Memòria de projecte: Beques d'investigació agrària

Elaboració d'un mapa d'hores fred de les Illes Balears

Investigador: Lluís Calvo de la Iglesia

Assessorament:
Maria Antònia Jiménez Cortés,
Professora del departament de física, UIB
Antoni Grau Ferrer
Investigador del departament de física, UIB

GOIB CONSELLERIA MEDI AMBIENT, AGRICULTURA I PESCA
FONS GARANTIA AGRÀRIA I PESQUERA ILLES BALEARS

apaema Associació Producció Agrària Ecològica Mallorca

Agraïments

Gràcies a la gent de meteoclimatic (https://www.meteoclimatic.net) i al seu administrador. Gràcies Vicente Pesce Serra, Vicente Pesce Serra, Pedro Anglada, Daniel Montero Alaminos, Andreu rosset, Pedro Eugenio Mas Rigo, Biel Perelló i Coll, Toni Frau, Pere Flaquer Samsó de 6tec-estudi, Jordi Puigsegur Figueras, Miquel Reynés Matas i Marçal Trias Heimo. La vostra contribució s'agraeix molt.

Gràcies a Onofre Fullana i a APAEMA per facilitar la meva tasca i eliminar distraccions innecessàries.

Gràcies a Maribel d' APAEF i a Guillem Alfocea d'APAEM. La seva visió de les altres illes ha estat de molta ajuda.

Índex

Índex **3**

1. Preàmbul **4**

2. Objectius, pla de treball **5**

3.1 Transcendència o interès tecnològic i econòmic de l'estudi. 6

3.2 Els camps de temperatura obtinguts per teledetecció. 9

3.3 Definició, origen i càlcul de les hores fred 12

3.4 Fisiologia vegetal de les hores fred 13

3.5 Fisiopaties relacionades amb les hores fred 17

3.6 Mesures preventives dels danys. Compensadors de fred 20

3.7 Requeriments d'hores fred per a alguns cultius 21

4. Metodologia **27**

4.1 Descripció de les dades meteorològiques emprades. 27

4.2 Tractament de les dades 29

5. Resultats **30**

5.1 Mallorca 30

5.2 Menorca, Eivissa i Formentera 34

Cas de Menorca 34

Cas d' Eivissa i Formentera 35

6. Casos d'estudi de teledetecció a Mallorca **37**

Exercici 1. Zones a on es satisfan les 600 hores fred. 37

Exercici 2. Cultius de 700 hores fred. Cas de Porreres 39

Exercici 3. Per 850 hores fred 41

Exercici 4. Per 950 hores fred 42

7. Conclusions **43**

8.Bibliografía **44**

1. Preàmbul

L'activitat agrícola està lligada al clima i a les condicions del mercat. Les variacions en preu de les matèries primeres i del productes agraris en venda poden provocar que l'agricultura sigui una activitat rendible o no. Condicions meteorològiques adverses poden fer no rendible un cultiu inclús amb la resta de factors favorables.

En particular, el clima d'una zona condiciona els cultius que es poden establir en ella i el maneig que els pagesos han d'aplicar-lis. Com a conseqüència del factors meteorològics i climàtics, la disponibilitat d'aigua se'n veu afectada, així com la intensitat de les plagues i/o malalties, que són els principals factors limitants de producció. Per tant, la rellevància de la meteorologia i el clima en l'agricultura és inqüestionable.

Degut a la importància agrícola ja comentada, profunditzem en la meteorologia i les seves característiques. Es pot definir la meteorologia com la branca de la física que estudia l'atmosfera i els fenòmens que hi tenen lloc (IEC). En el camp de l´agronomia cal destacar el paper fonamental de les prediccions meteorològiques i climàtiques fetes amb models numèrics atmosfèrics per tal d´avaluar la fenologia de les plantes. Els models poden ser de curt termini, amb molta precisió o a llarg termini, amb menys precisió. Aquesta previsió resulta imprescindible per als pagesos, que condicionen la seva feina a les condicions meteorològiques. Per tant, es pot considerar que el coneixement de la meteorologia i la climatologia d´una zona agrícola és una part estratègica del sector.

En general, les variables meteorològiques (temperatura, humitat, precipitació...) estan fortament relacionades amb les zones geogràfiques concretes. Hi ha llocs que degut a les seves característiques topogràfiques o del terreny i/o del sòl presenten particularitats que no permeten considerar la meteorologia continua i homogènia al llarg dels territoris. En el cas de les Illes Balears, la insularitat i la mar Mediterrània condicionen fortament el seu clima i com a conseqüència, l'agricultura que es desenvoluparà. Aquest treball usarà dades de la xarxa d'estacions de l'AEMET, bàsicament dades horàries de temperatura a 2 metres que es completarà amb les dades d'estacions de particulars que han cedit la seva informació de forma altruista.

Per tal de caracteritzar el temps d'una zona s'empren dades d' estacions meteorològiques. Si no hi ha una gran quantitat d'estacions i repartides de forma homogènia, resulta molt difícil 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 o extrapolables.

Per solucionar el problema de la extrapolació de dades on no hi ha estacions, s'empren camps obtinguts a partir de satèl·lits meteorològics. En aquest projecte hem emprat la temperatura, 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 possible 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, pla de treball

El sector agrari està fortament lligat a la meteorologia i en condiciona les seves decisions. Mantenir actualitzada la informació meteorològica que afecta al mon 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 fructicultura.

Objectiu secundari:

- Identificar les zones de Eivissa, Formentera, Menorca i Mallorca amb més o menys hores fred.
- Avaluar l'evolució temporal de les hores fred per a certes zones de Mallorca, Menorca, Eivissa i Formentera.
- Fer un recull de les dades meteorològiques disponibles per tal de calcular les hores fred.
- Identificar les zones on hi ha poques dades.

3. Introducció

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

Tal com es mostra en el treball de Jiménez, Cerdà i Rita "**Efecte de les condicions ambientals en el cicle vital d'una planta bulbosa" la fenologia de les plantes està fortament lligada a les condicions meteorològiques i climàtiques de la zona.**

A l'hora d'establir una plantació d'arbres fruiters, és necessari conèixer els requeriments d'hores-fred de l'espècie que volem utilitzar. Els fruiters caducifolis de zones temperades necessiten estar sotmesos a un determinat nombre d'hores fred per que la brotació i la sortida de la latència siguin exitosos.

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 principal interès producte d'una explotació fructícola. Els fruits amb problemes solen tenir menor valor econòmic o inclús són rebutjats pel mercat, fet suposa una reducció important d'ingressos. En cas d'aplicar productes fitosanitaris per a compensar la falta d'hores fred, es tracta d'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 donar una gran importància a les hores fred, fins al punt que València (l'IVIA) i Múrcia (l'IMIDA) proporcionen calculadores d'hores fred on-line i gratuïtes perquè qualsevol pugui tenir una dada mínimament sòlida a l'hora de triar varietat de fruiter (veure Figures 1 i 2). És una manera molt interessant d'optimitzar els recursos i evitar mals majors. Cal tenir en compte que la temperatura és una magnitud molt local i que les hores fred d'una zona no es poden extrapolar a una altra.

