiental dels resultats:

Tant a Espanya com a les Illes Balears el sector vitivinícola és un dels principals en el sector primari. Des d'un punt de vista econòmic, el sector vitivinícola és crucial per a l'economia local representant, en el cas de Balears, el 23,8 % del valor total de la producció agrària, únicament superat per el sector hortícola amb el 23,9% (IRFAP, 2022). Les Illes Balears es troben a la capdavantera en les estadístiques sobre consum i despesa en vi per habitant (EAE Business School, 2019), la qual cosa és un indicador de la importància que té el consum.

L'adaptació al canvi climàtic, com s'ha destacat, és fonamental per mantenir la competitivitat i el valor del vi produït a la regió. En aquest sentit, els resultats d'aquest projecte contribuiran a fer possible aquesta adaptació. La incorporació de modificacions en els plecs de condicions dels consells reguladors que permetin l'adaptació a la realitat actual, no només garanteix mantenir la qualitat del producte, sinó que també poden augmentar el seu valor afegit podent potenciar les varietats locals que presenten baixa acidesa, cosa que reforça la posició econòmica del sector.

Per altra banda, els productors s'enfronten a una situació on han de prendre decisions estratègiques bàsiques com on plantar, quines varietats utilitzar, quin maneig seguir, que afecten directament a la productivitat i costos de producció. Aquestes decisions s'han de prendre en base a coneixements adaptats a cada realitat. Els resultats d'estratègies de maneig proposades en aquest projecte, són coneixements que poden ajudar a mantenir, a curt termini, una activitat productiva evitant la pèrdua de qualitat.

Des de la perspectiva ambiental, la recerca i la implementació d'aquestes pràctiques sostenibles, són crucials per mitigar aquests impactes i preservar els recursos naturals, com l'aigua, que són fonamentals per a la producció vitivinícola.

Des d'un punt de vista social, el projecte té el potencial de generar ocupació i millorar la qualitat de vida de la comunitat local. L'augment de la demanda de coneixements especialitzats i la implementació de noves tecnologies poden crear oportunitats d'ocupació en el sector, especialment per a professionals tècnics especialitzats. A més, en fomentar el consum de productes locals i la valoració de les varietats regionals, el projecte pot reforçar la identitat cultural i promoure un major interès en el sector primari a les Balears.

En resum, aquest projecte contribuirà a la transformació (ja iniciada) d'una activitat agrària de gran importància per a la societat balear com és la vitivinicultura. Els resultats permeten, no només avançar en el coneixement de com adaptar aquest cultiu al canvi global, sinó que realment aporten a curt i mitjà termini solucions al repte d'obtenir vins de qualitat amb varietats tradicionals, fomentant, d'aquesta manera, la sostenibilitat econòmica i mediambiental del sector i dels sectors col·laterals (turisme enològic, hostaleria, restauració, etc.).

8. Costos i beneficis:

En l'estudi de cost/benefici dels resultats d'un projecte d'aquesta naturalesa fonamentalment de recerca, els beneficis no responen necessàriament a termes purament econòmics quantificables ja que els efectes socials no sempre es presenten de manera monetària o són difícilment quantificables. Per tant, per aquest tipus de projectes s'han d'entendre tots els efectes positius com a beneficis.

Costos:

A la part de costos considerarem les despeses totals del projecte.

Concepte	Despesa
Personal: Contractació d'un tècnic	14.900 €
Material fungible i reactius (inclou material i reactius de camp i laboratori i impressió de material de difusió)	1.300 €
Inscripció i participació a seminaris i congressos incloent desplaçaments i dietes dels mateixos així com desplaçaments dins l'illa per mostrejos i visites	800 €
TOTAL	17.000 €

