

Impactes de les hores fred en la fructicultura de Mallorca



Universitat
de les Illes Balears

AUTOR: Lluís Calvo de la Iglesia

Memòria del Treball de Fi de Màster

Màster Universitari d'enginyeria agronòmica
de la

UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS

Curs Acadèmic: 2018-2019

Data 11/07/2019

Nom Tutora del Treball: Maria Antònia Jiménez Cortés

Agraïments

Gràcies Toni, per la teva ajuda en tota la fase de càlcul del projecte. Ha estat un luxe treballar amb algú tan ràpid i eficient com tu. L'anàlisi de les dades de l'AEMET i dels particulars hagués estat molt més dur sense la teva feina.

Gràcies Jaume Vadell, per la teva tasca com a cap d'estudis del màster. Tenir una persona tan propera i que cuida tant dels seus alumnes és una sensació que tothom hauria de sentir durant els seus estudis. Moltes gràcies per donar una mà en aquest projecte. Tot el suport s'agraeix molt.

Gràcies a la gent de Meteoclimàtic (<https://www.meteoclimatic.net>) i al seu administrador. Gràcies Vicente Pesce Serra, Pedro Anglada, Daniel Montero Alaminos, Andreu Rosset, Pedro Eugenio Mas Rigo, Biel Perelló i Coll, Toni Frau, Pere Flaquer Samsó de Gtec-estudi, Jordi Puigsegur Figueras, Miquel Reynés Matas i Marçal Trias Heimo. La vostra contribució s'agraeix molt.

Gràcies a Maribel Juan d' APAEF i a Guillem Alfocea d'APAEM. La seva visió de la fructicultura de les altres illes. Ha estat de molta ajuda per a algú que desconeixia la situació.

Gràcies a Miquel Capllonch per la seva experiència, temps i el seu llibre.

Gràcies a Joan Rallo per la seva història, la seva crítica i la seva accessibilitat.

Gràcies Papà i Mamà, per tot el que heu aguantat. Això ja s'acaba. Per fi.

Gràcies Mar, per acompanyar-me en tot aquest camí.

I gràcies Maria Antònia, al marge de la nota que obtingui en aquest TFM, estic molt satisfet de tot el que he après durant aquest any. Només et puc agrair les facilitats que m'has posat, la paciència que has tingut, la teva disponibilitat... He tingut molta sort de tenir-te de directora. Gràcies.

Resum

L'evolució dels cultius així com els beneficis econòmics dels agricultors depenen de les condicions ambientals del lloc i entre d'altres factors, les hores fred. Aquesta tesi de màster és motivada per un treball previ sobre la distribució d'hores fred a les Balears. Es tracta del mapa d'hores fred de la convocatòria de les beques d'investigació agrària del 2018 dins la línia d'ajudes de mínimis del FOGAIBA. Respecte d'aquest treball previ, s'ha aprofundit amb aspectes relacionats tant amb l'agronomia com la meteorologia, la qual cosa ha aportat una visió pràctica als resultats que s'obtingueren.

En primer lloc, s'ha estudiat quina ha estat la influència de les hores fred sobre l'agronomia a Mallorca durant els darrers 10 anys, de manera que s'ha avaluat la seva variabilitat espacio-temporal i el impacte. A més, s'ha treballat amb la pèrdua econòmica que suposaria una mala gestió del requeriment d'hores per part dels arbres fruitals i els danys que produiria. També s'han exposat formes de reduir les conseqüències derivades de la mala gestió del requeriment d'hores fred. Pel que fa a la metodologia, s'han emprat productes satel·litaris i mesures d'estacions meteorològiques a fi de comptabilitzar les hores fred acumulades i contrastar ambdues fonts d'informació. Finalment, s'ha exemplificat l'aplicació dels resultats en alguns cultius.

Aquest treball de final de màster és un estudi inter-disciplinari entre el grup de meteorologia del Departament de Física de la UIB (representat per la directora del TFM) i el màster d'enginyeria agronòmica (representat per l'alumne). Aquesta confluència de coneixements ha servit per apropar l'estudi meteorològic a l'agronomia de forma aplicada.

Índex

1. Preàmbul.	5
2. Objectius.	6
3. Introducció.	7
3.1 Transcendència o interès tecnològic i econòmic de l'estudi.	7
3.2 Definició, origen i càlcul de les hores fred.	10
3.3 Els camps de temperatura obtinguts per teledetecció.	12
3.4 Fisiologia vegetal de les hores fred.	15
3.5 Fisiopaties relacionades amb les hores fred.	19
3.6 Mesures preventives dels danys. Compensadors de fred.	21
3.7 Requeriments d'hores fred per a alguns cultius.	23
4. Metodologia.	25
4.1 Descripció de les dades meteorològiques emprades.	25
4.2 Tractament de les dades.	26
5. Determinació d'hores fred a partir d'estacions meteorològiques.	28
5.1 Mallorca.	28
5.2 Menorca, Eivissa i Formentera.	33
Cas de Menorca:	33
Cas d' Eivissa i Formentera:	34
6. Casos d'estudi de teledetecció a Mallorca.	37
6.1. Identificació de les zones de Mallorca amb més de 600 hores fred.	38
6.2. Cultius amb necessitats per damunt de les 700 hores fred. Cas de Porreres.	39
6.3. Llocs viables per cultius amb necessitats per damunt de 850 hores fred.	41
6.4. Llocs viables per a cultius amb necessitats per damunt de 950 hores fred.	42
6.5. Altres consideracions per cultius. Les gelades i les hores fred.	44
7. Conclusions.	45
8. Línies a les que adscriure el projecte.	47
8.1. Ajudes a la investigació aplicada.	47
8.2. Cronologia del procediment.	48
8.3. Obligacions de l'ajuda.	48
8.4. Justificació i pagament de l'ajuda.	49
9. Balanç econòmic de l'actuació.	50
Bibliografia	51

1. Preàmbul.

L'activitat agrícola està lligada tant al clima com a les condicions del mercat. Per una banda, les variacions en el preu de les matèries primeres i dels productes agraris poden alterar la rendibilitat de l'agricultura. No obstant, són les condicions meteorològiques les quals poden fer no rendible un cultiu inclús sent favorables la resta de factors.

En particular, el clima d'una zona condiciona els cultius que s'hi poden establir i les tècniques que els pagesos han d'aplicar. Entre d'altres, la disponibilitat de l'aigua es veu afectada, així com la intensitat de les plagues i/o malalties. Aquests factors són els que limiten majoritàriament la producció agrícola. Degut a la seva importància sobre l'agricultura, en aquest treball s'ha aprofundit en el coneixement de les condicions meteorològiques. Aplicat a l'agronomia, aquest coneixement es tracta d'una eina útil per als pagesos de cara a planificar la seva feina.

En general, les variables que estudia la meteorologia (temperatura, humitat o precipitació) estan fortament lligades a les característiques geogràfiques de cada zona. En el cas de les Illes Balears, la insularitat i la mar Mediterrània condicionen el seu clima i, en conseqüència, l'agricultura que es desenvoluparà. En aquest treball s'han emprat dades de la xarxa d'estacions de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) i s'han complementat amb estacions de particulars, qui han cedit la seva informació de forma altruista.

Per tal de caracteritzar el temps d'una zona, s'empen dades d'estacions meteorològiques. Si no hi ha una gran quantitat d'estacions i repartides de forma homogènia, resulta difícil l'extrapolació de dades als llocs on no hi ha estació. En el cas de les Balears es tracta de variables amb un fort component local i no sempre es poden considerar valors continus, homogenis i/o extrapolables. Per solucionar el problema de l'extrapolació, s'han emprat camps obtinguts a partir de satèl·lits meteorològics. En concret, camps de temperatura superficial, però es podrien emprar altres variables d'interès agronòmic com la humitat o l'evapotranspiració.

A les zones temperades, moltes espècies de fruiters caducifolis necessiten una exposició continuada a temperatures fredes per poder desenvolupar-se. L'acumulació de fred fa possibles els canvis fisiològics relacionats amb la floració i fructificació normal dels cultius. Aquesta acumulació de fred es pot mesurar amb el paràmetre de les hores fred, tal com s'ha fet en aquest projecte.

2. Objectius.

Mantenir actualitzada la informació meteorològica que afecta al món agrícola és un punt clau per a la competitivitat del sector. Que la informació sigui comprensible i accessible per als professionals és una responsabilitat d'entitats com la Universitat o la Administració. Aquest treball es fixa en un paràmetre de fort interès en la producció de fruita, les hores fred, i aquests són els seus objectius:

Objectiu principal:

- Recopilar informació agronòmica rellevant sobre hores fred i la seva relació amb la fructicultura a Mallorca.

Objectius secundaris:

- Identificar les zones a Mallorca amb més o menys hores fred.
- Avaluar l'evolució temporal de les hores fred per a certes zones de Mallorca, així com també a Menorca, Eivissa i Formentera.
- Identificar quins cultius (en base únicament als requeriments d'hores fred) serien viables a Mallorca.
- Fer un recull de les dades meteorològiques disponibles mitjançant observacions horàries de temperatura per tal de calcular les hores fred.
- Identificar les zones agrícoles on no hi ha dades disponibles.

3. Introducció.

3.1 Transcendència o interès tecnològic i econòmic de l'estudi.

A l'hora d'establir una plantació d'arbres fruiters, és necessari conèixer els seus requeriments d'hores-fred. Els fruiters caducifolis de zones temperades necessiten estar sotmesos a un determinat nombre d'hores fred per a que la brotada i la sortida de la latència siguin exitoses. Les hores fred són característiques per a cada espècie i varietat. Si la localització que s'ha projectat no satisfà les necessitats d'hores fred dels fruiters és molt probable que hi hagi problemes fisiològics o de sanitat vegetal a la futura plantació. Aquests problemes solen donar-se en el fruit d'una manera o una altra, sent el fruit el producte d'interès principal en una explotació fructícola. Els fruits amb aquesta classe de problemes solen tenir menor valor econòmic o inclús són rebutjats pel mercat, fet que suposa una reducció important d'ingressos. En el cas d'aplicar productes fitosanitaris per a compensar la falta d'hores fred, suposa una despesa econòmica important i d'un impacte mediambiental a tenir en compte. El principal interès és evitar aquestes pèrdues econòmiques o despeses afegides, així com l'impacte cap al medi dels productes compensadors. Aquest interès ha portat a altres comunitats a atribuir una gran importància a les hores fred, fins al punt que l'IVIA (Institut Valencià d'Investigacions Agràries) i l'IMIDA (l'Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario) proporcionen calculadores d'hores fred on-line i gratuïtes per a que qualsevol pugui tenir una dada mínimament sòlida a l'hora de triar quina varietat de fruiter (veure figures 1 i 2) és l'adiant. És una manera molt interessant d'optimitzar els recursos i evitar mals majors.

Estació	Data dada	Data última dada	Estat		
Benicarló		02/05/2019	Sin incidencias		
Benicarló		03/04/2017	Baja		
Burriana		02/05/2019	Sin incidencias		
Castelló Benadresa		02/05/2019	Sin incidencias		
Nules		02/05/2019	Sin incidencias		
Onda		00/07/2008	Baja		
Onda		02/05/2019	Sin incidencias		
Onda	Castelló	10/10/1000	20/10/1000	20/10/2004	Baja
Ribera de Cabanes	Castelló	20/02/2001	01/03/2001	02/05/2019	Sin incidencias
San Rafael del Río	Castelló	02/11/1999	03/11/1999	02/05/2019	Sin incidencias
Segorbe	Castelló	21/02/2001	01/03/2001	02/05/2019	Sin incidencias
Vall d'Uixó	Castelló	14/10/1999	19/10/1999	02/05/2019	Sin incidencias
Vila-real EEA	Castelló	20/01/1999	21/01/1999	02/05/2019	Sin incidencias

Figura 1. Calculadora de l' IVIA per avaluar l'efecte de les hores fred de forma gratuïta, senzilla i interactiva. Font: <http://riegos.ivia.es/calculo-de-horas-frio>

Genere su Informe

Estación:

Fecha Inicio Informe:

Fecha Fin Informe:

Inicio Recuento:

Fin Recuento:

IMPORTANTE:
Solo se acumularan "horas frío Richardson" entre el INICIO y FINAL del RECuento.
Fuera de este periodo el valor será cero.

Informe de Horas Frío Diario

[Glosario de Términos](#)

Estación	Municipio	Paraje	Fecha	Horas < 0°C	Horas < 7°C	Richardson
CA73	Cartagena	Los Belones	01/01/17	0,00	0,00	0,00
CA73	Cartagena	Los Belones	02/01/17	0,00	0,00	14,00
CA73	Cartagena	Los Belones	03/01/17	0,00	0,00	3,50
CA73	Cartagena	Los Belones	04/01/17	0,00	0,00	-5,50
CA73	Cartagena	Los Belones	05/01/17	0,00	0,00	1,00
CA73	Cartagena	Los Belones	06/01/17	0,00	0,00	11,00
CA73	Cartagena	Los Belones	07/01/17	0,00	1,00	16,00
CA73	Cartagena	Los Belones	08/01/17	0,00	9,00	13,50
CA73	Cartagena	Los Belones	09/01/17	0,00	1,00	16,00
CA73	Cartagena	Los Belones	10/01/17	0,00	0,00	5,00
CA73	Cartagena	Los Belones	11/01/17	0,00	0,00	4,50
CA73	Cartagena	Los Belones	12/01/17	0,00	0,00	6,00

Figura 2. Calculadora per calcular les hores fred de l' IMIDI. És una eina que ofereix diferents mètodes de càlcul de forma gratuïta. Font: <http://siam.imida.es/apex/f?p=101:59:2064796614078702>

Fins fa poc temps, el darrer mapa que hi havia disponible on consultar les hores fred a Mallorca era dels anys vuitanta (veure figura 3). La publicació fou la revista "Socs i ones" n°:1 de 1987 en la què l'enginyer agrònom, Antoni Cardona Bellver, descriu l'adaptació d'unes dades del "Centro meteorológico zonal de Palma" obtingudes des del 1961 fins al 1980 per José Antonio Guijarro. Només hi havia 6 estacions meteorològiques durant aquest període (Palma, Far de Sóller, Aeroport de Palma, Muro, Llucmajor i Santa Ponça) i es van fer correccions tenint en compte microclimes i experiències personals d'agricultors de grans territoris. En el mapa es pot entreveure les grans finques de conreu de l'Illa. Amb 6 estacions les corbes haurien de ser senzilles i obertes, però al mapa hi ha corbes molt tancades i inclús algunes rectes que coincideixen amb grans finques. Durant molts anys ha estat una gran ajuda encara que les varietats de fruiters que s'utilitzaven no presentaven una gran sensibilitat (les seves necessitats d'hores fred eren relativament baixes). Però la progressiva tecnificació de la fructicultura i la incorporació de noves varietats més productives (i més sensibles a les necessitats de fred) ha suposat un requeriment d'una major precisió en la informació sobre les hores fred. A més, actualment la xarxa de mesures d'estacions de superfície és més densa (tant la d'AEMET com de particulars) i cal una actualització del mapa de la figura 3.

Acumulación de horas de frío (H).

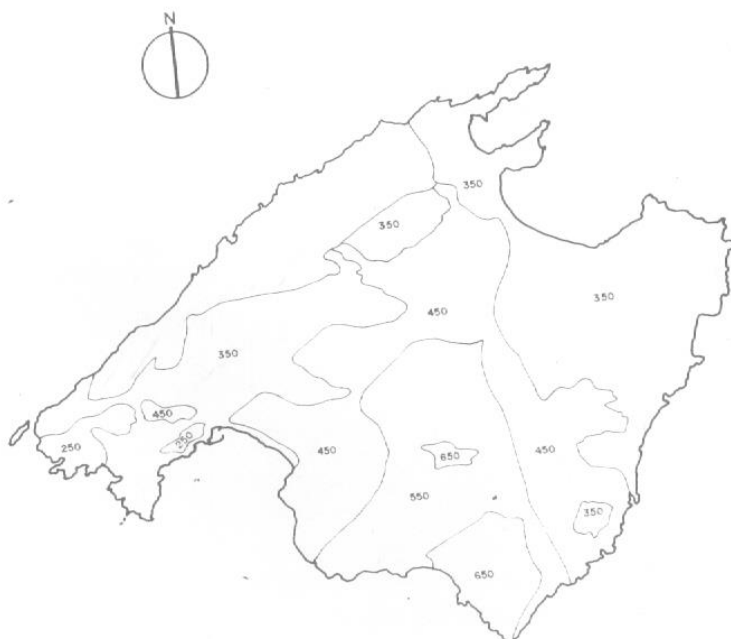


Figura 3. Mapa d'acumulació d'hores fred durant el període 1961-1980 a Mallorca. Font: Cardona (1987).

A dia d'avui, l'AEMET compta amb més d'una vintena d'estacions meteorològiques repartides arreu de Mallorca. Els criteris que s'han seguit per posicionar aquestes estacions són molts, però l'agronòmic no és un d'ells, ja que hi ha una gran mancança entre St. Llorenç des Cardassar, Sta. Margalida i Artà, zones de gran interès agrícola. El principal criteri per instal·lar estacions és que aquestes estiguin a punts representatius de zones amb característiques similars entre elles, tal com apunta la Organització Meteorològica Mundial (OMM). La major part de la costa està coberta degut a l'interès estratègic, turístic i comercial de Mallorca.

En aquest treball hem classificat les estacions d' AEMET en tres categories segons la seva posició: muntanya, costa i interior. A l'hora d'analitzar les dades que proporcionen aquestes estacions és molt rellevant la seva localització, ja que algunes estan situades a una altura considerable o a llocs molt ventosos. Aquestes peculiaritats s'han de tenir en compte a l'hora de situar una plantació, ja que tant l'altura com el vent són factors molt influents en la producció agrària. Al mapa de la figura 4 es mostra la posició de les estacions de la xarxa AEMET, així com la classificació que hem proposat en aquest projecte. S'ha considerat estació de muntanya a aquelles situades dins valls, pics o pendents de muntanya; estació de costa a aquelles situades a menys de 5 km de la costa, i estació d'interior a la resta. Cal destacar que aquest criteri no és general però serveix per identificar clarament les estacions situades a les diferents zones agrícoles.