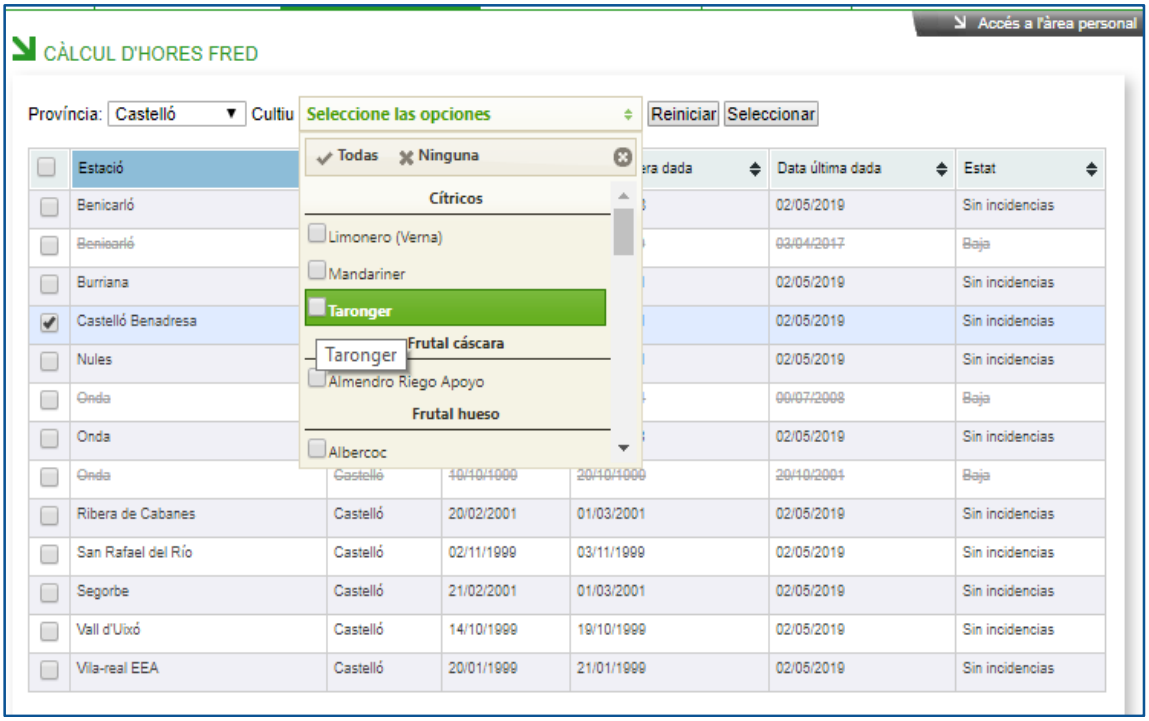

Figura 1. Calculadora IVIA. Es tracta d'una eina gratuïta, senzilla i interactiva. Font: http://riegos.ivia.es/calculo-de-horas-frio

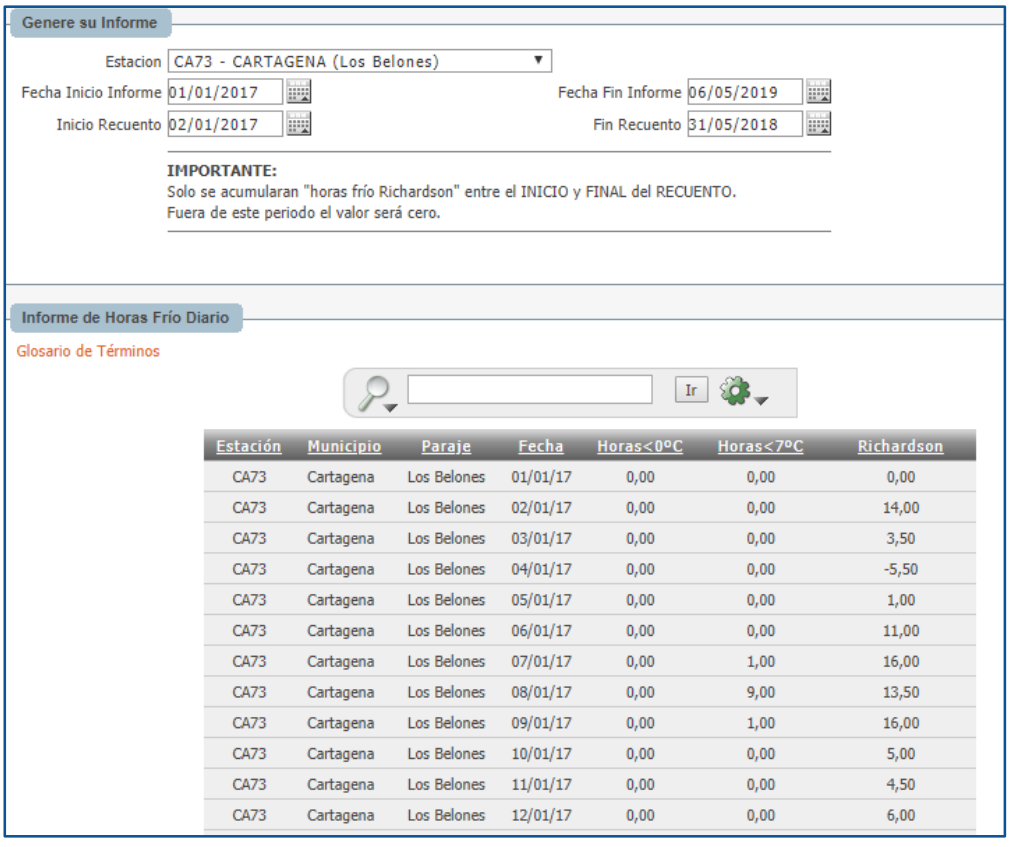

Figura 2. Calculadora IMIDIA. L'eina de l'IMIDA permet diferents mètodes de càlcul de forma gratuïta.

Fins fa poc temps el darrer mapa que hi havia disponible on consultar hores fred a Mallorca era dels anys vuitanta (veure figura 3). La publicació en qüestió és la revista "Socs i ones" nº:1 de 1987 en la que l'enginyer agrònom, Antoni Cardona Bellver, descriu la feina en la que s'adapten unes dades del "*Centro meteorólogico zonal de Palma*" obtingudes des del 1961 fins al 1980 amb el suport de José Antonio Guijarro. Només hi havia 6 estacions meteorològiques durant aquest període (Palma, far de Sóller, Aeroport de Palma, Muro, Llucmajor i Santa Ponsa) i es van fer correccions tenint en compte microclimes i experiències personals d'agricultors de grans territoris (molt poc documentades en el treball). Resulta difícil recopilar més informació del projecte però si un es fixa en les corbes, pot entreveure les grans zones de conreu de l'Illa. Durant molts anys ha estat una gran ajuda i les varietats de fruiters que s'utilitzaven tampoc tenien una gran sensibilitat com per notar grans problemes (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 no satisfer les necessitats de fred) ha suposat una necessitat de 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 a particulars. veure Figura 4) i cal una actuació del mapa de la figura 3.

Figura 3. Mapa d'acumulació d'hores fred a Mallorca (Cardona, 1987).

A dia d'avui, l'AEMET, "Agencia Estatal de Meteorología", té més d'una vintena d'estacions meteorològiques repartides per les Illes Balears. 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 d´estacions entre St. Llorenç des Cardassar, Sta. Margalida i Artà, zones de gran interès agrícola. El principal criteri per instal·lar estacions és que l'estació estigui a un punt representatiu d'una zona amb característiques molt similars. La pràctica totalitat de la costa està monitorada degut a l'interès estratègic, turístic i comercial que suposa per al transport marítim.

En aquest cas, hem triat tres categories segons la seva posició i les dades que enregistren. Són muntanya, costa i interior. A l'hora d'analitzar les dades que proporcionen aquestes estacions és molt rellevant tenir en compte 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 si l'altura i el vent són dos 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.