Beneficis: efectes positius

- Com es veu a la relació de despeses (inversió) un 91% del projecte s'ha invertit en la contractació d'una professional tècnica especialitzada, contribuint a la creació de llocs de treball directes (14.900,04 €).
- El projecte contribuirà a la modificació dels plecs de condicions de DOs i IGP, un benefici directe amb un clar impacte econòmic com és el manteniment o increment de valor del vi degut a una major qualitat i una major diferenciació. Per quantificar aquest benefici ens basarem en la diferència de costos entre la situació base en què no es duu a terme al projecte i la situació amb projecte plantejada. Entenent que les modificacions que es duguin a terme suposessin un increment únicament d'un 0.1% el valor econòmic dels vins de qualitat de Balears en base al valor de 2022 (41.283.924€; Illes Balears Qualitat) això suposaria un benefici de 41.284 €. La Comissió Europea proposa una taxa de descompte social del 3%. Per tant el benefici actual seria 1.238,5€
- Amb l'anàlisi de l'evolució dels índexs climàtics a Mallorca es millora el coneixement de problemàtica ambiental referent al canvi climàtic, aquest coneixement no només pot ser utilitzat per part dels viticultors, tant altres agricultors com qualsevol persona pot utilitzar aquest coneixement per a adaptar-se a les noves situacions i preveure possibles perjudicis originats a causa de l'escalfament global.
- La realització de l'experiment per a determinar una estratègia per mitigar els efectes del canvi climàtic sobre la qualitat del raïm a camp ha suposat un avanç en el coneixement dels efectes del canvi climàtic sobre la qualitat del raïm. A més, ha contribuït amb un benefici potencial cap als viticultors i bodeguers amb la identificació d'una tècnica de maneig de cultiu que permet la reducció de les dosis d'àcid tartàric necessàries per a la correcció en bodega.
- A més, amb aquestes noves tècniques de maneig, es contribueix a millorar tant l'eficiència en l'aplicació d'aigua de reg com en l'ús de productes fitosanitaris que suposa una reducció de costos de l'explotació a més del benefici mediambiental (ja esmentat a l'apartat anterior) amb la disminució de l'explotació de recursos hídrics i de la contaminació per productes fitosanitaris.
- El conjunt de resultats ajuda a millorar i a fomentar la imatge dels vins elaborats amb varietats locals traduint-se en un benefici per als productors. Una conseqüència d'aquest foment per les varietats locals pot suposar la introducció de més varietats autòctones dins

els plecs de condicions de les DOs i les IGP per aportar diversitat a la producció vitícola i poder donar un valor afegit donat el caràcter i tipicitat que aporten als vins.

Tot i no conèixer o no poder donar un valor exacte a molts d'aquests beneficis, cal assumir que la ràtio cost-benefici del projecte serà superior a 1 donant un retorn positiu. Això vol dir que la societat recuperarà la inversió i suposarà un benefici social.

9. Circumstàncies que han limitat el desenvolupament del projecte:

a) De caràcter científic

En el cas de les dades de les estacions climàtiques del SIAR i la AEMET no totes les estacions tingueren dades del mateix nombre de anys ni dels paràmetres mesurats, en alguns casos les dades de certs anys també presentaren errors i no es pogueren calcular els índexs climàtics per a aquests anys. Tot i que la idea inicial era incloure el màxim de varietats possibles, l'estudi es va haver de limitar a les varietats Manto Negro, Callet, Moll i Giró Ros. Tot i que es recollí informació d'altres varietats no es pogueren incloure degut al nombre reduït de dades.

b) De gestió

Per problemes de gestió no es va poder disposar de finançament fins un mesos després de la data oficial de inici del projecte. Degut a aquesta circumstància aliena la part científica es va endarrerir l'inici del projecte i el contracte del tècnic. A més, el projecte s'inicià coincidint amb els preparatius de la verema, fent que la disponibilitat per part de les bodegues fos pitjor a l'hora de la comunicació i la recopilació de les dades històriques.

10. Agraïments:

Aquest projecte s'ha dut a terme amb el finançament de la Conselleria d'Agricultura, Pesca i alimentació i el FOGAIBA (Govern de les Illes Balears). Agrair també a les bodegues que han participat aportant les seves dades tot i que per motius de confidencialitat, no esmentem el seu nom. També agrair al personal de les DOs i IGPs que han ajudat a la comunicació entre l'equip investigador i les bodegues. Un agraïment especial per Bodega Ribas S.L. on es va dur a terme la part experimental de l'objectiu 4.