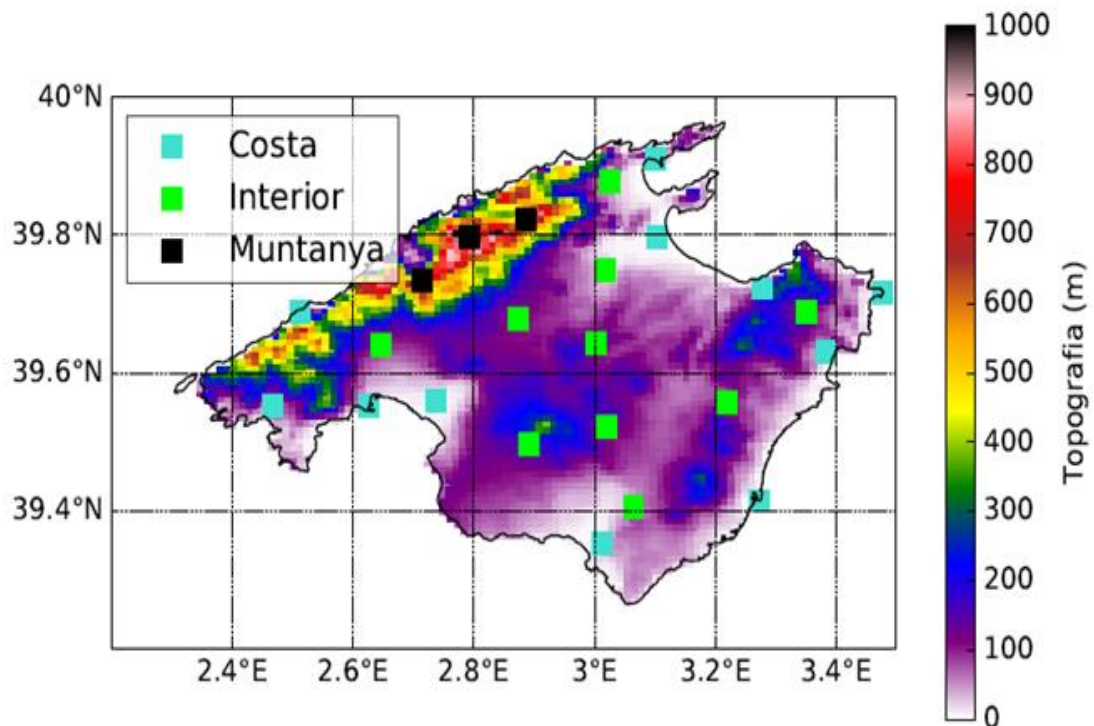


Figura 4. Topografia de l'illa de Mallorca junt amb la localització de les estacions meteorològiques (en quadrats) pertanyents a la xarxa AEMET que s'han emprat en aquest treball. La regió on estan localitzades s'ha indicat amb els colors següents: blau per a les estacions situades en zones de costa, en verd les situades en zones d'interior, i en negre les situades en zones de muntanya.

Pel que fa a la utilitat d'aquest treball seria especialment de caire econòmic. El destinatari seria un agricultor o un tècnic assessor que empraria els resultats presentats per tal d'evitar pèrdues econòmiques a la seva explotació degudes als requeriments tèrmics (necessitat d'hores fred). Menysprear les hores fred a l'hora de triar el material vegetal d'una plantació pot dur a problemes fisiològics o de fructificació que redueixen les quantitats i qualitats de la producció. Aquesta reducció suposa al mateix temps una reducció dels ingressos percebuts per part de l'agricultor.

3.2 Definició, origen i càlcul de les hores fred.

Es defineix com a hores fred a les hores que passa la planta sota un llindar de temperatura que, a latituds mitges, s'agafa típicament de 7°C. Cada cultiu té el seu propi requeriment tèrmic i és necessari per a la ruptura del repòs hivernal. És habitual quan es parla d'hores fred que aquestes es comptin dins períodes que van de l'1 de setembre al 31 d'agost de l'any següent. Aquests períodes de 12 mesos es coneixen com a anys agro-meteorològics. Ja que a la nostra zona (hemisferi nord) és quan es produeix el repòs hivernal.

Per a entendre el concepte de les hores fred com el coneixem avui en dia cal remuntar-se a l'any 1918 quan Gustav Gassner descrigué com l'efecte de les baixes temperatures provocava l'acceleració de la floració en varietats d'hivern de blat. Posteriorment, T.D. Lysenko (any

1925) estudià la “vernalització” de les baixes temperatures sobre les plantes herbàcies, la qual és necessària per a la floració de les plantes. Anys més tard (al 1939), Weldon parlava d’un retràs en la brotada dels fruiters caducifolis incorregible amb tècniques de cultiu tradicionals. Chandler als anys 30 i Lamb als anys 40 van precisar el rang de temperatures d’una forma semblant a la que s’utilitza avui dia, sent els 7,2°C el llindar més eficaç. Als anys 50, Weimberg fou el primer en usar el concepte de “hores de fred” i desenvolupà correlacions entre mitjanes de temperatura i nombre d’hores fred (1956) mitjançant observacions de temperatura i dades fenològiques de certs cultius. Aquest mètode té menor precisió que el comptatge directe de les hores fred però que resulta molt útil per a llocs amb estacions meteorològiques poc completes que només mesuren temperatures màximes i mínimes diàries.

La fórmula de Crossa-Raynaud 1955 és una de les més utilitzades, especialment a la conca Mediterrània. No necessita dades horàries de temperatura, ja que només usa temperatures màximes i mínimes. L’expressió és la següent:

$$\text{Horesfred} = 24 \cdot \frac{7 - \text{Temperatura mínima del dia}^{\circ}\text{C}}{\text{Temperatura màxima del dia}^{\circ}\text{C} - \text{Temperatura mínima del dia}^{\circ}\text{C}}$$

Per a cada dia es poden calcular les hores fred (quan la T_{min} està per davall de 7°C) i el valor acumulat durant l’any agro-meteorològic correspon al valor d’hores fred anual.

La fórmula es desenvolupà a Tunísia i no sempre s’ajusta bé a altres zones, per això multitud d’autors han proposat correccions segons la zona. Sánchez-Capuchino (1965) fou un d’ells i considerà que la fórmula s’havia de multiplicar per un factor K igual a 1,5 per a la zona Mediterrània espanyola.

$$\text{Horesfred} = k \cdot 24 \cdot \frac{7 - \text{Temperatura mínima del dia}^{\circ}\text{C}}{\text{Temperatura màxima del dia}^{\circ}\text{C} - \text{Temperatura mínima del dia}^{\circ}\text{C}}$$

Al 1957, Mota també desenvolupà un mètode de càlcul basat en temperatures mitjanes que ha estat molt utilitzada al llarg del temps dins el món agronòmic. La fórmula és la següent:

$$Y = 485,1 - 28,5 \cdot X$$

On X és la Temperatura mitjana del mes estudiat i Y el nombre d’hores fred acumulades durant el mes.

Tabuenca al 1964 adaptà la fórmula de Mota per a la Vall de l’Ebre resultant:

$$Y = 700,4 - 48,6 \cdot X$$

Segons Gil-Albert (1989) es tracta d’una fórmula un tant inexacta a zones temperades/càlides. Aquestes formulacions per calcular les hores fred són específiques d’un lloc concret i calen validacions com comparar el valor de les hores fred obtingut a partir del comptatge directe per garantir que el resultat s’ajusta correctament.

Unitats de fred.

Richardson (1974) introduí el que es coneix com a unitat de fred (UF), una forma semblant de quantificar les temperatures fredes que experimenten els cultius. El model que va proposar incloïa el fet que no totes les hores fred contribueixen de la mateixa manera a satisfer les necessitats de fred. Als anys 80, Shaltout i Unrath van revisar el model de Richardson i van observar que quan les temperatures diürnes hivernals arribaven a valors elevats, les pomeres acumulaven menys fred. Es va desenvolupar un model que tenia en compte aquest fet i que assigna unes unitats de fred a cada rang de temperatura. Les més pròximes a la congelació compten menys i les temperatures més altes resten als valors registrats. Els valors que contribueixen a les UF són els compresos entre els 1,5°C i els 12,4°C. La resta aporten valors nuls o inclús resten les UF acumulades (veure taula 1).

Temperatura (° C)	UF
1,4	0,0
1,5-2,4	0,5
2,5-9,1	1,0
9,2-12,4	0,5
12,5-15,9	0,0
16,0-19,0	-0,5
18,1-21,0	-1,0
21,1-23,0	-2,0

Taula 1. Unitat de fred (UF) segons el rang de temperatura. Shaltout i Unrath (1983).

Donat que el càlcul de les unitat de fred es va desenvolupar per climes continentals, l'any 1981 Gilreath i Buchanan proposaren una revisió adaptada per a llocs amb hiverns suaus (climes temperats).

En definitiva, el concepte de UF és equivalent al d'hora fred quan es tracta de dissenyar una plantació. No obstant, es requereix de models desenvolupats que incloguin el comportament que s'ha descrit abans. De totes maneres, al Mediterrani el paràmetre que típicament s'empra són les hores fred.

3.3 Els camps de temperatura obtinguts per teledetecció.

Els satèl·lits meteorològics estan equipats amb càmeres espectrals capaces d'enregistrar diferents tipus de radiació des de la superfície de la Terra. A partir d'aquestes dades i mitjançant algorismes determinats es poden obtenir productes satel·litaris tal com la temperatura superficial.

Aquesta metodologia és molt útil per a zones de difícil accés o grans superfícies contínues i homogènies. Els camps de temperatura superficial aporten moltíssima informació sense la necessitat d'haver d'instal·lar estacions. Segons el tipus de satèl·lit, la freqüència amb la qual es pren la mesura i la resolució de la mateixa pot canviar considerablement.

Per altra banda, la teledetecció suposa una sèrie de desavantatges ja que les mesures es prenen a distància. Entre d'altres, un dels problemes principals és la interferència deguda als

núvols, la qual pot impedir al satèl·lit prendre la mesura. Un altre obstacle és la dificultat a l'hora de reparar una possible errada instrumental.

Per convertir la temperatura superficial proporcionada pel satèl·lit a temperatura a 2 m com la que mesuren les estacions meteorològiques es solen emprar fórmules empíriques vàlides per la zona a on s'han construït. Un altre problema és que la temperatura és una variable local i la resolució del satèl·lit és limitada. Per tant, en grans extensions contínues i homogènies les dades són més fiables que en zones d'una topografia complexa com puguin ser les serralades. Al mateix temps, la discontinuïtat terra-mar present a la costa tampoc és ben capturada pel satèl·lit.

Els membres del grup de meteorologia de la UIB han actualitzat les darreres informacions sobre hores fred mitjançant la tecnologia de teledetecció. Destacar el treball titulat "Elaboració d'un mapa d'hores fred a Mallorca mitjançant observacions satel·litàries" realitzat per Maria Antònia Jiménez Cortés i Antoni Grau Ferrer (<http://www.caib.es/govern/sac/fitxa.do?codi=3603372&coduo=1964&lang=ca>). D'aquest treball es van extreure els mapes d'hores fred acumulades a l'illa des de l'any agrometeorològic 2007-08 fins al 2017-18 a partir de camps horaris de temperatura superficials obtinguts a partir de diferents satèl·lits meteorològics pertanyents a la sèrie "Meteosat Segona Generació". La metodologia consisteix en comptar per a cada píxel el nombre d'hores en que la temperatura està per davall d'un cert llindar durant el període 1 setembre-31 d'agost, tal com es fa per les estacions meteorològiques... A la figura 5 es mostra el mapa mitjançant els resultats obtinguts per a cada any agrometeorològic. El llindar que s'ha triat en aquest cas és de 8 °C per tal d'incorporar l'error de les temperatures derivades amb el satèl·lit sense afectar al càlcul de les hores fred.

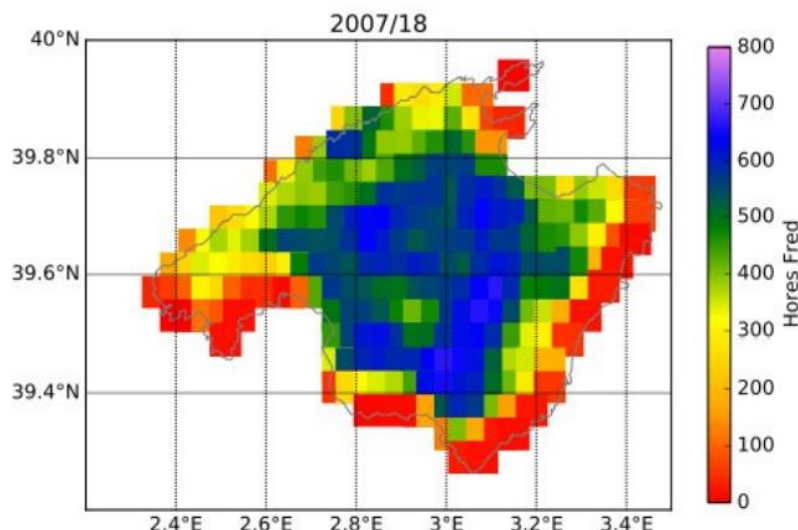


Figura 5. Mitjana anual del mapa d'hores fred acumulades a l'illa de Mallorca obtingut a partir de camps de temperatura satel·litaris horaris pel període 2007-2018. La metodologia i els resultats es troben de forma extensa a Jiménez, Grau, Cuixart (2015).

Cal destacar la presència de les piscines d'aire fred conegudes en anglès com a *cold pools* (Jiménez et al., 2015,2019). Aquest fenomen consisteix en les acumulacions d'aire fred als

fons de les valls o en zones molt planes, què tenen lloc amb major freqüència durant les nits serenes (anticiclòniques) i amb vent feble. Al vespre la terra es refreda i l'aire en contacte també, produint una inversió tèrmica a capes baixes. En aquestes condicions és quan generalment hi ha més acumulació d'hores fred (especialment durant l'hivern). Les piscines d'aire fred s'observen sobretot al centre de les conques principals (Palma, Campos i Alcúdia) i generalment al centre de l'illa, a on s'acumulen majoritàriament les hores fred (veure figura 5).

Un altre treball relacionat amb les hores fred és el titulat "Càlcul d'hores fred per a diferents estacions meteorològiques de Mallorca pertanyents a la xarxa AEMET" realitzat també per membres del grup de meteorologia de la UIB, arrel de la col·laboració amb APAEMA (Associació de Productors Agraris Ecològics de Mallorca), en el qual es van emprar dades d'estacions meteorològiques d'AEMET i de particulars per a calcular i comparar les hores fred acumulades en diferents punts de l'illa. A la figura 6 es mostra un mapa de la topografia de Mallorca junt amb la mitjana de les hores fred acumulades per a cada estació meteorològica obtingudes durant el període 2007-2018 per les estacions de la xarxa d'AEMET a Mallorca.

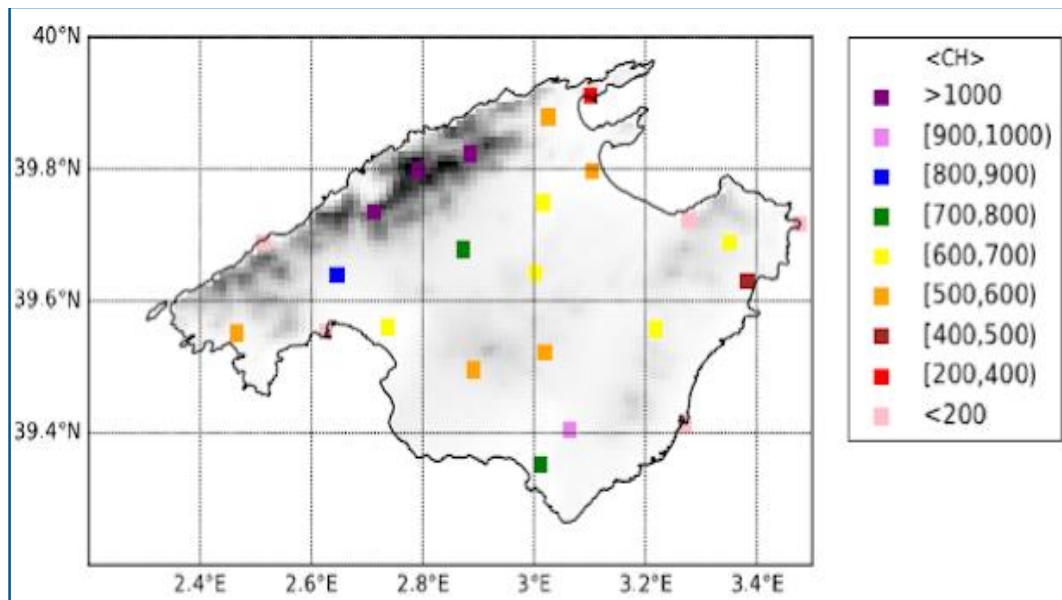


Figura 6. Topografia de l'illa de Mallorca (en escala de grisos) junt amb la mitjana d'hores fred acumulades durant tots els anys agro-meteorològics analitzats per cada una de les estacions (durant 2008-2018). Els colors indiquen el rang de valors de les hores fred (Chilling Hours, CH, en Anglès).

A diferència de la figura 3, a la figura 6 no es mostra cap interpolació sinó valors a llocs determinats on es troben distintes estacions meteorològiques, de manera que l'efecte local de la temperatura en aquest cas no hi participa. Ara bé, no es tracta d'un mapa continu on un pugui consultar quin nombre aproximat d'hores fred s'acumulen sigui quina sigui la zona, com és el cas de les figures 3 i 5. El mapa de la figura 6 és realment una actualització del mostrat a la figura 3 fet amb la tecnologia i les mesures dels anys 80.