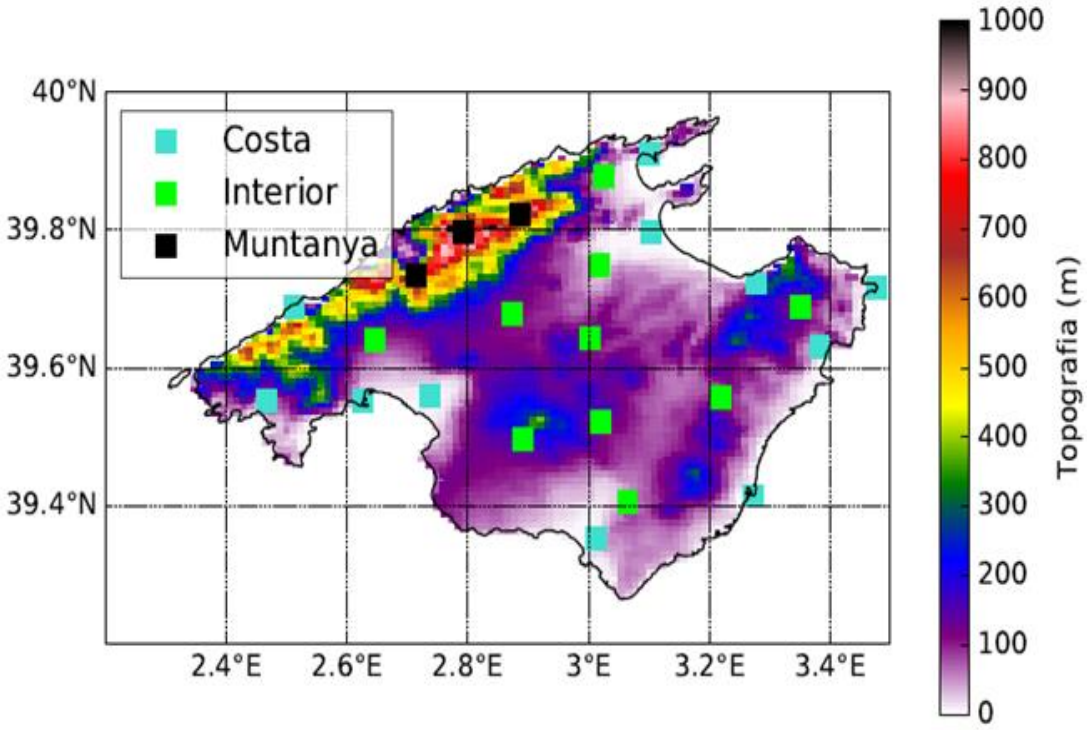

Figura 4. Mapa d'estacions de la xarxa AEMET i altimetria de l'illa de Mallorca.

3.2 Els camps de temperatura obtinguts per teledetecció.

Els satèl·lits meteorològics estan equipats amb càmeres que enregistren diferents tipus de radiació que la terra. A partir d'aquestes dades espectrals i mitjançant algoritmes es poden obtenir productes satel·litaris com la temperatura de la superfície. D´aquesta manera a partir dels satèl·lits meteorològics es poden obtenir mapes de temperatura a una zona.Aquesta tecnologia és molt rellevant per a zones de difícil accés o grans superfícies contínues i homogènies. Com a inconvenient respecte a les dades mesurades per les estacions en superfície és que amb els satèl·lits els camps de temperatura depenen de la resolució espacial del mateix (típicament de l´ordre del kilòmetre a l´hectòmetre). La seva resolució temporal també és menor que la de les mesures en superfície i sol ser d´entre 15min i 12 hores. Una altra limitació és la presència de núvols que no permeten que es puguin derivar camps de temperatura a la zona afectada. Finalment, cal dir que amb les mesures espectrals dels satèl·lits s´obtenen els camps de temperatura superficial per després obtenir temperatures a 2m (comparables amb les mesures de les estacions).

Per passar de temperatura superficial a temperatura d'aire a 2 metres s'empren fórmules empíriques (Simó et al 2018). Un altre problema és que la temperatura és una dada local de cada posició i les dades que enregistra el Meteosat són de 16km quadrats (la resolució de la càmera). Per tant, en llocs de grans extensions continues i homogènies les dades són més vàlides que a llocs amb microclimes o accidents geogràfics continus a on els efectes locals són més importants i la temperatura depèn fortament d´ells. En aquestes zones, la representativitat del píxel satel·litari pot ser baixa.

Els membres del grup de meteorologia de la UIB ha actualitzat les darreres informacions sobre hores fred mitjançant la tecnologia de teledetecció. Destacar el treball "Elaboració d'un mapa d'hores fred a Mallorca mitjançant observacions satel·litàries" de Maria Antònia Jiménez Cortés i Antoni Grau Ferrer. D'aquest treball es poden extreure els mapes anuals d'una sèrie. Com a mode d´exemple a la Figura 5 es mostra el període 2007-20018 del mapa de les hores fred durant aquests anys obtingut amb dades satel·litàries i pot ser-ne un bon exemple:

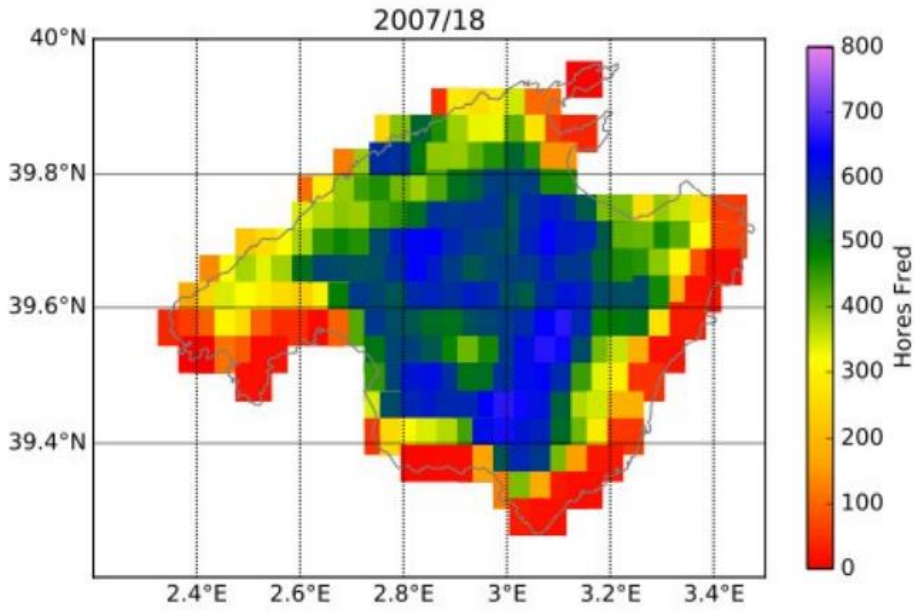

Figura 5. Mapa de les hores fred a l'illa de Mallorca. Obtingut a partir de camps de temperatura satel·litaris pel període 2007-2018.

Una de les conclusions d'aquest treball és l'existència de les piscines d'aire fred (cold pool), acumulacions d'aire fred especialment presents durant les nits serenes (anticiclòniques o poc gradient de pressió) i amb poc vent. Al vespre la terra es refreda i l'aire en contacte també, produint una inversió tèrmica a capes baixes. Situació que augmenta molt els valors d'hores fred. Es donen a les conques principals (Palma, Campos, Alcúdia) i en general al centre de l'illa. Les conques principals estan marcades al mapa amb estrelles.

Un altre treball d'interès és "Càlcul d'hores fred per a diferents estacions meteorològiques de Mallorca pertanyents a la xarxa AEMET". El principal interès d'aquest treball és que usa les estacions públiques que posteriorment utilitzarem en aquest estudi, tal com es mostra a la Figura 6.