11. Bibliografia:

12. Bécart, V., Lacroix, R., Puech, C., & de Cortázar-Atauri, I. G. (2022). Assessment of changes in Grenache grapevine maturity in a Mediterranean context over the last half-century. *OENO One*, 56(1), 53-72.
13. Brandt, M., Scheidweiler, M., Rauhut, D., Patz, C. D., Will, F., Zorn, H., & Stoll, M. (2019). The influence of temperature and solar radiation on phenols in berry skin and maturity parameters of *Vitis vinifera* L. cv. Riesling: This article is published in cooperation with the 21th GIESCO International Meeting, June 23-28 2019, Thessaloniki, Greece. Guests editors: Stefanos Koundouras and Laurent Torregrosa. *Oeno One*, 53(2).
14. Comuzzo, P., & Battistutta, F. (2019). Acidification and pH control in red wines. In *Red wine technology* (pp. 17-34). Academic Press.
15. De Bei, R., Fuentes, S., Gilliam, M., Tyerman, S., Edwards, E., Bianchini, N., ... & Collins, C. (2016). VitiCanopy: A free computer App to estimate canopy vigor and porosity for grapevine. *Sensors*, 16(4), 585.
16. EAE Business School. (2019). El consumo per cápita de vino se estanca pero el gasto experimenta un crecimiento continuo.
17. Gambetta, G. A., Herrera, J. C., Dayer, S., Feng, Q., Hochberg, U., & Castellarin, S. D. (2020). The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. *Journal of experimental botany*, 71(16), 4658-4676.
18. Gurovich, L. A. (2004). Influencia del riego deficitario controlado sobre el desarrollo de las bayas y la composición química de los mostos y vinos.
19. IRFAP. (2022). Estadístiques de l'Agricultura, la Ramaderia i la Pesca a les Illes Balears.
20. Jones, G. V., Duff, A.A., Hall, A. and Myers, J.W., (2010) Spatial analysis of climate in winegrape growing regions in the western United States. *American Journal of Enology and Viticulture*. 61, 313–326.
21. Kizildeniz, T., Mekni, I., Santesteban, H., Pascual, I., Morales, F., & Irigoyen, J. J. (2015). Effects of climate change including elevated CO2 concentration, temperature and water deficit on growth, water status, and yield quality of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Agricultural Water Management*, 159, 155-164.
22. Martínez-Lüscher, J., Chen, C. C. L., Brillante, L., & Kurtural, S. K. (2020). Mitigating heat wave and exposure damage to “Cabernet Sauvignon” wine grape with partial shading under two irrigation amounts. *Frontiers in Plant Science*, 11, 579192.

23. Muñoz, R., Pérez, J., Pszczolkowski, P. H., & Bordeu, E. (2002). Influencia del nivel de carga y microclima sobre la composición y calidad de bayas, mosto y vino de Cabernet-Sauvignon. *Cien. Inv. Agr*, 29(2), 115-125.
24. Pliego de condiciones y el Reglamento de la Denominación de Origen “Binissalem”. (2014). BOIB, 52(82), p.16237.
25. Pliego de condiciones y el Reglamento de la Denominación de Origen “Pla i Llevant”. (2015). BOIB, 22(33), p.6562.
26. Reshef, N., Agam, N., & Fait, A. (2018). Grape berry acclimation to excessive solar irradiance leads to repartitioning between major flavonoid groups. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(14), 3624-3636.
27. Rienth, M., Torregrosa, L., Sarah, G., Ardisson, M., Brillouet, J. M., & Romieu, C. (2016). Temperature desynchronizes sugar and organic acid metabolism in ripening grapevine fruits and remodels their transcriptome. *BMC Plant Biology*, 16(1), 1-23.
28. Vicente, A. (2015). Manejo del riego y control de rendimiento del viñedo en un marco de limitación hídrica y cambio climático. Aplicación en la variedad Verdejo (*Vitis vinifera* L.). *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, (274), 35.