La principal utilitat pràctica de les hores fred és la correcta planificació de plantacions de fruiters a zones temperades. Permeten triar la varietat o espècie idònia per a la localització concreta de la futura plantació. Cada localització té un nombre d'hores fred i cada espècie o varietat de fruiter té uns requeriments d'hores fred que s'han de satisfer per a un resultat òptim.

Pel que fa a Balears, no existeix cap eina com l'IVIA o l'IMIDIA (figures 1 i 2) per tal d'estimar les hores fred d'una zona concreta pel que rara vegada es té en compte la necessitat de fred per part de la planta a l'hora de realitzar una plantació, la qual cosa suposa un perjudici econòmic considerable degut a les malalties fisiològiques a les quals s'exposa. Les cases de material vegetal o els treballadors dels vivers rara vegada tenen en compte les necessitats d'hores fred a Balears i adapten, en el millor dels casos, un model de la Comunitat Valenciana o de Múrcia. L'IVIA o l'IMIDIA tenen opcions informàtiques de les que ja hem parlat per calcular les hores fred, però a Balears no hi ha cap institució que ofereixi un servei semblant. Per tant, molts pagesos elegeixen el seu material vegetal sense tenir si les necessitats de fred del cultiu elegit, seran satisfetes a la seva finca. Usar un model valencià o de Múrcia és poc precís i corr el risc d'invertir molt de capital en una varietat inadequada ja que el nombre d'hores fred obtingudes a una altra regió no són representatives de la zona cultivada. Aquests errors provoquen problemes fisiològics a les plantes que acaben suposant un perjudici econòmic. Reparar un error d'aquesta classe és impossible però hi ha formes de mitigar els seus efectes (amb productes fitosanitaris comercials, que suposen un gran cost econòmic pel agricultor i pel medi). Plantacions sanes suposen menys tractaments fitosanitaris i menys recursos utilitzats per obtenir el mateix resultat.

3.4 Fisiologia vegetal de les hores fred.

Les hores fred tenen efectes sobre la sortida de la latència de les gemmes dels angiospermes caducifolis essent els de interès més econòmic els fruiters. Entenem latència com al període de repòs hivernal en el que el metabolisme es frena o atura fins a la posterior brotada primaveral. La floració necessita d'una inducció floral prèvia per executar-se. Aquesta inducció es dona per dos efectes majoritàriament: el fotoperíode i l'acumulació de fred. El fotoperíode es recull pel meristema apical de les plantes i té en compte la relació d'hores de llum i obscuritat durant les 24 hores d'un dia. Quan la durada de les hores de llum és l'adequada, la planta comença el procés de floració. L'altre efecte, el de l'acumulació de fred (o exposició al fred), ve donat per cada gemma i l'efecte és local. Cada gemma està exposada a la temperatura de l'aire, i quan ha rebut una quantitat de temps determinada a temperatures fredes (entre 0 i 7°C), comença el procés de floració.

Aquests efectes solen funcionar a l'hora com a mecanisme de supervivència per evitar floracions en moments inesperats que podrien suposar un desavantatge evolutiu per a l'individu. De totes formes, és freqüent que un efecte predomini per damunt de l'altre (segons l'espècie, Faust et al., 1997).

Floració i latència.

La floració és la combinació de processos biològics que culmina amb l'obertura del botó floral. Comença amb una forta activitat mitòtica a les gemmes florals. Les gemmes són estructures rodejades d'escates protectores o catafil·les altament impermeables a l'aigua i als gasos. Aquestes estructures romanen indiferenciades durant la latència fins al moment de la brotada, on s'indueixen i es diferenciaran (Roldán i Martínez, 2013). Hi ha algunes excepcions. Durant la latència, l'activitat metabòlica es redueix a la mínima expressió, reduint també el consum de recursos com l'aigua i els carbohidrats. També es desenvolupen catafil·les, fulles reduïdes amb aparença d'escates que funcionen com a protecció per a les gemmes. L'altre mecanisme que regula la sortida de la latència és el fotoperíode, que en el cas dels fruiters, sol ser curt. Per altres espècies, com les tropicals, el principal factor és l'hídic. Espècies com el "lilo" *Syringa vulgaris* no tenen gemmes capaces de sortir de la latència sense hores fred.

La latència sol començar a la tardor, quan les gemmes tornen quiescents, degut a un canvi en l'equilibri hormonal. La presència d'auxines, gibberel·lines i citoquinines baixa i la d'àcid abscísic augmenta. Aquest canvi en l'equilibri hormonal és motivat per factors externs lligats a l'ambient. Aquesta situació també suposa la senescència i posterior caiguda de fulles, deguda a l'efecte de l'àcid abscísic. També es frena l'activitat metabòlica. Quan s'han donat aquestes situacions, es considera que la latència ja és efectiva.

La latència es romprà quan aquest canvi en l'equilibri hormonal es reverteixi i com a conseqüència, la gemma brotarà. El mecanisme de retorn a l'equilibri hormonal depèn de l'espècie. Els més comuns són l'augment de temperatura durant la primavera i el fotoperíode (*Adaptat de Agustí, 2010*).

Dins un mateix arbre, la brotada no és instantània ni sincronitzada. Cada gemma té diferents necessitats i broten en moments diferents. Algunes regles senzilles per identificar la facilitat de brotada de les gemmes, són:

- Les gemmes de flor necessiten menys hores fred que les de fusta.
- Les gemmes terminals necessiten menys hores fred que les laterals (Espada, 2010).
- Les gemmes terminals inhibeixen la brotada de les laterals.
- La brotada es dona abans en branques poc vigoroses.
- S'ha de tenir en compte que els arbres empeltats han de satisfer les necessitats d'hores fred de la varietat i del peu (que poden no coincidir). El peu pot influir a l'hora de sortir de la latència de la varietat (Hatton i Grubb 1926).

La latència es pot dividir en tres estats paralatència, endolatència i ecolatència, tal com mostra la figura 7:

- *Paralatència: regulada per factors fisiològics que no es donen a la pròpia estructura afectada.*
- *Endolatència: regulada per factors fisiològics propis de l'estructura afectada.*
- *Ecolatència: regulada per factors ambientals.*

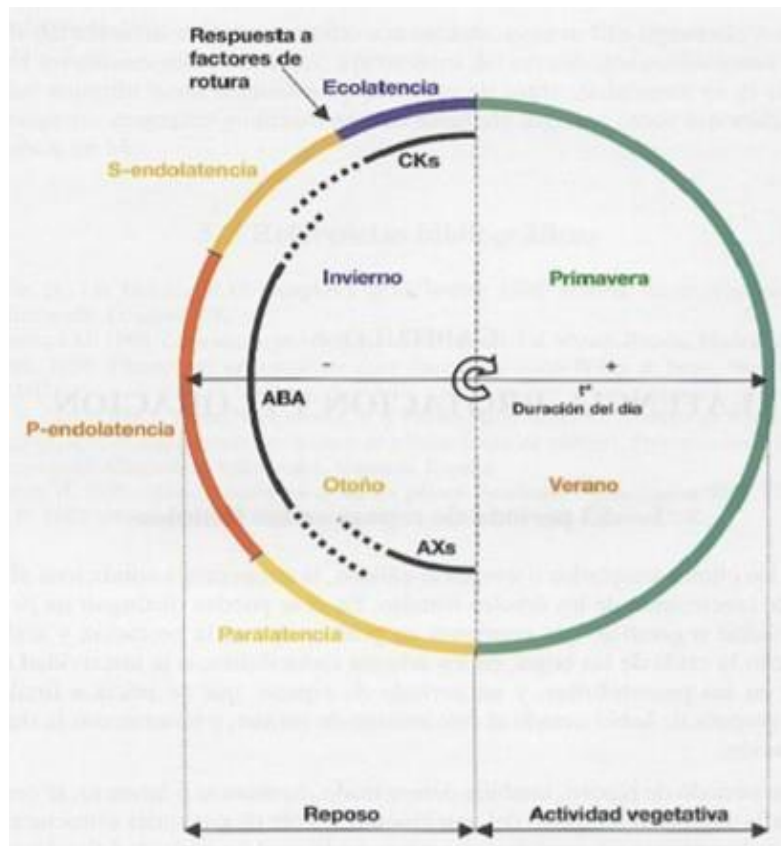


Figura 7. Cicle anual de la latència i les hormones vegetals que hi participen (Agustí, 2010).

Per tant, la incapacitat de creixement de la gemma (o latència) és deguda a condicions ambientals i/o a la incapacitat d'induir el creixement.

A finals de tardor o principis d'hivern es sintetitzen les dehidrines a les gemmes. Les dehidrines són proteïnes lligades a la resistència al fred i que es solen induir per estrès hídric. Concretament, són proteïnes hidrofíliques que presenten un estat desordenat que permet que s'uneixin a proteïnes de membrana, ADN i ARN. Les dehidrines intensifiquen la latència, ja que deshidraten a la cèl·lula, fet que la fa més resistent al fred. El principal problema de les temperatures de congelació és que l'augment de volum de l'aigua continguda a la cèl·lula pot dur al col·lapse de les membranes (Reddy et al., 2004; Waterer et al., 2010). A l'endolatença, quan el fred va avançant provoca que es vagi alliberant aigua a l'interior de la cèl·lula, fet que infla a les gemmes. Es tracta d'un procés fortament influït per la temperatura en la que les dehidrines no desapareixen, sinó que deixen d'estar actives. Al final de l'endolatença i durant de tota l'ecolatència hi ha sensibilitat respecte de les citoquinines (que rompen la latència). Si hi ha suficient temperatura i citoquinines es reinicia el creixement durant la primavera. El metabolisme augmenta, especialment la producció d'ADN i ARN o la síntesis enzims.

Es pot entendre que la latència és una estratègia de supervivència davant del fred hivernal (Faust, 1997). Aquesta estratègia es basa en la resistència a la congelació. L'augment de volum de l'aigua quan es congela, suposa la mort cel·lular. Per a evitar aquest episodi, s'han de mantenir les macromolècules hidratades. Afegir més àcids grassos en poliinsaturats dels fosfolípids a les membranes de la cèl·lula és una mesura de prevenció. Suposa un augment de la fluïdesa i fa possible l'activitat cel·lular a baixes temperatures. Durant les baixes

temperatures de l'hivern es poden donar pèrdues de connexió entre zones de la planta (cavitacions al sistema circulatori). Aquesta situació deixa a les gemmes "aïllades" en el seu propi metabolisme.

Un cop s'han satisfet les necessitats de fred de les gemmes, aquestes detecten aigua i es restableix la connexió amb la resta de la planta, arribant al torrent d'hormones ric en citoquinines (que promouen la brotades).

Per a fer possible l'estratègia de supervivència anteriorment comentada, la planta acumula sucres abans d'entrar en latència. Aquest sucre s'acumula prop de les gemmes abans de la brotada primaveral. Aquest moviment de sucres cap a les gemmes es dona concretament quan s'han satisfet les hores fred. L'augment de temperatura accelera el metabolisme (la respiració cel·lular) de les gemmes, que augmenta el consum de sucres. L'efecte "sumidero" porta a la planta a subministrar més sucre a les gemmes. Tot i això, les reserves de sucre cauen just després del desborrament de les gemmes, el pas previ a la brotada.

Resistència als ambients hivernals.

L'acció més nociva potencialment per als fruiters durant els hiverns són les temperatures de congelació o les combinacions amb altres factors que originen gelades. Els teixits cel·lulars contenen una quantitat important d'aigua i les temperatures àmpliament menors dels 0°C propicien un augment de volum que pot suposar la trencament de membranes i parets cel·lulars, provocant embòlies o la mort de l'individu. La resistència al fred dels arbres caducifolis de zona temperada es troba lligada a un procés d'adaptació que inclou la maduració i enduriment de la fusta, així com la gestió nutricional:

- **Maduració:** acumulació de nutrients, pèrdua de turgència de teixits, engruiximent de parets cel·lulars i reducció d'activitat de meristemes.
- **Enduriment:** més permeabilitat cel·lular, pèrdua d'aigua i reducció del volum vacuolar, incorporació de carbohidrats i lignificació de parets cel·lulars.
- **Gestió nutricional:** al final de l'estiu s'acumulen reserves de carbohidrats a la totalitat de la planta. Durant l'hivern, aquestes reserves es mobilitzen en direcció als llocs on hi ha consum, als "sumideros". Al final de l'hivern, es mobilitzen les reserves cap a les zones properes a les gemmes. L'augment de temperatura augmenta les taxes de respiració de les gemmes i el consum de carbohidrats. Aquí és on es produeix el desborrament i posteriorment la brotada, que suposa un gran consum de recursos. Poc després, les gemmes de fusta seran brots, plenament fotosintètics, que aportaran carbohidrats a la totalitat de l'individu.

Per mantenir les macromolècules hidratades s'afegeixen més àcids grassos poliinsaturats dels fosfolípids a les membranes. Això augmenta la fluïdesa i fa possible l'activitat metabòlica a baixes temperatures de les cèl·lules. Durant els moments de més fred es poden donar pèrdues de connexió entre zones de la planta i es pot considerar que la gemma s'aïlla de la resta de la planta i es proveeix del seu propi metabolisme. Un cop s'ha satisfet la necessitat de fred, ha augmentat la temperatura i ha aparegut aigua al sistema, es restableix el subministres de

fluids i el torrent hormonal que irrigarà la gemma promourà la brotada. (Talón, 2008). Aquestes adaptacions permeten que les temperatures negatives durant la latència no tinguin efectes negatius a la part aèria dels fruiters. Com a regla general es pot adoptar que a més adaptació al fred, més hores fred s'han de satisfer per a sortir de la latència. Per contra, espècies amb poca necessitat implica poca adaptació al fred.

Cal destacar que les temperatures negatives no tenen un efecte rellevant a l'acumulació de fred. Frenen tant el metabolisme que l'efecte es pot depreciar. La temperatura del sòl no té cap efecte sobre l'acumulació de fred, només és rellevant la de l'aire en contacte amb les gemmes. No és menyspreable de totes formes, que la temperatura del sòl pugui tenir efectes sobre la velocitat del metabolisme a la zona radicular. També, les temperatures molt baixes a les arrels poden suposar danys als fruiters, ja que la zona radicular no està tan adaptada al fred com la part aèria. Això és degut a que la temperatura del sòl sol ser més estable i lleugerament superior a la del aire durant l'hivern.

3.5 Fisiopaties relacionades amb les hores fred.

Quan no es satisfan les necessitats d'hores fred d'una espècie s'ocasiona un estrès o una "situació traumàtica" per a la planta. Es tracta de fisiopaties freqüents quan es passa un hivern especialment suau en quant a temperatures. Els danys ocasionats solen ser proporcionals al dèficit de fred. Les conseqüències poden ser:

Danys als òrgans vegetatius:

- Retràs en el desborrament i en l'apertura de les gemmes (Tabuenca, 1965; Gil-Albert, 1989).
 - Aquests retards poden arribar a consumir tota la reserva energètica de les gemmes. Si no hi ha reserva suficient, és molt probable que hi hagi caigudes de fruit. (Chandler y Brown, 1952; Tabuenca, 1965).
 - El retràs pot tenir associat un altre contratemps important si és molt continuat. Pot arribar a donar-se el cas de quan l'arbre estigui en plena floració, els insectes ja no pol·linitzin ja que tinguin altres espècies més interessants al seu abast. (Chandler y Brown, 1952; Tabuenca, 1965).
 - Una altra conseqüència del retràs en la brotada és el retràs en la collita del fruit. El mercat atorga menors preus als fruits més tardans, ja que hi ha major competència i la rendibilitat de les explotacions es ressent.
 - L'apertura de gemmes tardana pot tenir un efecte positiu inesperat. Els brots tendres són sensibles a les gelades i un lleu retràs en l'apertura pot evitar l'exposició dels brots a les gelades tardanes, que a les Illes Balears es donen amb certa freqüència. (Agustí, 2010)
- La brotada és irregular, heterogènia i dispersa a la planta.
 - Brotada i floració anticipada de la part baixa de la copa.

- Es troben estats de fenologia molt diferents entre brots florals i brots vegetatius. Especialment greu en pomeres, pereres, melicotoners i albercoquers (Chandler y Brown, 1952; Tabuenca, 1965).
- El creixement vegetatiu es veu híper estimulat en detriment del floral/fruit. El desenvolupament de les fulles és menor i deforme, amb certa deficiència o juvenilitat (“juvenilidad” en castellà). Aquesta morfologia deficient acaba sofrint danys per insolació en situacions de radiació normals.
- Hi ha molt pocs dards viables, cas especialment greu en pereres.
- Els “ramillets de maig” s’avancen i les gemmes mixtes es retarden als fruiters de pinyols. (Espada, 2010)
- Hi ha menys brotacions vigoroses ja que aquestes tenen majors necessitats de fred. Per tant, broten les gemmes més dèbils que no necessiten acumular tant de fred.



Figura 8. Exemple de brotada anticipada a la part baixa d'un cirerer a Sant Llorenç des Cardassar. Autor: Miquel Serra Sansó, tècnic d'ADV. 2019.

- Es dóna amb certa freqüència acrotonia, un desenvolupament més vertical de la planta. L'angle d'inserció de les branques és més tancat (hi ha un efecte sobre l'acumulació de les reserves que dóna menys gemmes de producció). El cost de la poda

augmenta si l'angle és tancat (informació extreta de conversa amb Miquel Capllonch, 2019).

- El despreniment de gemmes és l'efecte més greu. En melicotoner i albercoquer poden arribar a caure el 100% de les gemmes de flor. Si es mantenen entre un 10 i un 20% de les gemmes a l'arbre, es pot aconseguir una producció rendible. Dins els fruiters de pinyol, melicotoners i albercoquers són més sensibles i les pruneres tenen especial tolerància a aquests esdeveniments (Black, 1953; Tabuenca, 1965; Gil-Albert, 1989)
- Cremades en gemmes, que moren i ja no arriben a brotar (Tabuenca, 1965).
- En melicotoners, es pot donar el cas de que les gemmes no s'arribin a obrir i l'any següent reposin durant menys temps.