També cal destacar l estudi fet per Cuxart i Guijarro (2010) a on varen analitzar el número de dies en que la temperatura observada era per davall de 7ºC i també per davall de 0ºC (lligant amb les nits amb gelada). Durant el període de 20 anys analitzat mostraren com aquest nombre de dies tenia una certa tendència negativa al llarg dels anys. Tot i així mostraren que les zones amb més dies amb temperatures inferiors en aquests llindar corresponien a les zones més fredes i amb més hores fred que posteriorment varen identificar Jiménez, Ruiz i Cuxart (2015)

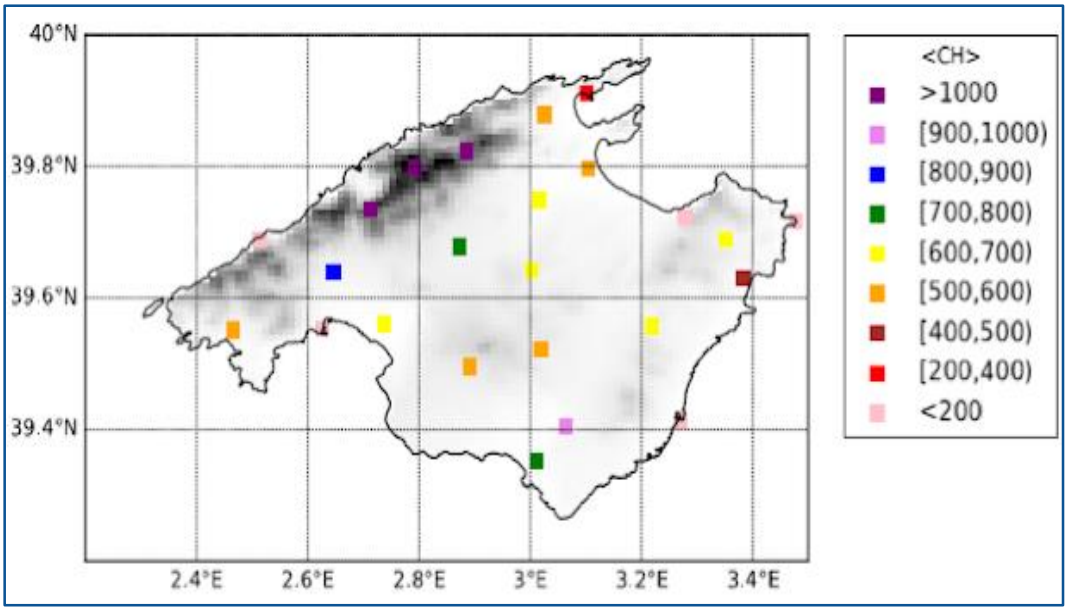

Figura 6. Mapa de les hores fred obtingudes a les estacions de la xarxa AEMET. La llegenda explica durant el període 2008-2018 les Chill Hours "CH" hores fred en anglès. Les zones sombrejades mostren la topografia de l'Illa.

Actualment hi ha més tecnologia i més disponibilitat d'aquesta en quant al registre de temperatures i altres paràmetres meteorològics que als anys 80. Aquesta nova situació permet realitzar un nou estudi on es pugui veure si hi ha hagut alguna variació en aquests quasi 40 anys.

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.

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 per calcular les hores fred de les que ja hem parlat, però a Balears no hi ha cap institució que ofereixi un servei semblant. Per tant, molts pagesos elegeixen el seu material vegetal sense tenir les hores fred en compte. Aquesta pràctica és poc precisa i cor el risc d'invertir molt en una varietat inadequada. 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.

3.3 Definició, origen i càlcul de les hores fred

Es defineix com a hores fred, les hores que passa la planta sota un llindar de temperatura que a latituds mitges s'agafa 7ºC. Cada cultiu té els seus requeriments d'hores fred i són necessàries per a la ruptura del repòs hivernal i es compten dins d'un any agro-meteorològic (des de l'1 de setembre al 31 d'agost).

Per entendre el paràmetre com el coneixem avui en dia ens hem de remuntar a 1918 on Gustav Gassner descriu que l'efecte de les baixes temperatures provocava acceleració de la floració en varietats d'hivern de blat. T.D. Lysenko al 1925 descriu la "vernalització" de les baixes temperatures sobre les plantes herbàcies, necessària per la floració. Al 1939 Weldon parlava d'un retràs en la brotació dels fruiters caducifolis que no es podia corregir 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 utilitzem avui dia, per davall dels 7,2ºC com el més eficaç. Als anys 50, Weimberg va ser el primer en usar l'expressió "hores de fred" (1950) i va desenvolupar correlacions entre mitjanes de temperatura i nombre d'hores fred (1956). Es tracta d'una pràctica amb menor precisió que el registre directe de temperatures, però que resulta molt útil per a llocs amb estacions meteorològiques poc completes.

La fórmula de Crossa-Raynaud 1955 és una de les més utilitzades al llarg del temps. No necessita grans quantitats de dades, ja que usa temperatures màximes i mínimes. L'expressió és la següent:

$$Hores\ fred\ del\ dia = 24 \cdot \frac{7 - Temperartura\ mínima\ del\ dia\ ºC}{Temperatura\ màxima\ del\ dia\ ºC - \ Temperartura\ mínima\ del\ dia\ ºC}$$

La fórmula es va desenvolupar a Tunísia i no sempre s'ajusta bé a tots els diferents llocs de cultiu, per això hi ha multitud d'autors que han proposat correccions segons la zona. Sánchez-Capuchino (1965) és un d'ells i considera que la fórmula s'ha de multiplicar per un factor K igual a 1,5 per a la zona Mediterrània espanyola.

$$Hores\ fred\ del\ dia = K \cdot 24 \cdot \frac{7 - Temperartura\ mínima\ del\ dia\ ºC}{Temperatura\ màxima\ del\ dia\ ºC - \ Temperartura\ mínima\ del\ dia\ ºC}$$

No es comptabilitzen els valors negatius, ja que només s'aplica per dues en que la Tmin és menor que 7ºC.

Al 1957 Mota també va desenvolupar un mètode de càlcul basat en temperatures mitjanes. També ha estat una expressió molt utilitzada al llarg del temps dins el món agronòmic. L'expressió és la següent:

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

On X és la Temperatura mitjana del mes estudiat i Y és el nombre d'hores fred al mes estudiat. Tabuenca al 1964 adapta la fórmula de Mota per a la Vall de l'Ebre, quedant així:

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

Segons Gil-Albert (1989) es tracta d'una fórmula un tant inexacta a zones temperades/càlides.

Unitats de fred.

Una revisió interessant d'aquesta temàtica a l'any 1974 per Richardson va ser el de les unitats de fred. Una unitat de fred equival a una hora fred a 6ºC. El model mostra que no totes les hores fred contribueixen igual a satisfer les necessitats de fred. Als anys 80 Shaltout i Unrath van revisar el model. Es va observar que quan les temperatures diürnes hivernals tenen valors molt elevats, les pomeres acumulaven menys fred. Es va desenvolupar un model que tenia en compte aquesta circumstància i que funcionava amb rangs de temperatura i la seva eficàcia.

El model assigna unes unitats de fred a cada rang de temperatures, les més pròximes a congelació compten poc i les temperatures més altes resten als valors registrats per les més efectives.

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. Aportacions de fred segons rangs de temperatura. Shaltout i Unrath (1983).