Annex: Dades complementàries

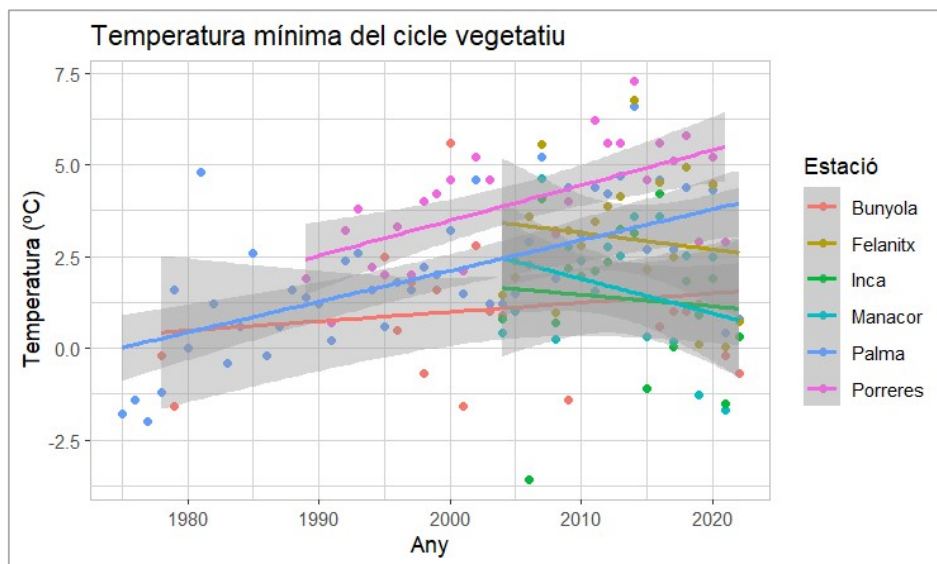


Figura A1. Evolució de la temperatura màxima durant el cycle vegetatiu per estació durant les darreres dècades

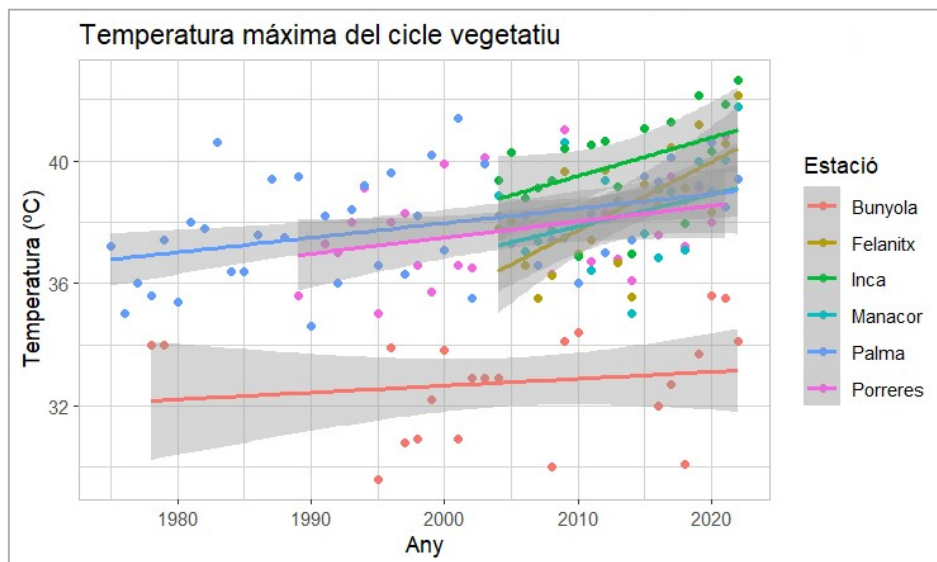


Figura A2. Evolució de la temperatura mínima durant el cycle vegetatiu per estació durant les darreres dècades