Danys florals:

- Necrosis de gemmes abans de l'apertura.
- Avortament de l'estil (Tabuenca, 1965)
- Alteracions del pol·len que redueixen o anul·len la viabilitat (Tabuenca, 1965).
- Aparició de pistils múltiples que si hi ha quallat, hi haurà fruits múltiples.
- (Tabuenca, 1965; Agustí, 2010)

Danys en el fruit:

- Es poden donar deficiències en el quallat del fruit. Quan les necessitats en sucres dels fruits augmenten, l'arbre no pot abastar-les totes (conseqüència de la falta de massa foliar) i es produeix una caiguda important de fruits. Aquestes caigudes poden arribar a ser superiors al 50% segons l'espècie (Espada, 2010).
- Als fruits que arriben a desenvolupar-se, la maduració es dona de forma irregular (Espada 2010).
- Fruits de menor calibre, menor coloració i menor fermesa (menor densitat cel·lular als teixits del fruit). En general degut a falta de carbo-hidrats (Espada 2010).
- Com a conseqüència de totes les situacions esmentades, es redueix tant la producció com el guany percebut per l'agricultor ja que els fruits tenen menor qualitat comercial (Espada 2010).

3.6 Mesures preventives dels danys. Compensadors de fred.

En cas d'haver implantat una plantació amb una varietat que no veurà satisfetes les seves necessitats de fred, hi ha dues opcions per evitar els danys anteriorment comentats. La primera és canviar de varietat per una de menors necessitats de fred mitjançant l'empelt. L'altra opció és utilitzar mètodes compensatoris. Aquests, poden ser físics o químics.

Tractaments físics:

- Emblanquinat de l'arbre. L'emblanquinat bloqueja la radiació solar, aleshores els arbres amb falta de fred són més sensibles. Es pot emblanquinar usant caolí en pols o es poden usar composts càlcics molt dissolts en aigua i xopar l'arbre. Combinat amb abonament foliar, es milloren els efectes (Melgarejo, 1996)
- Supressió primerenca del reg. Aquesta mesura no corregeix la falta de fred, però minimitza els retards que es creen a causa d'aquest. Si s'avança l'entrada en latència (tallant el reg) s'avança la posterior sortida. (Melgarejo, 1996)
- La gemma apical inhibeix parcialment les gemmes laterals de cada brot. Despuntant-la suprimeix el subministrament d'inhibidors del creixement i, per tant, es facilita la brotada. Arquejar o doblegar les branques també redueix la inhibició que provoca la gemma apical (Melgarejo, 1996).
- El reg en aspersió dirigit a les branques, redueix la temperatura de les gemmes en dies calorosos d'hivern que són perjudicials per a l'acumulació de fred (Melgarejo, 1996).
- La defoliació a la tardor provoca una entra forçada en latència. Els productes defoliadors (promotors d' àcid abscísic) o càustics que s'utilitzen, provoquen un estrès que dona com a resultat brotacions enèrgiques més homogènies. Aquesta pràctica combinada amb una restricció del reg a final d'estiu o tardor augmenta el seu efecte (Melgarejo, 1996).
- Per contra, si no es defolia l'arbre i s'apliquen regs lleugers durant l'hivern, l'estat radicular millora i s'aconsegueix una brotada més primerenca (Melgarejo, 1996).
- Regs aeris a les gemmes, "renten" els inhibidors externs que cobreixen les estructures i faciliten la sortida de la latència.
- Evitar abonaments rics en nitrogen, especialment al final de l'estiu, facilita la sortida de la latència, al igual que l'ús d'encoixinats de plàstic. Si no s'han satisfet les hores fred requerides, "forçar" la sortida de la latència pot minimitzar les conseqüències.

Tractaments químics:

- Evitar la fertilització nitrogenada al sòl, com ja s'ha comentat. Cal destacar que nivells baixos de Zinc donen males brotacions. (Melgarejo, 1996)
- En canvi, fertilitzar la gemmes amb compostos nitrogenats en època de brotada, estimula la sortida de la latència. Es solen usar tiourea o nitrat potàssic. Si es combinen amb gibberel·lines o citoquinines exògenes, l'efecte augmenta.
- Composts compensadors de fred:
 - Oli parafínic (Erez, 1973; Calderón, 1983)
 - Di-nitro-orto-cresol (Dnoc) combinat amb oli mineral (Erez, 1973; Calderón, 1983)
 - Tiourea
 - Nitrat potàssic (Fernández-Escobar y Martín, 1987)
 - Cianamida d'hidrogen, dormex de nom comercial. Prohibida al 2010 (De Liñan, 1995).

3.7 Requeriments d'hores fred per a alguns cultius.

A l'hora d'escollir espècies o una varietat per a plantacions, si es segueix el criteri de les hores fred s'han de triar espècies que vegin satisfetes les seves necessitats amb les condicions meteorològiques de la zona on es plantaran. El viverista té varietats amb unes necessitats de fred concretes amb un fort component comercial, és a dir, cerquen un profit econòmic i no sempre es poden usar com a font fiable d'informació. Com a referència s'adjunten a continuació una taula amb les principals espècies i les seves hores fred (veure taula 2) i una altra taula amb les varietats més comuns d'algunes espècies, juntament amb les corresponents hores fred (veure taula 3).

Espècie	Hores fred
Albercoquer	300-900
Ametller	0-800
Avellano	800-1600
Melicotoner	100-1250
Codonyer	90-500
Cirerer	500-1700
Prunera	800-1500
Figuera	90-350
Pomera	200-1700
Noguer	400-1500
Perera	200-1400
Vid	90-1400

Taula 2. Requeriments d'hores fred per a diferents espècies. Font: Fernández-Escobar, 1988.

Perera	Hores fred	Ametller	Hores fred
Abate	>800	Cristomorto	400
Blanquilla	800	Desmayo largueta	180
Conferencia	700	Ferragnes	350
Ercolini	600	Marcona	200
Llimonera	850	Non pareril	180
Mantecosa	1000	Texas	280
Roma	550	Verdiere	250
Melicotoner carn blana	Hores fred	Nectarines	Hores fred
Cardinal	700-800	Armking	<600
Garnet beauty	>650	Crimson gold	650-800
Merrill Carnival	650-800	Fantasia	<650
Merrill july lady	650-800	Independence	650-800
Redglobe	700-800	Maybelle	500-550
Redheaven	700-800	Morton	650-800
Regina	800-950	Ruby gold	650-800
Royal gold	<600	Albercoquer	Hores fred
Springtime	500-600	Búlida	1050
Suncrest	800-950	Canino	750

Melicotoner carn dura	Hores fred	Maniquí	850
Baby gold 5	600-700	Paviot	1050
Calandra	600-700	Prunera	Hores fred
Carson	850	Presidente	800-1000
Fortuna	600-700	Reina claudia	600-700
Vesubio	500-600	Reina claudia verde	790-1300
Nectarines	Hores fred	Cirerer	Hores fred
Armking	<600	Napoleón	900-1100
Crimson gold	650-800	Lambert	900-1100
Fantasia	<650	Montmorency	850-1000
Independence	650-800	Champman	850-900
Maybelle	500-550	Morello	800-900
Morton	650-800	Cristobalina	600-700
Ruby gold	650-800	Stella	900-1000

Taula 3. Necessitats d'hores fred de les principals varietats de prunera i cirerer. Font: Calderón, 1980.

Paràmetres per a l'elecció del material vegetal.

Un dels punts més rellevants del disseny d'una explotació de fruita és l'elecció del material vegetal. Els principals aspectes de que es valoren solen ser els kilograms de fruita que pot arribar a produir l'arbre, la sensibilitat a plagues i malalties o el consum d'aigua i fertilitzants. Anteriorment s'han descrit les conseqüències de no satisfer les necessitats de fred dels arbres fruiters, així és que evitar tots aquests problemes és crucial a l'hora de triar el material vegetal.

4. Metodologia.

4.1 Descripció de les dades meteorològiques emprades.

Per aquest projecte, s'han considerat el major nombre d'estacions en superfície per tal de que els resultats mostrin la variabilitat de les hores fred a Mallorca. S'han considerat estacions amb dades disponibles durant els darrers 10 anys o des de la seva instal·lació.

El procés de recollida de dades ha estat llarg i tediós. S'han volgut combinar dades de fonts públiques amb dades de particulars. S'ha demanat als particulars que de forma voluntària aportin les seves dades per a contribuir al projecte. Durant més de 6 mesos s'han cercat entre els socis d' APAEMA a possibles contribuents. També s'han cercat contribuents a les xarxes Balearsmeteo i Meteoclimatic amb més de 10 interessats. Les dades de les estacions públiques s'han obtingut de la xarxa AEMET a través del conveni de col·laboració que el grup de meteorologia de la UIB té amb l'agència. S'han contactat a grans cooperatives del sector agroalimentari que facilitin dades de les seves estacions meteorològiques. Camp Mallorquí ha estat especialment col·laborador amb el projecte, tot i que no s'han pogut utilitzar dades seves. Camp Mallorquí té finques experimentals on fan assaigs de producció amb noves varietats d'ametllers per així assessorar als seus socis. Les finques s'han dotat d'estacions meteorològiques. No obstant, durant l'elaboració d'aquest projecte no comptaven amb cap registre de dades. Les cooperatives de major mida han declinat l'oferiment, al·legant que aquestes dades són de vital importància pel negoci. Les dades meteorològiques són costoses d'obtenir degut al preu dels aparells de mesura i el software. Aquestes dades suposen una avantatge competitiu que no volen compartir amb els seus competidors, ni amb la resta de la societat i la comunitat científica.

També s'han explorat entitats públiques com IRFAB, ABAQUA, FOGAIBA, Direcció General d'Agricultura, TRAGSA, IBANAT, SIAR... sense resultats positius.

També s'ha contactat amb la web Openweather, que compta amb moltes estacions segons la seva web. Probablement no tots els punts que ofereixen a la seva web siguin estacions, ja que aquestes tenen un cost econòmic considerable i la xarxa és gran.



Figura 9. Xarxa open weather a les Balears. Punts que ofereix al seu servei.

Per poder caracteritzar el rang de les hores fred a una zona s'han de tenir sèries de mínim 10 anys, ja que és la vida útil mínima d'un arbre. De totes formes no han volgut col·laborar amb

aquest projecte, però si alguna institució pública ha de posar en marxa alguna investigació pot ser un bon lloc per aconseguir dades. De totes formes, aquesta empresa té el mateix problema que l'AEMET de falta d'informació a la zona agrícola de St Joan, Sta Margalida i Artà.

Les dades de les xarxes Balearsmeteo (Balearsmeteo, s.f.) i Meteoclimatic (Meteoclimatic, s.f.) que s'han acceptat són les que tenen segell de qualitat de la pròpia web. Aquests segells indiquen que les dades tenen continuïtat i que les estacions tenen manteniment i garanties de la qualitat.

El mapa d'estacions obtingut per a Mallorca en aquest estudi és el següent:

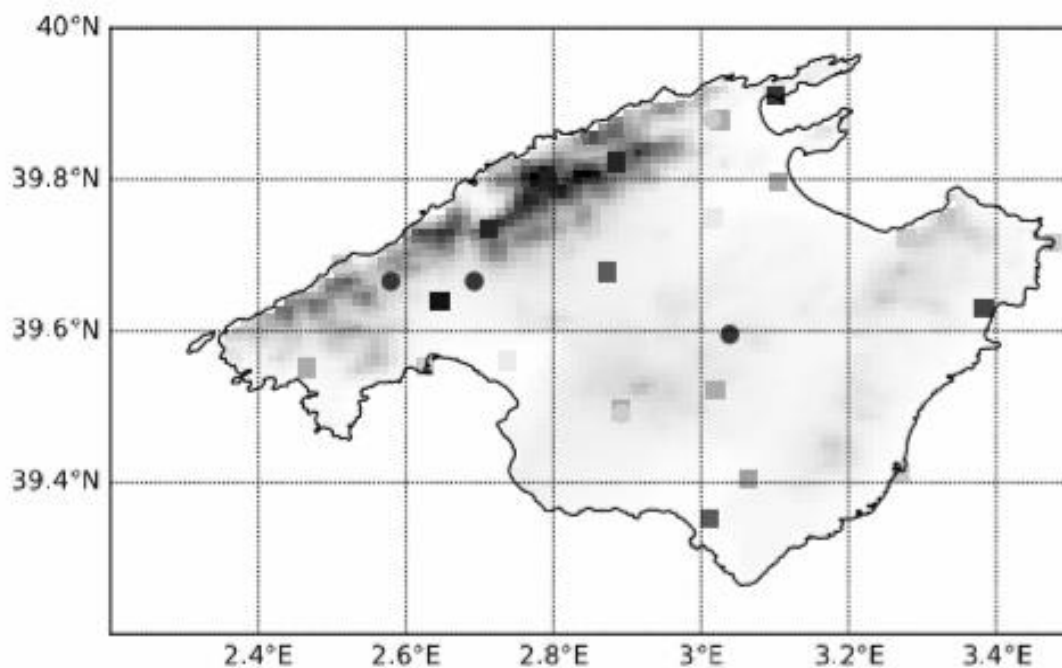


Figura 10. Mapa de les estacions meteorològiques disponibles per aquest treball i l'altimetria (veure els tons negres) de l'illa. Els quadrats indiquen que l'estació meteorològica pertany a la xarxa AEMET mentre que els cercles que pertany a un particular.

Es tracta d'un mapa d'estacions públiques de l'AEMET i privades de particulars combinades, que cobreix un àrea major i omple algunes zones que queden sense estacions properes, fet que afegeix precisió a les dades que s'obtinguin. En qualsevol cas, la figura mostra que les estacions no estan homogèniament distribuïdes a les zones agrícoles de l'illa.

4.2 Tractament de les dades.

Les hores fred de cada un dels anys s'obté mitjançant el recompte directe d'hores en que la temperatura és per davall dels 7°C. En aquest cas s'han analitzat anys agro-meteorològics (des de l'1 de setembre al 31 d'agost) durant 10 anys (o menys depenent de les dades disponibles per a cada una de les estacions de mesura). Els resultats es poden mostrar anualment o fent la mitjana durant els 10 anys analitzats. Per avaluar la dispersió i la

variabilitat de les hores fred al llarg del període analitzat s'han calculat les desviacions estàndard:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

essent \bar{x} el valor mig, N el nombre total d'anys i x_i el valor de l'hora fred per cada any.

5. Determinació d'hores fred a partir d'estacions meteorològiques.

5.1 Mallorca.

La Taula 4 mostra els resultats de les mitjanes d'hores fred de cada estació de Mallorca durant el període analitzat amb les desviacions estàndard per les estacions de la xarxa AEMET. També es mostren els valors anuals mínims i màxims de cada estació. S'ha indicat les tres categories possibles per a les estacions, tal com s'ha explicat anteriorment: costa, muntanya i interior (C, M i I, respectivament) i a la taula 5 es mostren les mitjanes i desviacions estàndard de les hores fred a cada zona. La resta d'estacions estan representades a la Taula 6. Les hores fred es representen com "HF" a les taules i figures següents.

Estació (regió)	<HF>±σ (# d'anys)	màx. (any)	mín. (any)
Lluc (M)	1546±202 (11)	1817 (2008/09)	1169 (2013/14)
Banyalbufar (C)	91±76 (10)	230 (2009/10)	2 (2013/14)
Palma Universitat (I)	885±117 (10)	1097 (2011/12)	737 (2015/16)
Escorca Son Torrella (M)	2112±493 (7)	2792 (2008/09)	1080 (2016/17)
Serra d'Alfàbia (M)	1961±520 (10)	2976 (2017/18)	1288 (2007/08)
Calvià Son Vic Nou (C)	591±161 (10)	932 (2011/12)	338 (2015/16)
Llucmajor (I)	557±150 (10)	804 (2011/12)	306 (2015/16)
Port de Pollença (C)	393±90 (11)	540 (2011/12)	255 (2015/16)
Muro s'Albufera (C)	596±124 (10)	857 (2011/12)	463 (2013/14)
Colònia de Sant Pere (C)	152±116 (10)	435 (2009/10)	28 (2011/12)
Far de Capdepera (C)	120±96 (9)	288 (2009/10)	3 (2015/16)
Far de Portocolom (C)	188±100 (11)	373 (2011/12)	65 (2013/14)
Campos Ses Salines (C)	784±131 (10)	1042 (2011/12)	601 (2013/14)
Aeroport de Palma (C)	685±118 (10)	969 (2011/12)	544 (2013/14)
Palma Portopí (C)	165±98 (11)	354 (2011/12)	32 (2015/16)
Son Servera Son Sard (C)	415±114 (10)	604 (2011/12)	238 (2015/16)
Poliesportiu de Pollença (I)	517±90 (9)	622 (2011/12)	347 (2013/14)
Sa Pobla Sa Canova (I)	667±121 (10)	916 (2011/12)	515 (2013/14)
Binissalem Sa Vinyota (I)	750±141 (10)	1027 (2011/12)	555 (2015/16)
Sineu Camp Rodó (I)	681±127 (10)	926 (2011/12)	503 (2015/16)
Poliesportiu de Manacor (I)	639±145 (10)	896 (2011/12)	380 (2015/16)
Artà Molí d'en Leu (I)	616±151 (10)	813 (2011/12)	309 (2015/16)
Campos Son Siòn (I)	924±171 (10)	1250 (2011/12)	601 (2008/09)
Porreres (I)	574±152 (11)	839 (2011/12)	276 (2013/14)

Taula 4. Mitjana amb la corresponent desviació estàndard de les hores fred acumulades durant un cert nombre d'anys agro-meteorològics per a determinades estacions meteorològiques repartides per l'illa de Mallorca. La regió on estan localitzades les estacions meteorològiques s'ha especificat emprant les categories següents: M(muntanya), C (costa) i I

(interior). L'any agro-meteorològic de major i menor acumulació d'HF per a cada estació també hi són indicats.