A l'any 1981 Gilreath i Buchanan proposen una revisió adaptada per a llocs amb hiverns suaus. El model de baixes necessitats. En aquest model els rangs de temperatures aporten valors diferents que els dels altres autors. Es tracta d'una eina equivalent a les hores fred a l'hora de dissenyar una plantació, però es necessiten models desenvolupats a la zona on s'han d'aplicar. Ja que hi ha gran variabilitat de resultats.

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 i els de més interès econòmic són els fruiters. La floració necessita d'una inducció floral prèvia per executar-se. Aquesta inducció floral es dóna per dos efectes majoritàriament, el fotoperíode i l'acumulació de fred. El fotoperíode es recull pel meristem 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 a temperatures fredes (entre 0 i 7ºC) determinada, comença el procés de floració.

Aquests dos efectes solen funcionar a l'hora com a mecanisme de supervivència per evitar floracions en moments inesperats que podrien suposar un desavantatge evolutiu per 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 els gasos. Aquestes estructures es mantenen indiferenciades durant la latència fins al moment de la brotació, on s'indueixen i es diferenciaran (Roldán & 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'hídric.
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 fotop*eríode (Adaptat de Agustí, 2010).*

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

- La brotació es dóna abans en branques poc vigoroses.
- Hi ha que 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 y Grubb 1926).

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

- *Paralatència: regulada per factors fisiològics que no es donen a la propia estructura afectada.*
- *Endolatencia: regulada per factors fisiològics propis de l'estructura afectada*
- *Ecolatencia: regulada per factors ambientals.*

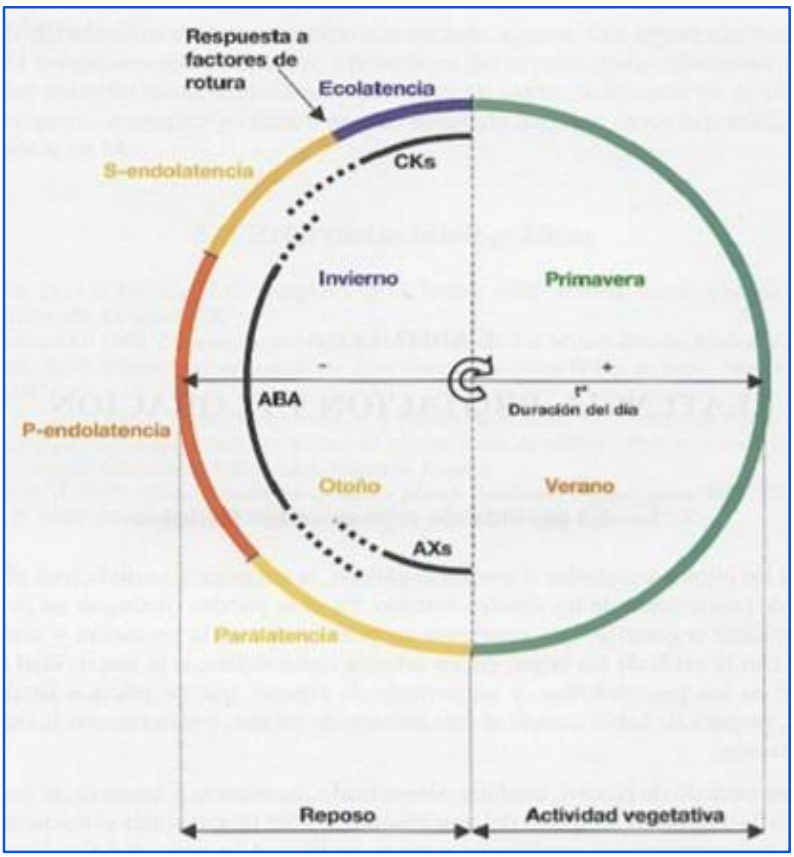

Figura 7. Cicle anual de la latència i les hormones vegetals que hi participen (Agustí, 2010).

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. 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'endolatència

quan el fred va avançant provoca que es vagi alliberant aigua a l'interior de la cèl·lula, fet que infla les gemmes. Es tracta d'un procés fortament influït per la temperatura en el que les dehidrines no desapareixen, sinó que deixen d'estar actives. Al final de l'endolatència i durant de tota l'ecolatència hi ha sensibilitat respecte de les citoquinines (que rompen 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, dins una cèl·lula 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. un cop la connexió amb el sistema circulatori es restableix, arriba el torrent d'hormones ric en citoquinines (que promouen la brotació).

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 brotació primaveral. Aquest moviment de sucres cap a les gemmes es dóna 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 brotació.

Resistència als ambients hivernals

L'acció més nociva potencialment per als fruiters als 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 0ºC propicien un augment de volum que pot suposar la rotura 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 meristems.

- Enduriment: més permeabilitat cel·lular, pèrdua d'aigua i reducció del volum vaquolar, 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 desborre i posteriorment la brotació, 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. 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 brotació. (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, a espècies amb poca necessitat, 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. 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 si pot tenir efectes sobre la velocitat del metabolisme a la zona radicular. També, 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 conseqüència 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 que quan l’arbre estigui en plena floració, els insectes pol·linitzadors ja no pol·linitzin degut a que tinguin altres espècies més interessants al seu abast. (Chandler y Brown, 1952; Tabuenca, 1965).

- Una altra conseqüència del retràs en la brotació és el retràs en la collita del fruit. El mercat atorga menors preus als fruits més tardans, degut a que hi ha major competència, i la rendibilitat de les explotacions se'n ressenteix.
- 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 brotació és irregular, heterogènia i dispersa a la planta, envers de ser homogènia.

    - Brotació 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 hiperestimulat 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'adelanten 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 brotació anticipada a la part baixa d'un cirerer a Sant Llorenç des Cardassar. Autor: Miquel Serra Sansó, tècnic d'APAEMA. 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. (Capllonch)

- 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 rentable. 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 tenen reposen 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 fruit

- Es pot donen donar deficiències en el quallat de fruits. Quan les necessitats en sucres dels fruits augmenten, l'arbre no pot abastar la totalitat de les necessitats (conseqüència de la falta de massa foliar) i es produeix una caiguda important de fruits. Aquestes caigudes poden arribar a ser superiors al 50% dels fruits quallats segons l'espècie (Espada 2010).
- Als fruits que arriben a desenvolupar-se, la maduració és dóna 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 la producció i preu 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

- Encalat de total de l'arbre. L'encalat bloqueja la radiació solar, a la que els arbres amb falta de fred són més sensibles. Es pot encalar usant caolí en pols o es pot 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 com a conseqüència de la falta de fred. 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 brotació. 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 dóna com a resultat brotacions enèrgiques però 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 brotació 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 brotació, 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. Cada viverista o millorador vegetal té varietats i clons amb unes necessitats de fred concretes, però que tenen un fort component comercial. Aquests agents cerquen un profit econòmic i no sempre es poden usar com a font fiable d'informació. Com a referència s'adjunten a continuació unes taules amb varietats comuns d'algunes espècies.