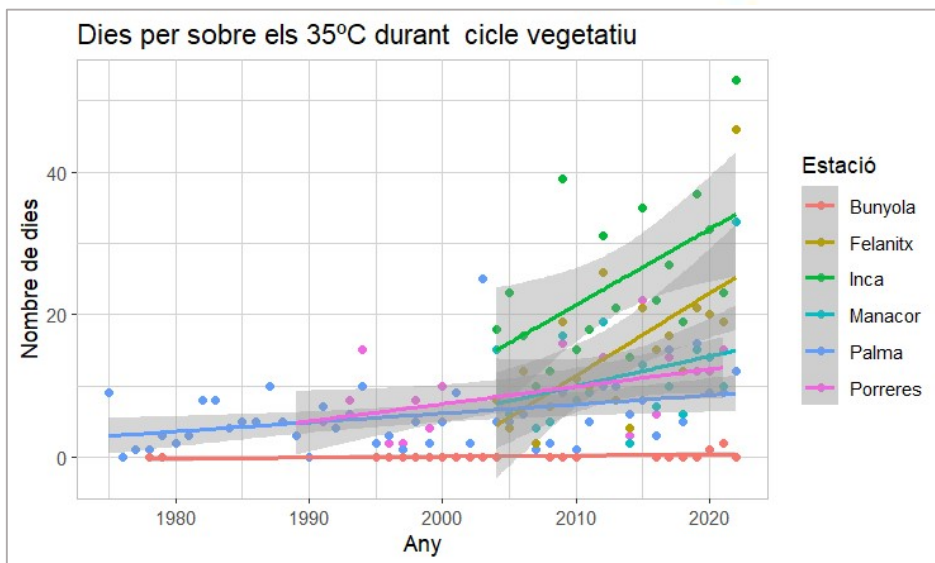


Figura A3. Evolució del nombre de dies per sobre els 35 °C durant el cycle vegetatiu per estació durant les darreres dècades

Taula A8: Valors d'acidesa mínima, mitjana amb error i màxima de les varietats consultades en els darrers anys.

Manto Negro			
Any	Acidesa mínima	Acidesa mitjana	Acidesa màxima
2012	2,52	3,15 ± 0,17	3,9
2013	3,06	3,74 ± 0,43	6,3
2014	2,68	3,6 ± 0,21	5,2
2015	2,45	3,26 ± 0,37	5,3
2016	3,59	4,45 ± 0,2	5,2
2017	2,52	3,52 ± 0,24	5,1
2018	3,28	4,09 ± 0,15	4,9
2019	2,8	3,36 ± 0,12	4,8
2020	2,67	3,57 ± 0,11	5
2021	2,45	3,64 ± 0,17	5,05
2022	1,7	3,33 ± 0,42	4,4
Callet			
Any	Acidesa mínima	Acidesa mitjana	Acidesa màxima
2012	3	3,86 ± 0,23	4,3
2013	3,67	4,62 ± 0,52	6,1
2014	4,74	4,97 ± 0,13	5,5
2015	3,06	3,92 ± 0,3	5,1
2016	3,55	4,54 ± 0,37	5,6
2017	2,7	4,03 ± 0,32	4,8
2018	2,6	4,5 ± 0,64	5,2

2019	3,29	3,9 ± 0,32	4,8
2020	3	3,43 ± 0,3	4,3
2021	4,2	4,7 ± 0,16	4,9
2022	2,7	3,95 ± 0,44	4,6
Moll			
Any	Acidesa mínima	Acidesa mitjana	Acidesa màxima
2012	2,14	3,55 ± 0,4	6,3
2013	2,45	3,42 ± 0,3	6,1
2014	1,9	3,48 ± 0,25	5,8
2015	2,7	3,48 ± 0,24	5,4
2016	2,3	3,65 ± 0,18	4,8
2017	2,3	3,29 ± 0,29	5,25
2018	2,29	3,3 ± 0,32	5,6
2019	2,21	3,17 ± 0,26	5,9
2020	2,45	3,5 ± 0,16	4,8
2021	2,98	3,82 ± 0,15	4,7
2022	2,5	4,05 ± 1,1	5,6
Giró Ros			
Any	Acidesa mínima	Acidesa mitjana	Acidesa màxima
2012	4,1	4,58 ± 0,39	5,05
2013	5,3	5,3 ± 0	5,3
2014	5,35	5,53 ± 0,14	5,7
2015	3,36	4,08 ± 0,59	4,8
2016	5,25	5,61 ± 0,29	5,96
2017	4,1	4,77 ± 0,38	5,6
2018	5	5,4 ± 0,17	5,6
2019	3,5	4,2 ± 0,37	5,1
2020	4	5 ± 0,4	6,1
2021	4	4,53 ± 0,34	5,3
2022	4,7	5,1 ± 0,33	5,5