	Costa	Muntanya	Interior
# d'estacions	11	3	10
<HF> $\pm\sigma$	379 \pm 264	1836 \pm 481	682 \pm 189

Taula 5. Mitjana amb la corresponent desviació estàndard de les hores fred acumulades durant tots els anys agro-meteorològics possibles a totes les estacions pertanyents a cada regió: costa, muntanya i interior. El nombre d'estacions s'ha considerat per a cada regió també hi és indicat.

Estació	Període	HF
Pollença	01/01/16 - 31/12/17	331
Esporles	05/08/16 - 05/11/18	764
Pont d'Inca	01/01/16 - 06/11/18	250
Sant Joan	21/09/09 - 22/09/18	330
Llucmajor	30/06/15 - 13/12/18	210
Manacor	27/03/10 - 05/09/18	338

Taula 6. Hores fred acumulades durant diferents períodes per a distintes estacions meteorològiques de Mallorca.

Les Taules 4 i 6 mostren els resultats d'hores fred de totes les estacions obtingudes. Les estacions a més altitud obtenen els valors màxims (Escorca en la mitjana i Alfàbia en la màxima i la mínima). El clima de muntanya contribueix molt a enregistrar un gran nombre hores fred, tant que els valors mínims superen les 1000 hores fred, un valor molt desitjable per a qualsevol finca de fruiters. Per altra banda, Banyalbufar obté els mínims tant en hores fred de mitjana com en valors mínims. Cal tenir en compte que dues estacions properes poden tenir valors molt diferents. La temperatura és una variable molt local i resulta difícil interpolar punts de manera fiable. El cas de dues estacions properes amb valors molt diferents es dona especialment entre estacions de particulars i estacions de AEMET. A la taula 6 es mostren els valors de les estacions dels particulars i de forma preliminar tot apunta a que els valors són poc menors. Existeix la possibilitat que aquestes estacions puguin estar més properes als nuclis urbans i que s'enregistri menys fred. En qualsevol cas s'hauria de fer una anàlisi més extensa per saber-ho.

En una fase inicial del projecte es va preveure elaborar mapes d'hores fred representades amb corbes de nivell tal com es va fer als anys 80 (veure figura 3). Aquesta idea s'ha descartat durant el projecte a causa de varis factors. Un d'ells és que un mapa on es mostra el valor de les hores fred i la topografia del terreny alhora mostra la major part de la informació que necessita un tècnic per triar una varietat. Un altre és que la temperatura és una variable molt local i a zones de terreny complex com Mallorca on la variabilitat és molt gran. Només són representatives les dades del punt on hi ha l'estació. La temperatura que hi ha entre dues estacions es pot interpolar, però no és una dada registrada, sinó estimada. Existeixen situacions en les que no es poden interpolar dades, com el cas d'un pendent. La zona més alta i la més baixa del pendent poden tenir diferents hores fred acumulades a pesar que es trobin

molt properes. Per tant, una corba de nivell (que mostra una massa continua i homogènia de dades) no és l'eina adequada per mostrar aquest tipus d'informació, ja que emmascara la variabilitat local de les hores fred de Mallorca.

S'han estudiat per separat les tres categories en que s'han distingit les estacions meteorològiques (costa, interior i muntanya). Les zones de muntanya (figura 11) són especialment difícils d'analitzar mitjançant teledetecció. Les zones tan heterogènies mereixen un cas d'estudi particular, no es pot generalitzar amb facilitat.

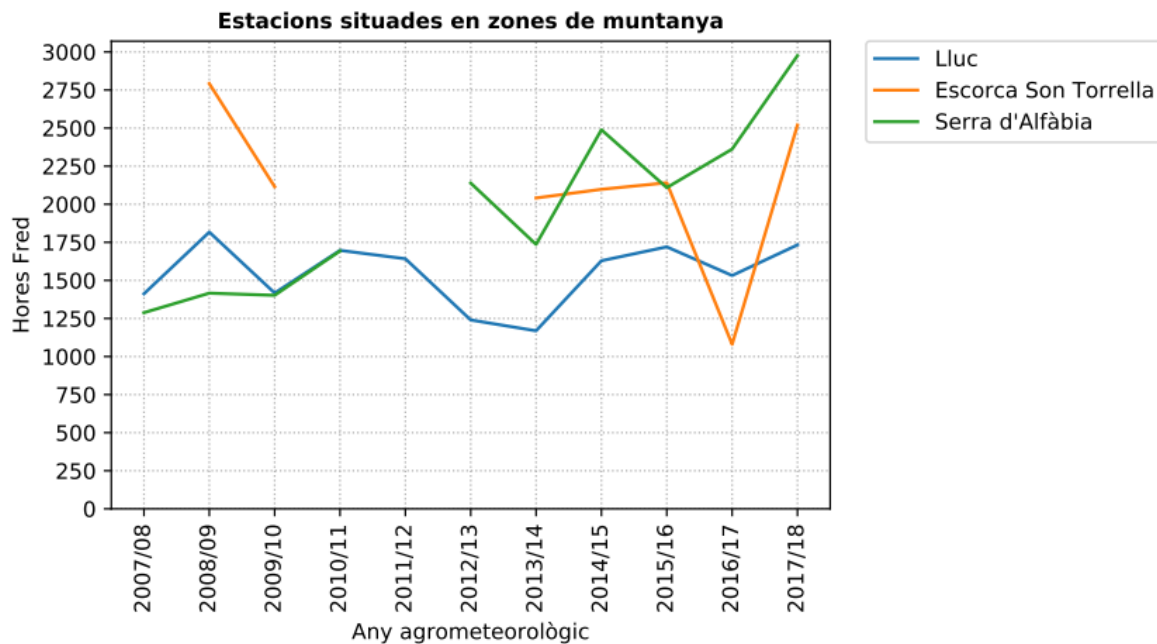


Figura 11. Evolució de les hores fred de cada estació de muntanya per a 10 anys de registre.

És difícil qualificar com a interessants per al cultiu professional les zones de muntanya de Mallorca, però és cert que hi ha excepcions. En alguns llocs de muntanya es poden trobar zones planes que permetin establir plantacions professionals, amb un nivell d'humitat superior i més acumulació de fred. Aquestes zones són molt poc freqüents i tot i que les plantacions siguin rendibles, els costos de transport poden arribar a fer deficitària l'activitat econòmica. En aquestes zones, les lectures de les estacions sempre superen les 1000 hores fred. Es tracta d'un valor generós que en general no suposaria un problema per a les necessitats de fred de la majoria de cultius. Com a curiositat, la Serra d'Alfàbia té la seva estació al cim d'un puig i els bons valors que enregistra estan sotmesos a les característiques típiques de les muntanyes, condicions meteorològiques són adverses per gran part d'espècies (vent i baixes temperatures).

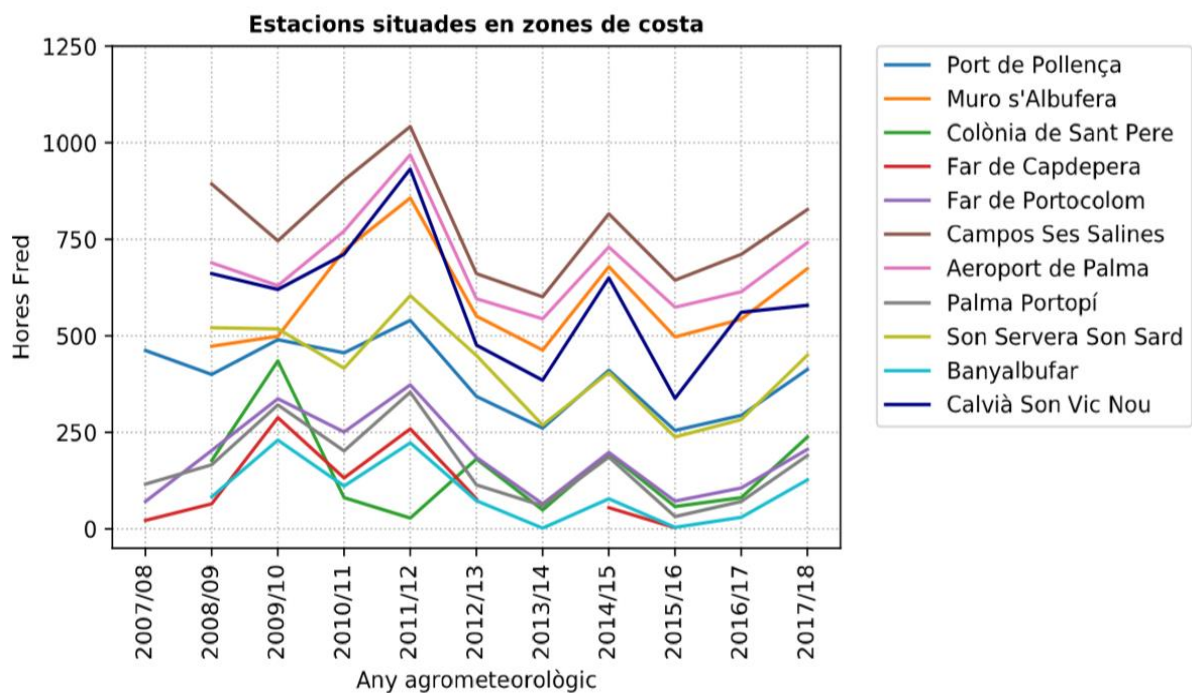


Figura 12. Evolució de les hores fred de cada estació de costa per a 10 anys de registre.

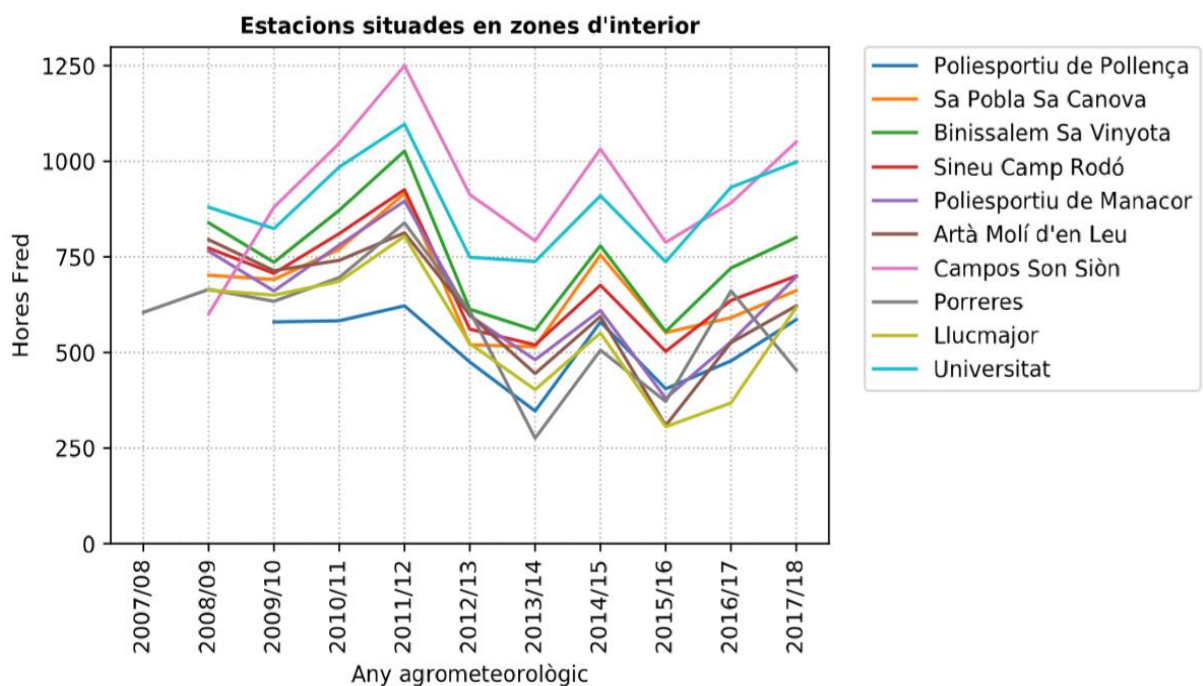


Figura 13. Evolució de les hores fred de cada estació d'interior per a 10 anys de registre.

Les zones de costa (figura 12) solen tenir temperatures més suaus que les d'interior a causa de la influència marina. Depenent de la distància a la costa i de les condicions locals de cada estació, el nombre d'hores fred pot variar tal com es mostra a la figura 12. A mesura que ens separem de la costa i ens situem terra endins el nombre d'hores fred augmenta ja que la topografia de Mallorca, especialment al centre de les 3 conques, afavoreix la formació de piscines d'aire fred. A les zones d'interior (figura 13) hi ha quasi sis anys en els què totes les

estacions no baixen de 500 hores fred, mentre que a les estacions de costa durant deu anys sempre hi ha alguna estació per davall de les 250 hores fred.

A les estacions de costa únicament es superen les 1000 hores fred al període 2011-2012 a l'estació de Campos - Ses Salines (situada a la zona a on es forma la piscina d'aire fred, segons la figura 5). En canvi, a les estacions d'interior es supera aquest valor en més períodes i per a més estacions. Aconseguir valors més extrems és la conseqüència de que la influència marina no suavitzava les temperatures.

Les zones d'interior concentren la majoria de l'activitat agrícola de l'illa. Els resultats de la figura 13 són millors quant a hores fred que els de la figura 12 (zones de costa). Resulta comprensible llavors, que l'activitat en fructicultura de l'illa s'hagi concentrat a l'interior, on les condicions d'hores fred són més favorables.

La tendència de les dades permet treure algunes conclusions. Al període 2011-2012 es troba el màxim dels valors. Els valors mínims es troben als períodes 2013-2014 i 2015-2016. Aquests són deguts a les condicions meteorològiques de cada any i en qualsevol cas les dades analitzades no presenten un cicle determinat d'anys amb moltes o poques hores fred.

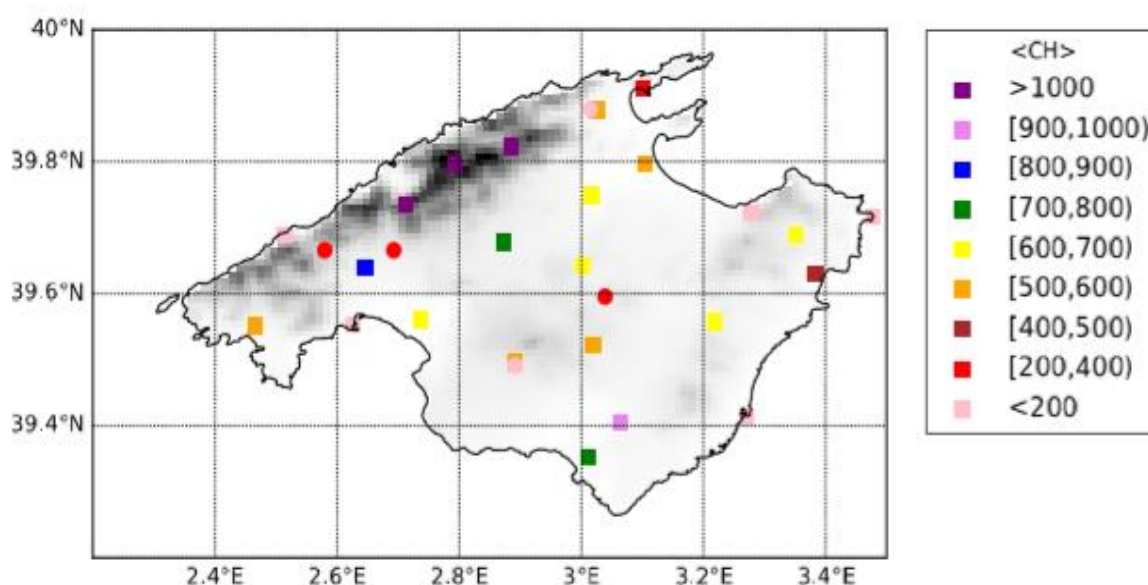


Figura 14. Rang de valors on es troben les mitjanes d'hores fred durant tots els anys agrometeorològics estudiats. Els quadrats representen estacions de la xarxa AEMET, els cercles representen estacions de particulars. Els tons negres representen la topografia de l'illa.

La distribució de les estacions combinades no segueix una distribució lògica. La localització de les estacions meteorològiques privades en alguns casos superposa amb la de les públiques. Aquests casos són fruit de l'atzar, ja que quan es va començar amb el projecte, no es coneixia ni el nombre ni la posició de les estacions privades. En els casos en els quals es superposen els punts, es dona la circumstància que els valors poden ser poc semblants. S'ha de tenir en compte que la posició de l'estació, l'altura, els "microclimes" propis del municipi i multitud d'altres factors poden influir en els valors que s'obtenen.

Com ja s'ha comentat, la temperatura és una variable molt local. Especialment a un lloc com Mallorca, on el relleu és tan heterogeni. A la figura 14 es pot comprovar fàcilment. Al la zona de la Universitat, marcada amb un quadrat blau, hi ha 800 hores fred aproximadament. Molt a prop hi ha dues estacions, marcades amb cercles vermells, que tenen valors propers a 200 hores fred. En un espai tan proper resulta curiós que es passi d'un valor tan alt a un tan baix. Aquesta situació és deguda a que la Universitat està "enclotada", situada a una altitud inferior a la del seu entorn. Aquesta situació facilita l'obtenció d'hores fred respecte de les zones properes. Per tant, que la temperatura i, com a conseqüència, les hores fred són variables molt locals i per tant difícilment extrapolables. Per a un estudi precís i concret d'un lloc, es necessitaria una o més estacions al lloc desitjat o vols de drons equipats amb càmeres tèrmiques (agricultura de precisió). A major escala, els productes satel·litaris es podrien emprar, tal com es farà més endavant.

5.2 Menorca, Eivissa i Formentera.

Per qüestions gràfiques, no es pot mostrar l'arxipèlag complet i s'ha separat Mallorca de la resta d'illes.

Cas de Menorca:

A l'illa de Menorca s'ha fet un anàlisi semblant a Mallorca amb les estacions de la xarxa d'AEMET (taula 7) i de particulars (taula 8).