Especie	Horas bajo 7 °C	
Albaricoquero	300 a 900	
Almendro	0 a 800	(normalmente de 90 a 500 h)
Avellano	800 a 1600	
Melocotonero	100 a 1.250	(normalmente > 300 h)
Membrillero	90 a 500	
Cerezo	500 a 1.700	
Ciruelo europeo	800 a 1.500	
Ciruelo japonés	100 a 1.500	
Higuera	90 a 350	
Manzano	200 a 1.700	(normalmente > 800 h)
Nogal	400 a 1.500	
Peral	200 a 1.400	(normalmente > 600 h)
Vid	90 a 1.400	(normalmente < 400 h)

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

Peral:	horas -frío
Abate Fetel	> 800
Blanquilla	
Buena Luisa de	600
Arvanches	700
Castell	600
Conferencia	700
Decana de Comicio	700
Ercolini	600
Limonera	850
Mantecosa Hardy	1.000
Mantecosa	
Precoz Morettini	< 650
Max Red Barlett	1.100
Packham's Triumph	600
Passa Crasana	750
Roma	550
Sta. M.ª Morettini	<650
Williams	1.100
Almendro:	
Cristomorto	400
Desmayo Largueta	180
Desmayo Rojo	180
Ferraduel	250
Ferragnes	350
Fournat	180
Marcona	200
Non Pareil	180
primorskii	250
Texas	280
Tuono	300
Verdiere	250
Yaltinskii	350
ALBARICOQUERO	
Búlida	1.050
Canino	750
Moniquí	850
Paviot	1.050

Ciruelo:	horas -frío
Europeo:	
de Ente GF 707	800-1.000
Presidente	Altas
Reina Claudia de Bavay	Altas
Reina Claudia de Oullins	600-700
Reina Claudia Verde	790-1.300
Stanley	Bajas
Japonés:	
Burbank	500-600
Formosa	Altas
Golden Japan	120-290
Methley	100-250
Red Beaut	Pocas
Santa Rosa	370-600
Sierra Plum	Bajas
Melocotoneros de carne blanda:	
Cardinal	700-800
Dixired	800-900
Garnet Beauty	< 650
Maycrest	650-700
Merrill Carnival	650-800
Merrill Franciscan	> 800
Merrill Gem Free	650-800
Merrill July Lady	650-800
Merril O'Henry	650-800
Merrill Sundance	650-800
Redglobe	700-800
Redhaven	700-800
Redtop	650-800
Regina	800-950
Royal April	< 600
Royal Gold	< 600
Southland	500-600
Springcrest	700
Springtime	500-600
Starcrest	650-700
Suncrest	800-950

Melocotoneros de carne dura:	horas -frío
Baby Gold 5	600-700
Baby Gold 6 y 7	700-800
Baby Gold 8 y 9	> 900
Calandra	600-700
Carson	850
Corona	700-800
Fortuna	600-700
Frederica (Catherina)	650
Golden Queen	500-600
Jungerman	700
Loadel	700
Maruja	600-700
Shasta	700-800
Stanford	600-700
Sudanell-3	600-700
Troubador (Baladin)	650
Vesubio	500-600
Vivian	600-700
Nectarinas:	
Armking	< 600
Armking 2 y 3	< 650
Crimson Gold	650-800
Early Sungrand	650-800
Fantasia	< 650
Firegold	< 650
Flavortop	650-800
Fuzalode	650-800
Golden Grand	< 650
Independence	650-800
Maybelle	500-550
Maygrand	650-800
Morton	650-800
Nectared 4	< 650
Nectared 6 y 8	650-800
Red June	650-800
Ruby Gold	650-800
Silver Lode	<650
Sungrand	650-800
Sweet Gold	650-800

Taula 3. Requeriments d'hores fred per a diferents espècies. Font: Fernàndez-Escobar 1988.

MANZANO	Horas-frío	MANZANO	Horas-frío	MELOCOTONERO	Horas-frío
Ácida de Sfax	500-600	Lodi	800-900	June Gold	650
Beverly Hills	600-800	Red June	700-800	Early Gold	550
Bleenhiem Orange	600-800	Veret	600-700	Mary Gold	650
Cox's orange pippin	600-700	Tydeman's Early	700-800	Early Halehaven	850-1.050
Dulce de Sfax	500-600	Worcester	700-800	Mooreás Early Red	650-700
Early Mc Intosh	750-850	Astracán Roja	800-1.000	Early Jubilee	850
Emilia	600-700	Belle de Boskoop	800-1.000	Loring	750-950
Golden Delicious	800-1.000	Yellow Transparent	800-1.000	Fay Elberta	700-800
Granvestein	600-800	Naomi	600-800	Rochón	450
Hume	500-600	Reineta de Mans	1.000-1.200	Flordahome	400
Jonathan	600-700	Rayada	600-700	Sunhigh	650
King David	600-800	Anna	300-350	Flordaqueen	550
Laxton Superbe	800-1.000	Ein Shemer	400-450	Solthland	650-750
Mc Intosh	800-1.000	Tropical Beauty	300-400	Fortuna	800-850
Northern Spy	1.100-1.400	Elach	400-450	Swannee	650
Pacheco	200-300	Michal	400-450	Halehaven	850-950
Red Delicious	700-800	Mayan	400-450	Flaming Gold	750
Red Rome	700-800	**MELOCOTONERO**		Amsden	1.000-1.200
Reina de Reinetas	800-900			July Elberta	750
Starking	700-800	Hiley	750	June Elberta	900-1.000
Starkrimson	800-1.000	Flordawon	200	Tejón	400
Rome Beauty	1.000-1.300	Bonanza	650	Early Hiley	750
Trancendent	700-800	Flordasun	300	Río Oso Gem	850-950
White Permain	600-700	Dixigem	850-950	Jewel	300
White Winter Permain	600-700	Dixiland	650-750	Max Red	500
		Armgold	650-700	CNF-I	400
Winter Banana	500-600	Dixigold	850-950	Elberta	850-950
Winesap	750-850	Redhaven	850-950	Late Elberta	850
Reineta de Canada	800-900	Dixired	900-1.050	F: 82-15	350-400
Wealthy	600-700	White Knight	250	Rubidoux	600-750
Delicious	800-900	Ealrly Red	850-950	Lowell	850
Grimes Golden	800-1.000	Coronet	700-800	Redcap	750
Melba	800-1.000	Early Elberta	850	May Flower	1.000-1300

Taula 4. Requeriments d'hores fred per a les varietats més populars d'algunes espècies de fruiters. Font: Calderón 1980

MELOCOTONERO	Horas-frío	MELOCOTONERO	Horas-frío	MELOCOTONERO	Horas-frío
Fairhaven	850-1.050	Kalhaven	950	Shalil	700-8007
Sunhaven	900-950	Springtime	650	Witehale	00-800
Redsking	800-850	Bonita	500	Japanese Giant Cling	700-800
Redwing	700-800	Sungold	600-700	Sam Houston	650
Panamint	700	Ccmonfort	400	Red Grande	450
Sunred	300	Sunglow	700-800	Early Amber	350
Le Grand	700	Flordabelle	100-200	Profesor Mething	400
Simgold	650	Red Ceylon	200	Lucero	400
Gold Mine	700	Flordared	100	Profesor Walgan	550
Newday	750	Okinawa	50-100	Profesor Malherbe	550
Golden Jubileé	850	Afterglow	750	Profesor Oon Sarel	550
J. H. Hale	850-950	Flaming Gold	700-800	Profesor Blacks	550
Sothhaven	900-1.000	Sullivan Elberta	700-800	Selección Ucareo	400

Taula 5. Necessitats d'hores fred per les principals varietats de melicotoner. Font Calderón 1980.