Estació	Període	# HF
La Mola de Maó (B800)	20/05/08-22/03/18	989
Es Mercadal de Biniaumaia (B825b)	10/11/08-31/12/18	1736
Ciutadella Son Quim (B860)	25/05/09-31/12/18	2412
Ciutadella Cala Galdan (B870c)	30/09/16-31/12/18	905
Aeropuerto de Mahón (B893)	01/01/07-31/12/18	3340
Sant Joan de Labritja (B908)	26/05/09-31/12/18	7480
Sant Mateu (B914)	10/05/10-07/12/15	3175
Sant Antoni Depuradora (B925)	20/07/18-31/12/18	90
Sant Joan Cala de Bou (B926)	05/05/09-14/12/15	1361
Aeropuerto de Ibiza (B954)	01/01/07-31/12/18	2945
Eivissa (B957)	30/09/16-31/12/18	734
Formentera (B986)	30/24/16-31/12/18	210

Taula 7. Hores fred per les estacions AEMET per Menorca, Eivissa i Formentera.

Estació	Període	HF
Cala de Bou	01/01/17-06/11/18	569
Sant Mateu	01/01/17-06/11/18	1057

Taula 8. Hores fred acumulades durant un determinat període per a distintes estacions meteorològiques de Menorca.

Sense protecció del vent del nord, les hores fred de Menorca són més baixes que a Mallorca, ja que bufa principalment de Tramuntana (vent fort i fred que molts de dies de l'any és present a Menorca). La superfície coberta per les estacions de Menorca és més homogènia que a Mallorca.

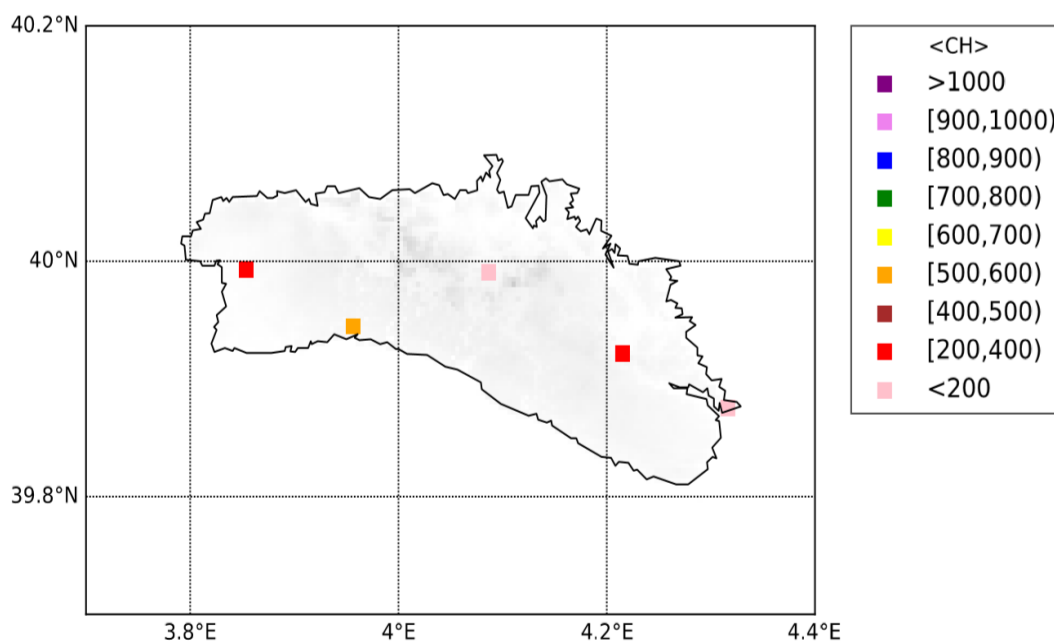


Figura 15. Mapa d'estacions i els seus valors d'hores fred a l'illa de Menorca.

Només hi ha una estació meteorològica que registri 500-600 hores fred, fet que dificulta la fructicultura a l'illa (veure figura 15). Les zones on es concentra majoritàriament l'activitat agrícola són els barrancs i el sud, a Alaior, Ferreries i Cala Galdana.

Els barrancs compten amb un microclima que pot reduir fins a 3-4 °C la temperatura respecte de les zones més planes, afavorint l'acumulació d'hores fred, a més, també estan protegits del vent fort de nord. Les espècies que es cultiven principalment són figueres, melicotoners, pruners i albercoquers, sent els ametllers i garrovers incompatibles amb les característiques de l'illa. A nivell anecdòtic, no hi ha ametllers i garrovers de forma generalitzada (com a Mallorca) ja que és una illa molt plana amb, segurament gran influència de vent, fet que no permet l'acumulació d'aire fred com en el cas de Mallorca (piscines d'aire fred i poc vent en general (informació extreta de conversa amb Guillem Alfocea, tècnic de l'associació de productors agraris ecològics de Menorca APAEM).

Cas d' Eivissa i Formentera:

A Formentera només hi ha una estació (figura 16), però no es tracta d'una zona de cultiu especialment rellevant. Els principals cultius que s'exploten són l'olivera i la figuera, ja que el seu requeriment tèrmic és mínim i s'adapten amb facilitat en un ambient amb tanta influència marina com Formentera.

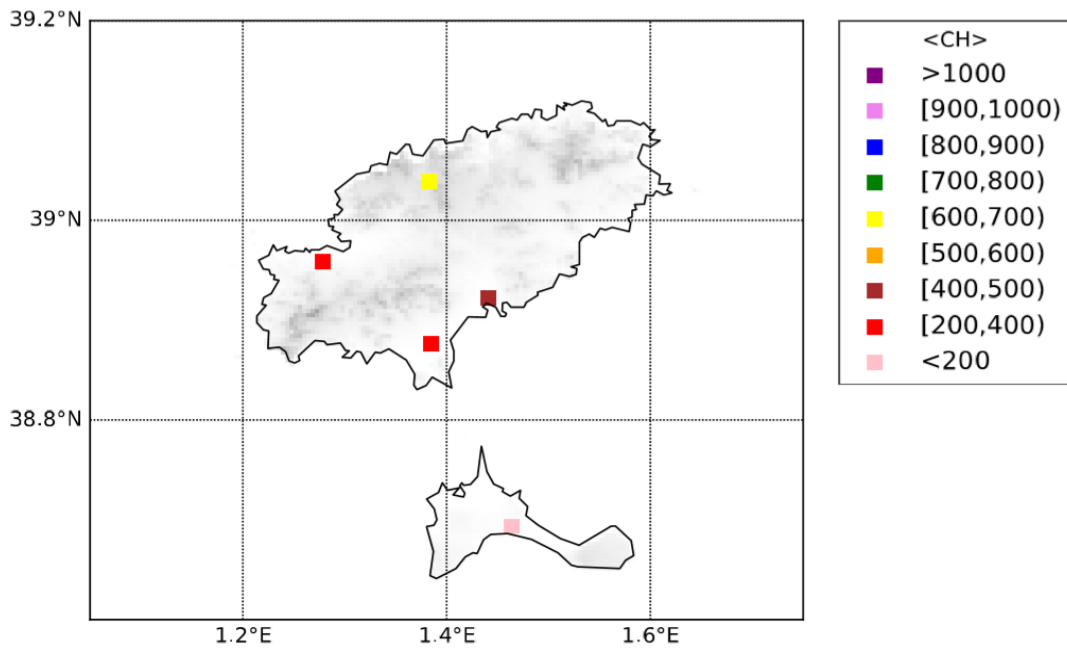


Figura 16. Mapa d'estacions i els seus valors d'hores fred a les illes de d'Eivissa i Formentera.

Pel que fa a Eivissa, les hores fred acumulades són lleugerament més nombroses que a Menorca a causa del relleu, el què en el cas d'Eivissa és més accidentat. L'estació meteorològica situada més al nord es troba al municipi de St Antoni d'Albarca i s'han registrat unes 600-700 hores fred, amb la qual cosa seria viable una fructicultura basada en fruiters de pinyol, especialment cap a l'est tenint en compte la topografia (veure els tons negres). La resta d'estacions tenen opcions més limitades, però es cultiven cítrics, ametllers i garrofers sense cap problema. També hi ha llocs amb vinya repartits per la meitat nord de l'illa, però són petites i familiars (informació extreta de conversa amb Maribel Juan, responsable de l'associació de productors agraris ecològics d'Eivissa i Formentera).

5.3. Discussió sobre la metodologia.

Les dades que s'han utilitzat per al projecte pertanyen a una sèrie de 10 anys. S'ha triat 10 anys ja que és una mostra suficientment representativa. A més, una sèrie més llarga hauria estat insignificant, ja que el nombre d'estacions meteorològiques any enrere era menor. Un altre punt important és el fet que en un període de 10 anys les plantacions es comencen a amortitzar. Inicialment una explotació fructícola requereix d'una gran inversió i fins alguns anys després no arriben els primers ingressos. Aquesta circumstància porta a moltes explotacions a utilitzar crèdits financers.

La vida útil d'un arbre es defineix com els anys en els que la venda de la producció compensa les despeses implícites durant el procés de cultiu. La vida útil d'un arbre sol ser d'uns 10 a 15 anys si es descompten els primers anys de vida, en els que no hi ha producció de fruita. Després d'aquests anys, els arbres veuen reduïda la producció fins al punt en el que pot no ser rentable la recol·lecció del fruit. Per tant, un període d'estudi de 10 anys, resulta representatiu del que podria ser la vida útil d'una plantació.

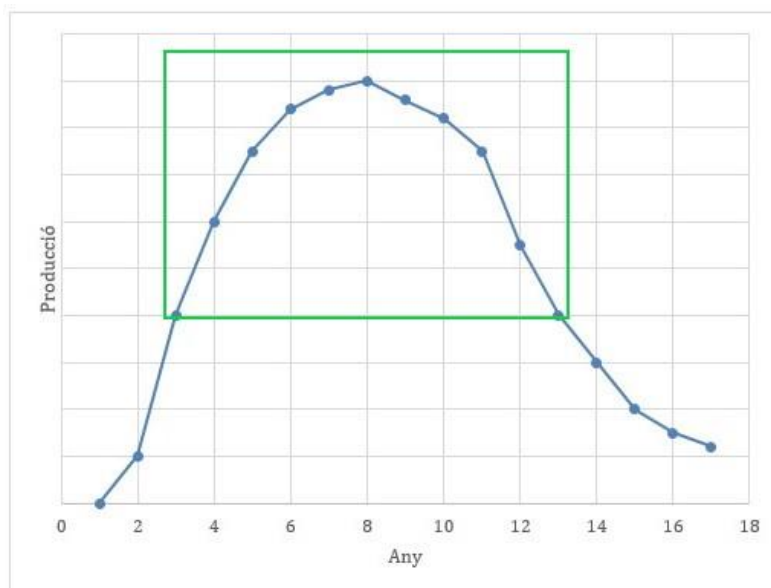


Figura 17. Corba de producció genèrica d'un arbre respecte del temps. El requadre verd marca el període en el que es recupera la inversió inicial d'una plantació. Adaptat de Gil-Albert (1996).

Hores fred i canvi climàtic.

El canvi climàtic suposa un repte per l'agricultura, especialment a la part genètica. La necessitat de fred per part de la planta cal que es redueixi tenint en compte que el nombre d'hores fred ha de ser un paràmetre a reduir per a les varietats de fruiters del futur a causa de l'augment de temperatures i del canvi climàtic. El nombre de dies en què la temperatura mínima és menor de 7°C (moment en el que s'enregistren les hores fred) disminueix amb el temps a Mallorca (Cuxart i Guijarro, 2010). Això vol dir que les hores fred tenen tendència a reduir-se, fet que està lligat amb el canvi climàtic.

6. Casos d'estudi de teledetecció a Mallorca.

Tal com s'ha vist en l'apartat anterior, amb les estacions de mesura es poden calcular les hores fred a certes localitzacions però no es pot obtenir un mapa d'hores fred per Mallorca. Per fer-ho calen mapes continus de temperatura com els obtinguts per teledetecció. Per aquest motiu en aquest projecte també s'han utilitzat dades satel·litàries que s'han processat i posteriorment analitzat dins d'un projecte de col·laboració de la UIB amb la Conselleria d'Agricultura

(<http://www.caib.es/govern/sac/fitxa.do?codi=3603372&coduo=1964&lang=ca>).

A partir de mesures contínues com les preses pel satèl·lit és possible construir un mapa com el que es mostra a la figura 18. La metodologia és semblant a la mostrada anteriorment per les estacions de mesura. Amb el satèl·lit es mesura la temperatura superficial del sòl que després es converteix a temperatura de l'aire amb les fórmules de Simó et al., 2018. Finalment, per cada píxel i cada hora es calcula quan la temperatura és menor que 7°C. En aquest cas particular, els píxels indiquen en quines zones s'han superat les 600 hores fred acumulades durant l'any agro-meteorològic. Les corbes de nivell (també mostrades) ajuden a caracteritzar el terreny on s'arriben a aquestes quantitats. Els camps satel·litaris estan interpolats a un resolució determinada (a causa de les característiques del la sonda incorporada al satèl·lit i que fa les mesures) i aleshores la fiabilitat es veu compromesa sobretot a zones heterogènies (variabilitat major a la que pot determinar el satèl·lit). En canvi, les observacions són més realistes a zones més homogènies. Per a estudis a zones més concretes calen d'una agricultura de precisió amb l'ús de drons o una xarxa densa d'estacions.

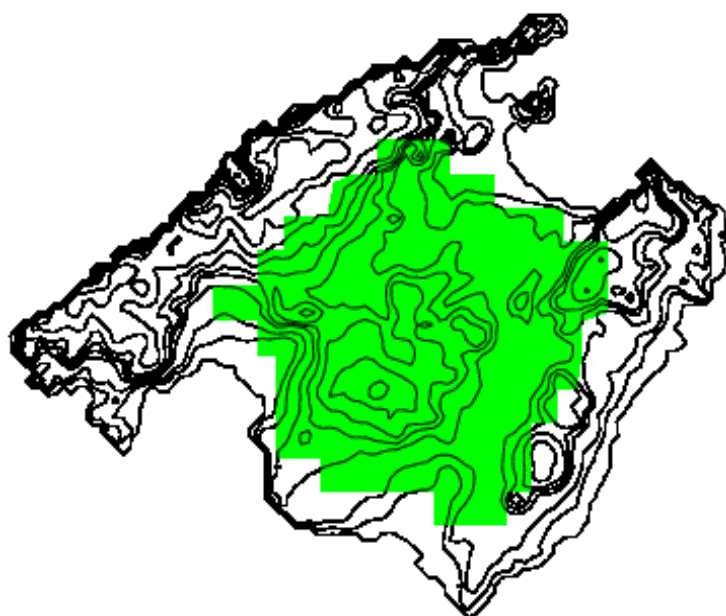


Figura 18. Zones on s'han acumulat més de 600 hores fred durant l'any agro-meteorològic 2008-2009. Les línies negres representen les corbes de nivell.

6.1. Identificació de les zones de Mallorca amb més de 600 hores fred.

En primer lloc, avaluarem les zones de Mallorca amb més de 600 hores fred, un valor suficient per cobrir el requeriment per part de certes varietats de pomeres, cireres i melicotoners, juntament amb qualsevol varietat d'ametllers, cítrics i figueres. És un valor que serveix per a les pomeres de menors requeriments com la Granny Smith, però també serveix per a quasi tots els ametllers, cítrics i figueres. El valor de 600 hores fred també serveix per als cirerers de menys necessitats, com la varietat Santina o alguns melicotoners.

Els mapes com els de la figura 18 permeten esbrinar el percentatge de superfície d'un lloc concret que compleix un llindar determinat, en aquest cas el de 600 hores fred acumulades durant un any agro-meteorològic. Tenint en compte la longitud de la sèrie (10 anys), el mateix mapa es pot repetir per diferents anys agro-meteorològics per tal de caracteritzar la variabilitat temporal i espacial de les zones amb més de 600 hores fred (veure taula 9).

Estudi per a 600 hores fred										
Mapa										
Píxels	147	139	143	148	129	104	139	69	113	145
% útil	65	61	63	65	57	46	61	30	50	64
Període temporal	2008 2009	2009 2010	2010 2011	2011 2012	2012 2013	2013 2014	2014 2015	2015 2016	2016 2017	2017 2018

Taula 9. Percentatge de superfície útil a Mallorca per a 600 hores fred durant els 10 anys agro-meteorològics (2008-2018) analitzats.

Comparant l'evolució de la superfície útil amb l'anàlisi anual de les estacions meteorològiques es veu una coincidència en el màxim pel període 2011-2012 (veure figures 13 i 19). Pel que fa als mínims, a la figura 13 es pot veure com els períodes 2013-14 i 2015-2016 presenten igualment un menor nombre d'hores fred respecte la resta d'anys agro-meteorològics en l'interior. No obstant, en termes de superfície útil el període 2015-16 és significament menor.

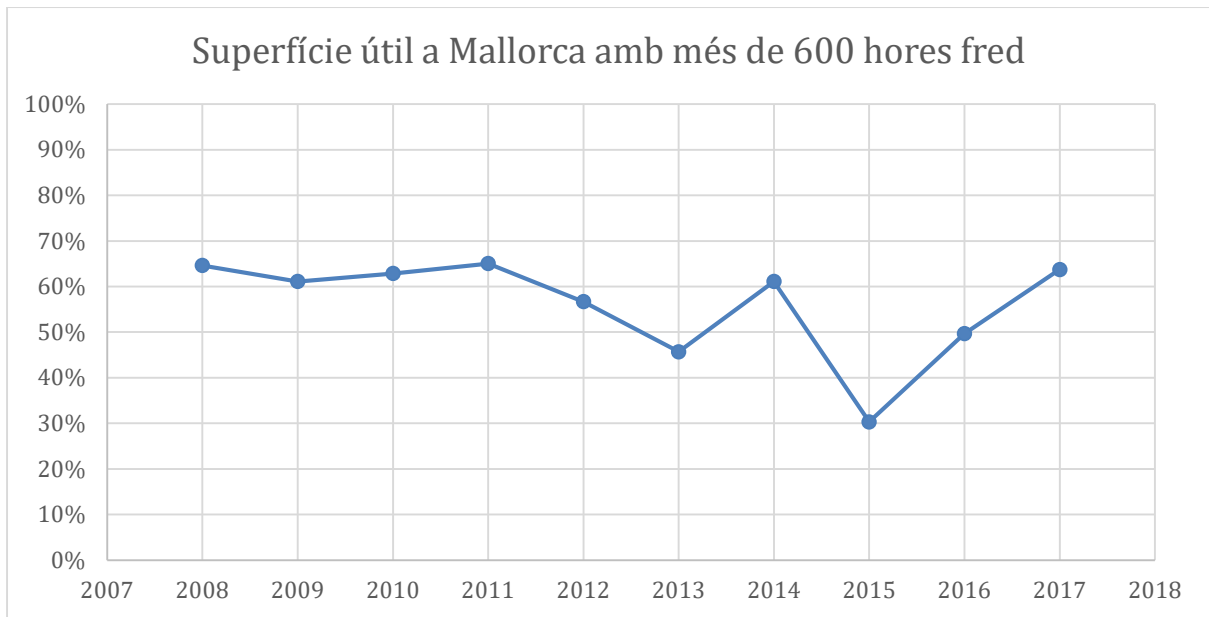


Figura 19. Evolució de la superfície útil per a més de 600 hores fred a l'illa de Mallorca per a cada un dels anys durant el període 2008-2017. L'any indica l'inici de l'any agrometeorològic.

Com es pot veure a la figura 19, la variabilitat temporal de la superfície útil ha estat important els darrers anys agro-meteorològics, la qual cosa incrementa el risc que la plantació de certes espècies en una regió depenent de les condicions meteorològiques d'aquell any. Per exemple, anys més/menys secs o més/menys ventosos condicionaran les temperatures enregistrades i consegüentment, les hores fred.

6.2. Cultius amb necessitats per damunt de les 700 hores fred. Cas de Porreres.

Un altre cas d'estudi d'importància és el de les 700 hores fred (veure figura 20). Amb un valor d'aquesta magnitud es poden cultivar la majoria d'espècies o almenys en alguna de les seves varietats. Als cultius enumerats al cas anterior se li sumarien algunes varietats d'albercoquer. La zona de producció d'albercoc per excel·lència és Porres (veure cercles a la figura 20). Entre les varietats més habituals d'albercoc trobem el *canino* amb un requeriment de 700 hores fred, i el *Galta Vermella* o *Galta Rotja* amb 750 hores fred.

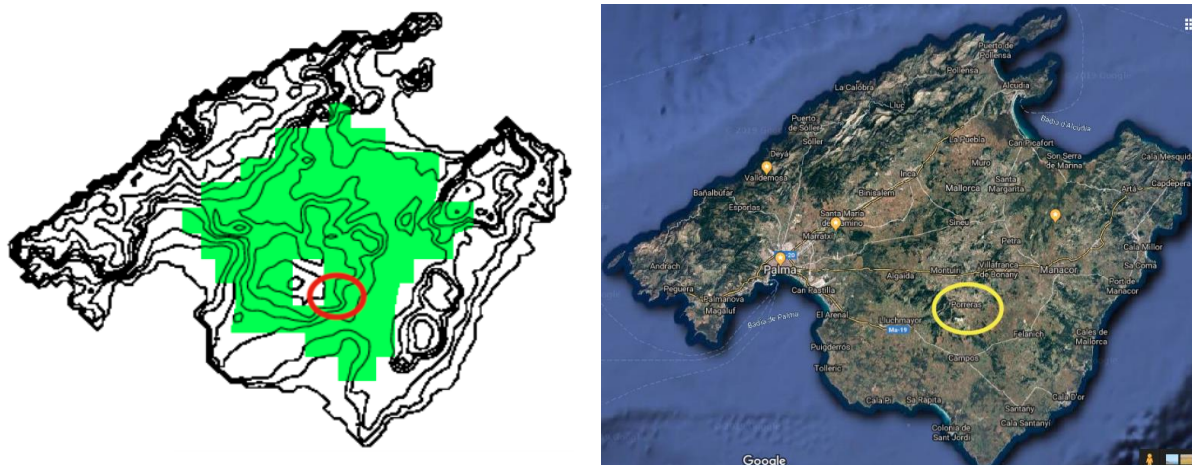


Figura 20. (a) Igual que a la figura 18 per a 700 hores fred per al període 2012-13. El cercle roig indica la zona on es troba el municipi de Porreres. (b) Relleu de l'illa de Mallorca. El cercle groc indica el mateix que el roig de (a).

El cas de Porreres pateix la variabilitat temporal present amb l'acumulació d'hores fred. A la Taula 13 es pot veure com ni a la meitat dels anys no s'arriba al 50% de superfície útil. Fins i tot en dues ocasions no es va arribar al 20%. De fet, la part oest gairebé mai satisfà la necessitat de fred per part de l'albercoc a causa de la localització (prop de la falda del Puig de Randa) mentre que l'est depèn del període en què ens trobem. Altres municipis propers a Porreres semblen ésser un millor destí per a l'albercoc sota el criteri de les hores fred. Ara bé, Porreres duu mantenint la reputació molts d'anys.

Estudi per a 700 hores fred										
Mapa										
Píxels	141	94	129	143	107	30	125	19	74	128
% útil	62	41	57	63	47	13	55	8	33	56
Període temporal	2008 2009	2009 2010	2010 2011	2011 2012	2012 2013	2013 2014	2014 2015	2015 2016	2016 2017	2017 2018

Taula 10. Ídem Taula 9 però per a 700 hores fred.

La figura 21 mostra que durant anys 2013-2014 i 2015-2016 les hores fred varen ser gairebé inexistentes. A més, la variabilitat temporal que presenta aquest llinar (més que en el cas anterior) indica el risc que es corre a l'hora de cultivar una varietat que necessiti de 700 hores fred. Cal dir que si estudis a llocs concrets a partir estacions meteorològiques podria no mostrar els mateixos valors, ja que com s'ha dit anteriorment, els efectes locals són crucials per caracteritzar les hores fred a Mallorca.

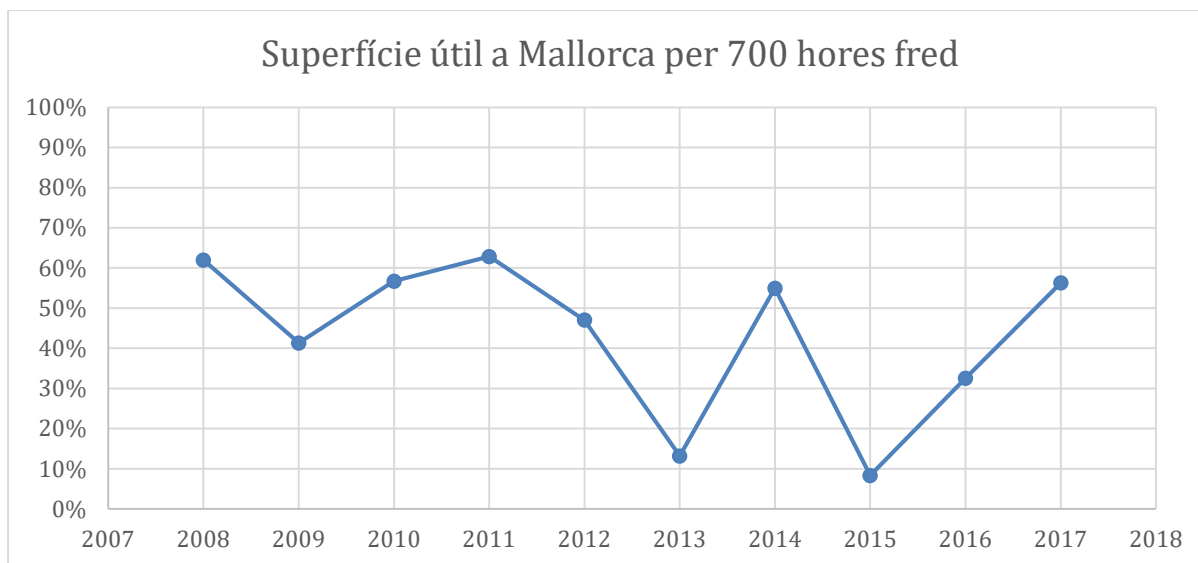


Figura 21. Igual que a la figura 18 però per a 700 hores fred.

6.3. Llocs viables per cultius amb necessitats per damunt de 850 hores fred.

Un cas menys freqüent és el de les 850 hores fred (veure taula 11). La majoria d'espècies tenen alguna varietat amb requeriments tèrmics menors. En el cas de la pomera ja hi ha varietats de pomeres disponibles, com la Red Delicious amb 800 hores fred o la Golden Delicious de 850. Ara bé, la pomera i també la perera són espècies de difícil cultiu a les Balears a pesar de que en base al criteri de les hores fred hi hagi zones, especialment al centre de l'illa, on és viable la seva plantació.

Estudi per a 850 hores fred										
Mapa										
Píxels	109	4	67	116	19	0	59	0	11	76
% útil	48	2	29	51	8	0	26	0	5	33
Període temporal	2008 2009	2009 2010	2010 2011	2011 2012	2012 2013	2013 2014	2014 2015	2015 2016	2016 2017	2017 2018

Taula 11. Ídem Taula 9 però per a 850 hores fred.

Excepte en alguns anys en que les condicions meteorològiques van afavorir a la major acumulació d'hores fred, les espècies amb necessitats majors que 850 hores fred no són

recomanables (veure percentatges en la figura 22). Cal destacar un altre cop que no es pot descartar que en un lloc determinat sí s'arribi a tal acumulació i sense interrupcions, a causa de l'efecte de les condicions locals.

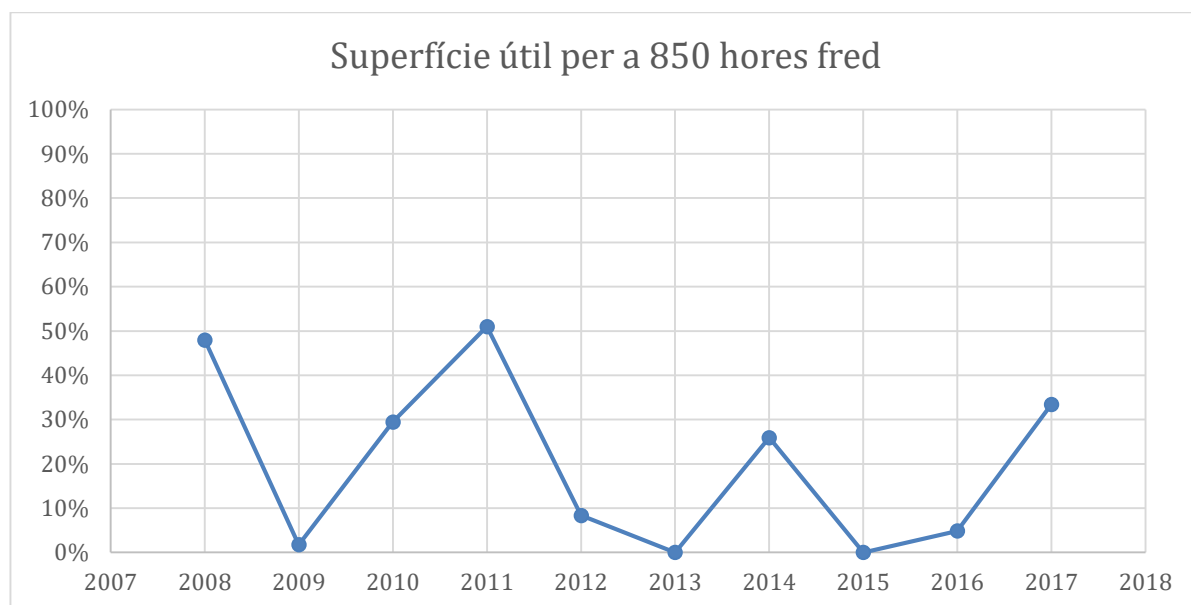


Figura 22. Ídem figura 18 però per a 850 hores fred.

6.4. Llocs viables per a cultius amb necessitats per damunt de 950 hores fred.

El darrer cas d'estudi és el de les 950 hores fred. Serveix per descartar molts cirerers i algunes varietats de pomeres i pruneres. A més, és freqüent que aquestes espècies tinguin requeriments de sòls àcids, fet que resulta molt poc freqüent a les Balears.

Mapes										
Període temporal	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018

Taula 12. Superfície útil per a 950 hores fred durant 10 anys agrometeorològic.

Tal com es mostra a la taula 12, només 4 dels 10 anys agro-meteorològics enregistren alguna zona que iguali o superi les 950 hores fred. Amb aquests resultats es descarta el cultiu d'espècies amb aquestes necessitats de fred.

Analitzant els valors majors de 1000 hores fred o més, només hi ha valors positius per a l'any 2011 a 2012.



Figura 23. Igual que a la figura 18 però per a 1000 hores fred per al període 2011-12.

Per avaluar la conveniència de triar una varietat amb unes necessitats d' hores fred envers d'unes altres, a la figura 24 es mostra l'evolució de la superfície útil per a diferents llinars.

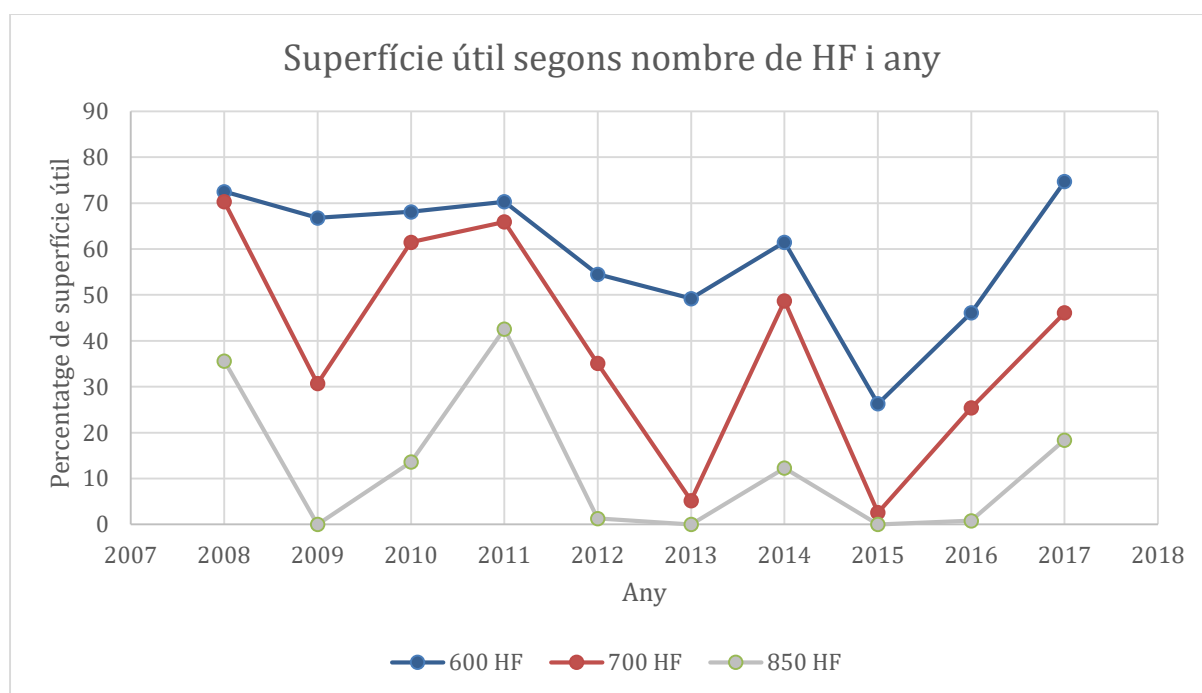


Figura 24. Igual que a la figura 18 però per a diferents llinars (veure llegenda a la part inferior).

El percentatge de les 600 HF presenta manco variabilitat pel que es pot considerar un valor més fiable. Per tant és recomanable cultius amb aquest rang, per tal de tenir garantides les necessitats de fred. Respecte al cas de 700 HF, hi ha anys en que s'apropa al cas de 600 però n'hi ha d'altres que és molt menor (major risc).

La figura 24 mostra que a majors requeriments de les necessitats d'hores fred, les zones a on aquests cultius podrien ser viables a Mallorca disminueixen.

6.5. Altres consideracions per cultius. Les gelades i les hores fred.

Un dels principals problemes dels fruiters són les gelades un cop s'han produït les primeres brotacions. Les gelades sobre els teixits tendres dels brots o les flors tenen un efecte devastador. En aquest estat, les hores fred que no s'hagin acumulat per part de la planta a partir d'ara seran irrellevants. Les gelades durant el període d'acumulació d'hores fred no són greus, ja que l'arbre està dins el seu període de latència i per tant és més resistent a les baixes temperatures.

Les gelades suposen un risc important per a algunes espècies de sofrir danys en les arrels. Aquests són més greus que els danys aeris, ja que es regeneren amb més dificultat. Per tant es tracta d'un tema delicat, ja que els fruiters necessiten fred, però un excés és perjudicial. El fred acumulat a menys de 1,4°C no és tan efectiu a l'hora de satisfer les necessitats de fred d'una varietat (Shaltout i Unrath (1983)). En qualsevol cas, l'estudi de les gelades va molt més enllà que aquest treball ja que caldria un estudi detallat de les zones a on es produeixen de manera més freqüent i les condicions meteorològiques present.