ALBARICOQUERO	Horas-frío	ALBARICOQUERO	Horas-frío	PERAL	Horas-frío
Canino	600-750	Klabi	600-700	Le Conte	500-600
Luizet	1.150	Valencianos	500-600	Auri	650-750
Reeves	700-800	Gold Debeck	700	Devoe	650-750
Bergeron	900-1.050	Moniquí	850	Favorita de Clapp	660
Búlida	900-1.050	Paviot	1.050	Beurré Hardy	950-1.050
Early Royal	700-800			Passe crassane	700-800
Nancy	1.000-1050	PERAL		Precoz de Tévoux	660
Mauricio	600-750	Bartlett (Williams)	1.000-1300	Porettini Precoz	700-800
Carlota	700-800	Baldwin	500-600	Pereta	700-800
Early Capy	700-800	Kieffer	500-600	San Juan	400-450
Newcastle	700-800	Garber	500-600	Hood	650-750
Blenheim	800-900	Beurré d'Anjou	600-700	Wilders	650-750
Mayero	650-750	Orient	500-600	Beurré Bosc	900-1.000
Moorpark	1.000-1.100	Doyenecé d'Hiver	800-900	Campas	650-750
Rouge du Rousillón	900-1.050	Dr. Jules Guyot	800-900	Douglas	650-750
Real Fino	650-750	Duchesse dá'ngouleme	850-1.000	Carrick	650-750
Tilton	800-1.000	Epine du Mans	700-800	Dabney	650-750
Early Gold	700-800	Starking Delicious	1.200	Paraiso	400-500
Royal	700-850	Winter Nelis	650-750	Elizabeth	650-750
Rosado Chileno	700-800	Pineapple	500-600	Mendocina	400-500

Taula 6. Necessitats d'hores fred per a les principals varietats d'alguns fruiters. Font: Calderón 1980

CIRUELO	Horas-frío	CIRUELO	Horas-frío	CEREZO	Horas-frío
Florentia	600-700	Abundance	650-750	Napolcón	900-1.100
Santa Rosa	500	Queen Victoria	700-800	Lambert	900-1.100
Golden Japan	650-700	Kelsey	700-800	Van	800-1.050
Corazón de Elefante	850-950	Redheart	850-950	Montmorency	850-1.000
Presidente	700-800	Ozark Premier	800-900	Burbank	800-900
Burbank	600-700	Stanley	700-800	Chapman	850-900
Pazcuatzingo	600	Purple King	700-800	Early Richmond	900-1.100
Beauty	750-800	Reina Claudia d'Oullins	700-800	Emperatriz Eugenia	800-900
Reina Claudia deAlthan	700-800	Eldorado	700-800	Morello	800-900
Ente (Agen)	850-950	Blufre	700-800	Jubileé	900-1.100
Formosa	600-700	Earliblue	700-800	Republican	850-950
Sugar	650-700	Gota de Oro	600-700	Yelow Spanish	900-1.100
Satsuma	700-800			Tixerain	750-850
Shiro	650-750	**CEREZO**		Precoz de Bále	750-850
Mariposa	650-750	BingBlack	800-1.050	Cristobalina	600-700
Bruce	650-750	Tartarian	750-850	Stella	900-1.000

Taula 7. Necessitats d'hores fred de les principals varietats de prunera i cirerer. Font: Calderón 1980.

4. Metodologia

4.1 Descripció de les dades meteorològiques emprades.

Per a aquest projecte, s'han considerat el major nombre d'estacions en superfície per tal de que els resultats siguin de la zona d'estudi. S'han considerat estacions amb dades disponibles durant els darrers 10 anys.

El procés de recol·lecció 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 de la UIB. 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 i així assessorar als seus socis. Les finques s'han dotat d'estacions meteorològiques, el problema és que durant l'execució 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. Segurament es tracta d'un model que usa punts obtinguts d'estacions, teledetecció i objectes de mesura més simples.

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

Aquest tipus de model cerca obtenir la major quantitat de punts possible i homogeneïtza els resultats. Per fer una predicció curta o instantània és un model correcte i que funciona bé, però per fer un disseny de plantació seriós no és assumible. Per fer un model utilitzable a disseny de finques s'han de fer 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.

També estudià la web windguru, que usa un model a 3km de resolució, però no servia per al propòsit d'aquest estudi.

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, les estacions tenen manteniments… garanties de la qualitat.

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

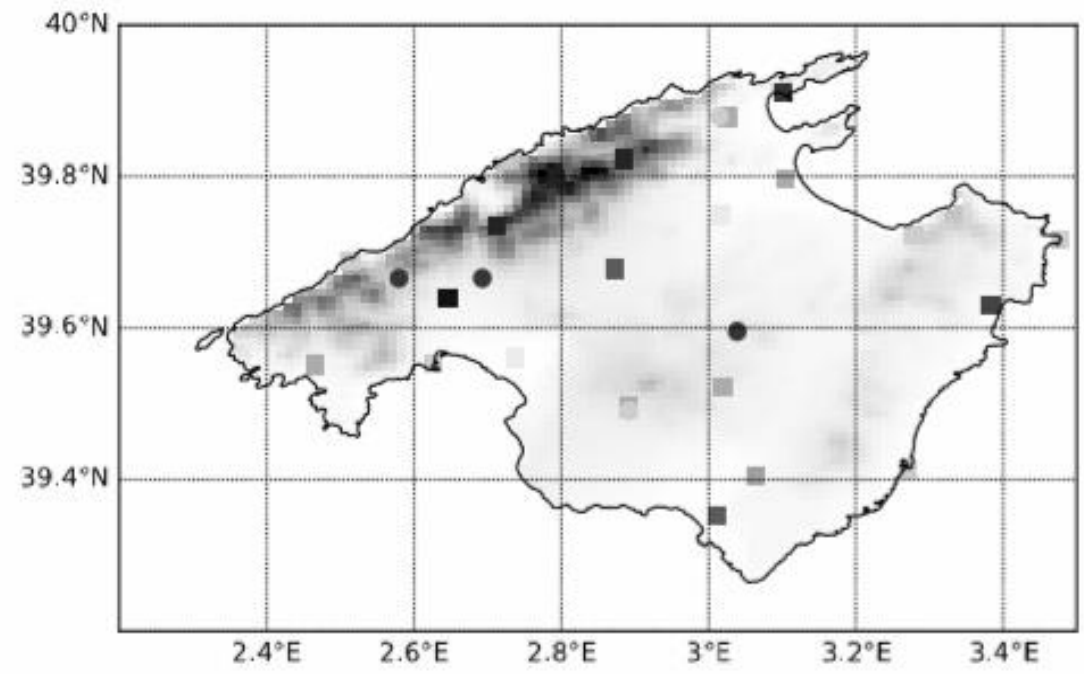

Figura 10. Mapa d'estacions combinades i altimetria. Quadrats per les estacions de la xarxa d'AEMET i cercles per les de les privades.

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 per davall de 7ºC. Es tracta d'anys agro-meteorològics (des de l'1 de setembre al 31 d'agost) durant 10 anys. A continuació, per comparar el patrons de les hores fred per diferents estacions s ha calculat el valor mig durant 10 anys i la seva desviació estàndard per mostrar com fluctuen les hores fred al llarg dels anys analitzats.

La següent taula mostra els resultats de les mitjanes d'hores fred de cada estació amb les desviacions estàndard. També es mostren els valors anuals mínims i màxims de cada estació. A la següent taula també s'indiquen tres categories possibles per a les estacions, tal com s'ha explicat anteriorment: costa, muntanya i interior (C, M, I).

5. Resultats

5.1 Mallorca

Les hores fred calculades per les estacions de Mallorca durant els anys analitzats es mostren a la taula 7. Per a la resta d'estacions, la informació es troba a la taula 9.

Estació (regió)	<HF>$\pm\sigma$ (# 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 8. Mitjana amb la corresponent desviació estàndard de les hores fred acumulades durant un cert nombre d'anys agrometeorològics per a determinades estaciones 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 agrometeorològic de major i menor acumulació d'hores fred per a cada estació també hi són indicats.