7. Conclusions.

Després de realitzar aquest estudi, s'ha arribat a diferents conclusions que s'enumeren a continuació:

1. **Existeix una falta d'estacions meteorològiques en algunes zones de Mallorca.** La zona que hi ha entre Muro, Sant Joan i Artà, tot i tenir molt potencial agrari, no compta amb cap estació meteorològica. La teledetecció mostra que és una zona de gran acumulació d'hores fred i en el futur caldrien observacions per poder quantificar amb més detall les hores fred.
2. **En el cas de Mallorca la temperatura i, en conseqüència, les hores fred, són variables molt locals.** L'illa compta amb múltiples microclimes a causa del seu relleu i a la seva heterogeneïtat superficial. Per a tenir ben caracteritzades les temperatures a una zona agrícola, es necessita una estació meteorològica al punt desitjat. Per avaluar a quines zones d'una extensió agrícola les temperatures són més fredes/càlides contribuint significativament a les hores fred es poden emprar vols de drons equipats càmeres tèrmiques que permeten caracteritzar la variabilitat de la temperatura de la zona.
3. **Les hores fred són un paràmetre a tenir en compte durant la selecció del material vegetal** ja que la seva absència pot provocar malalties fisiològiques greus a la planta. Altres paràmetres també són rellevants com la compatibilitat amb el sòl, les necessitats hídriques o nutricionals. Aleshores, els valors de les hores fred d'un lloc condicionen els cultius més viables per explotar.
4. **Per avaluar les hores fred d'un lloc calen sèries de 10 anys com a mínim.** La mostra escollida utilitzava el període en el que hi havia més estacions disponibles. El període té més interès perquè encaixa amb el temps d'amortització de la inversió d'una plantació.
5. **No es pot desenvolupar un model per preveure quan hi haurà un màxim o mínim d'hores fred i així poder preveure danys als cultius.** Durant els anys que analitzats, les hores fred a Mallorca no presenten una variabilitat ben definida, amb períodes de retorn clars pels anys amb més/menys hores fred.
6. **L'augment de temperatures a causa del Canvi Climàtic repercuteix negativament a l'hora de satisfer les hores fred.** Estudis previs han mostrat que hi ha una tendència en disminuir el nombre de dies en què la temperatura mínima és inferior a 7°C i conseqüentment les hores fred també tenen una tendència a disminuir, tot i que hi ha una variabilitat interanual.

7. **Valoració positiva del treball interdisciplinari.** La cooperació entre un enginyer agrònom en formació i una doctora en física ha suposat un enriquiment mutu. Cada part té interessos diferents i per escriure aquest projecte hi ha hagut negociacions contínues per arribar a consensos. En certa manera es pot resumir el resultat com un treball de física aplicada a l'agronomia.

S'han analitzat diferents casos d'estudi per a l'illa de Mallorca utilitzant la teledetecció. Les principals conclusions han estat:

- **Valoració de Mallorca per a 600 hores fred.** Un 56% de mitjana de la superfície és vàlida per cultivar espècies de necessitats de fred iguals o inferiors a 600 hores fred.
- **Valoració de Mallorca per a 700 hores fred.** Valors menys estables. 43% de mitjana i recomanació molt limitada.
- **Valoració de Mallorca per a 850 hores fred.** Punts molt localitzats poden funcionar. Es recomana estudi local.
- **Valoració de Mallorca per a 950 hores fred.** Hi pot haver excepcions degut a relleus molt concrets, però com a línia general, no es recomanen varietats tan exigents.

8. Línies a les que adscriure el projecte.

El grup de meteorologia de la UIB va aconseguir suport per part de l'Institut d'Investigació i Formació Agrària i Pesquera de les Illes Balears (IRFAP) que va ajudar a les seves investigacions de teledecció prèvies a aquest estudi.

Al màster d'enginyeria agronòmica de la UIB s'ha donat molta importància a la competència d'aconseguir finançament o subvencions per a projectes i per tant, té un apartat propi dins el treball de final de màster.

Per altra banda, APAEMA, l'Associació de Productors Agraris Ecològics de Mallorca va manifestar fa anys el seu interès a l'IRFAP per actualitzar les dades d'hores fred de Mallorca.

Aquest estudi s'ha pogut adscriure a una línia d'ajudes públiques del FOGAIBA a través d'una proposta d'APAEMA amb el suport de l'equip de meteorologia de la UIB. APAEMA és l'empresa on l'autor del projecte ha fet feina durant l'execució del projecte i per tant és la "promotora" o la persona jurídica que demana l'ajuda.

8.1. Ajudes a la investigació aplicada.

La línia d'ajudes a la que s'ha adscrit el projecte ha estat la d' "Ajudes a la investigació aplicada en matèria d'agricultura, ramaderia i pesca en l'àmbit de les Illes Balears" dels minims del PDR (Programa de Desenvolupament Rural).

El 2 de desembre de 2017, al BOIB nombre 147 es publica la "resolució de la convocatòria d'ajudes per a la investigació aplicada en matèria d'agricultura, ramaderia i pesca en l'àmbit de les Illes Balears" on es convoca l'ajuda.

Es tracta d'una ajuda molt ampla, on hi caben molts tipus de projectes. El mòdul al qual es va adscriure la proposta (el mòdul b) subvencionava el 100% de la despesa fins a 12.500€.

Per aconseguir l'adjudicació de l'ajuda era necessari obtenir un mínim de 9 punts. Per tant, la redacció de la proposta es va fer en funció dels apartats que puntuaven. Els punts s'obtenien segons els següents criteris:

- Qualitat científicotècnica i possibilitat de la proposta.
- Aplicació pràctica del projecte.
- Disseny de l'estudi econòmic.
- Innovació en els sectors agroalimentari i pesquer.
- Suport d'una institució directament relacionada amb la investigació científica.

En relació al darrer punt, es va signar una col·laboració amb la UIB pel qual la Universitat es comprometia a assessorar el projecte. Com a contrapartida, APAEMA pagava una partida econòmica a la Universitat pels seus serveis. Aquesta col·laboració va permetre a APAEMA obtenir una puntuació suficient per aconseguir l'adjudicació.

8.2. Cronologia del procediment.

La majoria d'ajudes del programa de desenvolupament rural (PDR) suposen una sèrie de tràmits que es dilaten en el temps i dificulten la comprensió d'algú que no hi hagi treballat abans. Per facilitar-ne el seguiment, es pot consultar la taula (13).

Moment del procés	Data
Convocatòria	02/12/17
Presentació de sol·licitud	03/01/18
Notificació de l'adjudicació	20/06/18
Inici de l'estudi	01/07/18
Final de l'estudi	30/05/19
Sol·licitud de pagament	20/06/19*
Cobrament	2020

Taula 13. Procediment de l'ajuda i cronologia.

*Cal esmentar que en moment de la redacció d'aquest treball de final de màster la sol·licitud de pagament estava en procés d'entrada a registre. A la pròpia convocatòria s'obre la possibilitat de posposar la sol·licitud de pagament un mes i així poder presentar els justificants de pagament de salari i seguretat social de l'investigador corresponents al darrer mes d'estudi.

8.3. Obligacions de l'ajuda.

La gran majoria de les ajudes o subvencions promogudes per organismes públics venen amb una sèrie de condicions o obligacions. En el cas de l'ajuda a la que es va adscriure el projecte, les obligacions que a la que es comprometia APAEMA eren:

- Facilitar el seguiment per part de l'Administració competent.
- Anomenar i mostrar els logos de la Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca i el FOGAIBA.
- Abans d'iniciar la investigació, penjar a Internet la data aproximada de publicació de l'estudi final, alguns detalls i la gratuïtat de la seva disposició.
- Publicar a Internet els resultats del projecte i mantenir-lo durant un mínim de 5 anys.

Totes aquestes obligacions s'han respectat i en el cas dels dos darrers punts, s'han executat a la web d'APAEMA. En el cas del darrer apartat, es pot consultar l'estudi a la següent URL: <https://apaema.net/project/investigacio/>

8.4. Justificació i pagament de l'ajuda.

Abans de rebre els pagaments de les ajudes i 12 mesos després de la concessió, s'ha de redactar o emplenar un document justificatiu de l'acció subvencionada. L'ajuda a la qual s'ha adscrit el projecte, necessitava aportar la següent documentació:

- Nòmines del treballador amb contractació laboral com a personal tècnic, pagades.
- Justificants del pagament de la Seguretat Social corresponent al tècnic contractat.
- Document IRPF i justificant de pagament.
- Justificants de pagament.
- Memòria de les actuacions i resultats. Una còpia en paper i una en format digital.
- Prova que el document està penjat i és disponible a Internet.

La documentació s'entra per registre en paper i la còpia en format digital es pot lliurar en una memòria USB flash o un CD. L'empresa ha optat per un CD. També s'han aportat captures de pantalla de la web abans i després de la publicació de l'estudi. L'estudi es pot consultar i descarregar en format PDF de forma gratuïta, com obliguen les bases de la convocatòria.

9. Balanç econòmic de l'actuació.

El punt més interessant d'un projecte com aquest seria fer una estimació econòmica de les pèrdues que es poden donar a causa de la falta d'hores fred. Estimar les pèrdues econòmiques suposa diversos problemes. El primer és la gran varietat d'espècies i varietats que s'haurien d'estudiar. No tots els fruiters responen igual a la falta de fred i dins una espècie, les diferents varietats poden comportar-se de forma molt diferent. Això suposa un gran problema a l'hora de fer previsions. Un altre problema és la dificultat per dissenyar experiments amb els quals quantificar els danys per fred. Climatitzar hivernacles amb suficients clons per a induir les condicions necessàries seria una opció, tot i que seria molt costosa. Per avaluar amb suficient precisió l'impacte econòmic de les hores fred es necessiten repeticions i cada cicle és com a mínim, d'un any. Seria una experimentació molt llarga (i només per a unes poques varietats) suposaria també un gran cost econòmic. S'ha consultat molta bibliografia i no s'ha obtingut cap manera de quantificar econòmicament el perjudici de les hores fred sobre els arbres fruiters. Alguns cereals també tenen requeriments d'hores fred, però no s'han analitzat els cultius herbacis en aquest treball. Sí que cal tenir en compte que per a cereals, existeixen alguns models de previsió econòmica en funció dels paràmetres climàtics.

Les pèrdues econòmiques dels fruiters normalment depenen de més d'un factor. En aquest treball s'han estudiat únicament les pèrdues derivades de la falta de fred als fruiters i com evitar o reduir-les. Creuar dades de producció anuals amb dades d'hores fred anuals era molt interessant a l'hora de fer valoracions econòmiques. S'ha descartat després de parlar amb diferents tècnics i cooperatives ja que les dades de producció són molt poc fiables. No tots els agricultors duen un control estricte de la producció de les seves explotacions fruiteres. Hi ha explotacions que tenen molta "anyada" (un any de bona producció seguit d'un any amb baixa producció de forma cíclica) i això du als agricultors a dedicar pocs esforços quant al cultiu els anys de baixa producció. També es dóna el cas d'abandonament de produccions si el preu del fruit és baix (tot i que agronòmicament tots els factors siguin favorables). Aquestes situacions condicionen molt les possibles dades i s'han descartat. Una altra complicació és que les cooperatives no se senten còmodes facilitant dades econòmiques o de producció, ja que consideren que es tracta d'informació sensible de cara a la competència.

Bibliografía

- Agustí, M. (2010). Fruticultura. Ediciones Mundi. Prensa. Madrid, España.
Tratado de fitotecnia general. Pedro Urbano Terrón. Mundiprensa 2010.
- Calderón, F. (1983). Fruticultura general. Limusa. Barcelona.
- Cuxart, J i Guijarro J.A. (2010). Observed trends in frost and hours of cold in Majorca. International Journal of climatology, 30:2358-2364.
- De Liñán, C. (1995). Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. 11ª ed. Ediciones agrotécnicas, S.L. Madrid.
- Dennis, F. G. (2003). Problems in standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. HortScience.
- Erez, A. i Lavee, S. (1971). The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. I. Temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci.
- Fernández-Escobar, R. i Martín, R. (1987). Chemical treatments for breaking rest in peach in relation to accumulated chilling. J. of Horticultural Science.
- Fernández-Escobar, R. i Martín, R. (1988). Planificación y diseño de plantaciones frutales. Mundi-prensa. Madrid
- Frías, M. (2006). Requerimiento de Frío en Frutales. *Boletín Técnico*.
- Gil-Albert, F. (1969). Factores limitativos en fruticultura: Deficiencia en horas-frío. INIA. Madrid
- Gil-Albert, F. (1969). Tratado de arboricultura frutal Vol.I: Aspectos de la morfología y fisiología del árbol frutal. Mundi-Prensa. Madrid
- Gil-Albert, F. (1969). Tratado de arboricultura frutal Vol.II: La ecología del árbol frutal. 2ª ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Gil-Albert, F. (1996). Tratado de arboricultura frutal Vol.I: Morfología y fisiología del árbol frutal . 4ª ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Instituto Geográfico Nacional. (2009). Medio ambiente, recursos y riesgos naturales-análisis mediante tecnología sig y Teledetección.
- Jiménez, M.A., Ruiz A. i Cuxart J. (2015). Estimation of cold pool areas and chilling hours through satellite derived surface temperatures. Agricultural and Forest Meteorology, 207:58-68.

- Jiménez, M.A., Mira, A., Cuxart, J., Luque, A., Alonso, S. i Guijarro, J.A., (2008). Verification of a clear-sky mesoscale simulation using satellite-derived surface temperatures. *Mon. Weather Rev.* 136, 5148–5161.
- Jiménez, M.A., Cerdà, M.A. i Rita, J., (2014). The effect of the ambient conditions on the life cycle of a bulbous plant. *Tethys* 11, 39–49.
- Jiménez M.A., Grau A. i Cuxart J (2019) Characterization of weak-wind and clear-sky nights that contribute to the number of chilling hours. *Atmospheric Research*, en revisió
- Melgarejo, P. (1996). El frío invernal, factor limitante para el cultivo frutal. A. Madrid Vicente ediciones. Madrid
- Da Mota, F. S. (1957). Os invernos de Pelotas-RS, em relação às exigências das árvores frutíferas de folhas caducas. Instituto Agrônomo do Sul. Pelotas. Boletim Técnico 18, 31 pp.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D. i Walker, D.R., (1974). A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elverta peach trees. *Hortoscience* 4, 331–332.
- Roldán, M. i Martínez, J. M. (2013). Fundamentos de fisiología vegetal. Mundiprensa.
- Shaltout, A.D. y Unrath, C.R. (1983). Rest completion prediction model for “Starkrinson Delicious” apples. *J. Amer. Soc. Hort.*
- Salaya, Gonzalo F. Gil. (1997). Fruticultura, el potencial productivo. Santiago de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile
- Sánchez Capuchino, J.A. (1967). Contribución al conocimiento de necesidades en frío invernal de variedades frutícolas (I, II y III). *Levante Agrícola*
- Simó G., Martínez-Villagrasa D., Jiménez M.A., Caselles V., Cuxart J. (2018) Impact of the surface–atmosphere variables on the relation between air and land surface temperatures, *Pure and Applied Geophysics* 175: 3939–3953
- Tabuenca , M.C. (1964). Necesidades de frío invernal de variedades de albaricoquero, peral y melocotonero. *An. Aula Dei.*
- Tabuenca , M.C. (1965). Influencia del clima en los frutales *An. C.S.I.C.-Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza.*
- Talón, J. A.-B. (2008). Fundamentos de fisiología vegetal. McGrawHill.
- Terrón, P. U. (2010). Tratado de fitotecnia general. Mundiprensa.
- Westwood, M.N. (1982). Fruticultura de zonas templadas. Mundi-Prensa. Madrid.

Referències digitals

Balearsmeteo. (sense data). Balears meteo. Recollit de balearsmeteo:
<http://balearsmeteo.com/>

Cardozo, P. M., & Quiriban, A. (2014). CONTENIDO. SEMIÁRIDA Revista de La Facultad de Agronomía UNLPam, 24(1), 55–67. Retrieved from <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/rev-agro/v24n1a06cardozo.pdf>

Estaciones de windguru. Windguru. 2019.
<https://www.windguru.cz/map/station/?lat=50.02185841773447&lon=14.348144531250002&zoom=5>

Flores, C. (2014). Requerimiento de frío en frutales efectos negativos sobre la producción de fruta primera parte. Retrieved from http://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/981/Requerimiento_de_frio_en_frutales.pdf?sequence=1

Instituto Geográfico Nacional. (sense data). IGN. Recollit de PNT:
<https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf>

INTAGRI. 2017. Los Compensadores de Horas Frío en Frutales. Serie Frutales Núm. 31. Artículos Técnicos de INTAGRI. México.
<https://www.intagri.com/articulos/frutales/los-compensadores-de-horas-frio-enfrutales>

Lavee, S. (1973). Session VI - Dormancy and frost resistance - Dormancy and bud break in warm climates; considerations of growth regulator involvement. Acta Hort. 34, 225-234 DOI: 10.17660/ActaHortic.1973.34.31
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1973.34.31>

Meteoclimatic. M. Recollit de (<https://www.meteoclimatic.net/mapinfo/ESIBA>)

Necesidades de frío invernal de los frutales caducifolios. (2010). Informaciones técnicas núm. 224. Recollit de Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de transferencia Agroalimentaria: Espada, J.L. (2010) Informaciones técnicas 224. Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria.

http://bibliotecavirtual.aragon.es/bva/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=3705385

Jiménez M. i Grau A. Mapa d'hores fred a Mallorca mitjançant observacions satel·litàries (2000-2017) 17 desembre 2018. CAIB URL:
<http://www.caib.es/govern/sac/fitxa.do?codi=3603372&coduo=1964&lang=ca>

APAEMA. Projectes. Mapa d'hores fred de les Illes Balears. 11/07/2019 URL:
<https://apaema.net/project/investigacio/>

Calculadores d'hores fred

RiegosIVIA. Instituto valenciano de investigaciones agrarias. Meteorología. Càlcul d'hores fred. URL: <http://riegos.ivia.es/calculo-de-horas-frio>

Región de Murcia. Sistema de información agrario de Murcia. Agrometeorología. Informes agrometeorológicos. Productos derivados. Horas frío. Red Agrometeorológica del IMIDA. URL: <http://siam.imida.es/apex/f?p=101:59:2064796614078702>