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

Taula 9. Mitjana amb la corresponent desviació estàndard de les hores fred acumulades durant tots els anys agrometeorològics 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	3293
Llucmajor	30/06/15 - 13/12/18	210
Manacor	27/03/10 - 05/09/18	3379

Taula 10. Hores fred acumulades durant diferents períodes per a distintes estacions meteorològiques de Mallorca que no corresponen a la xarxa d AEMET.

En una fase primigènia del projecte es va preveure elaborar mapes d'hores fred representades en corbes de nivell. Aquesta idea s'ha descartat durant el projecte degut a varis factors. Un d'ells és que un mapa en el que es mostra el valor de les hores fred i la topografia del terreny a l'hora mostra la major part de la informació que necessita un tècnic per triar una varietat en un sol document. L'altra és una qüestió de concepte científic. Les dades procedents d'estacions meteorològiques són dades puntuals. La temperatura és una variable molt local i a zones heterogènies com Mallorca 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 pot interpolar dades, com el cas d'un pendent. La zona més alta i la més baixa del pendent poden tenir diferents hores fred i estar 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 zones climàtiques més rellevants (costa, interior i muntanya). Les estacions de muntanya no són interessants agronòmicament ja que no hi ha zones de cultiu rellevants i les que hi ha tenen una idiosincràsia que fan recomanable un estudi més específic. Les seves hores fred sempre superen les 1000 . Es tracta d'un valor generós que en general no suposarà un problema en quant a hores fred.

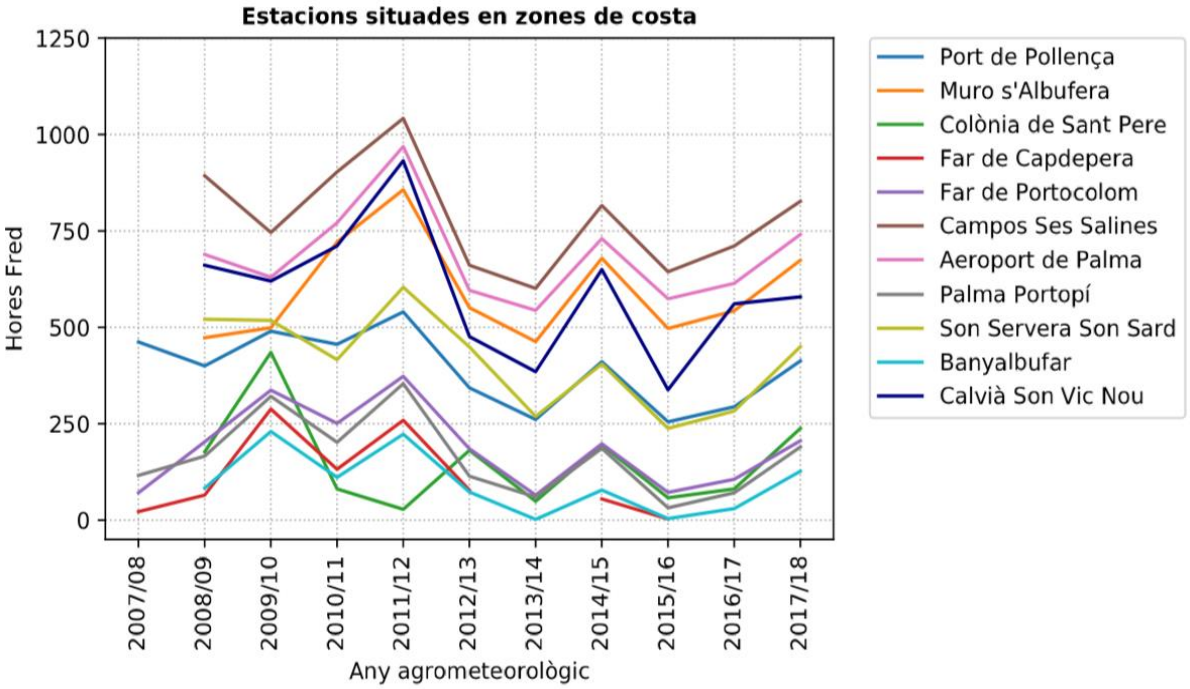

Figura 11. Evolució de les hores fred de cada estació de costa per a 10 anys de registre.

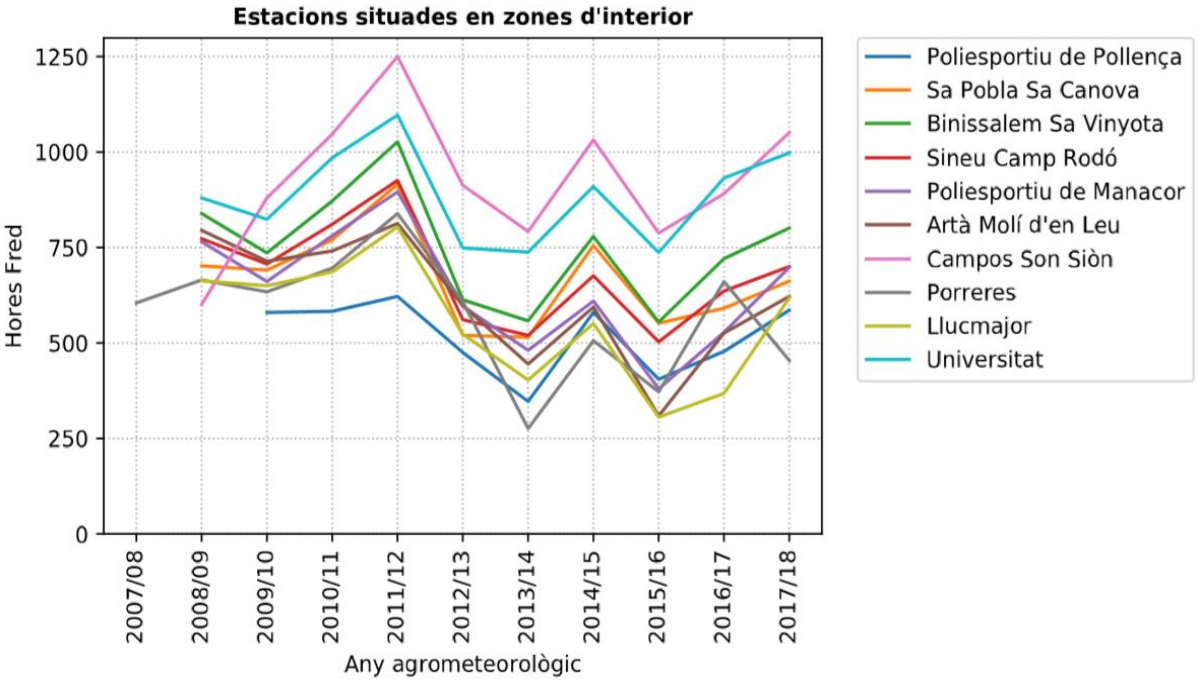

Figura 12. Evolució de les hores fred de cada estació d'interior per a 10 anys de registre.

Les zones de costa solen tenir temperatures més suaus que les d'interior degut a la influència marina. A les zones d'interior hi ha casi sis anys en els que 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. Tot i que aquí l hem considerada costanera, aquesta estació està dins una zona a on es donen les condicions favorables de formació d acumulacions d aire fred a la nit i per aquest motiu les hores fred són molt més altes que a la resta d estacions costaneres. En canvi, a les estacions d'interior es supera aquest valor en més períodes i per més estacions. Aconseguir valors més extrems és la conseqüència de que la influència marina no suavitza les temperatures.

Les zones d'interior concentren la majoria de l'activitat agrícola de l'illa. Els resultats de la figura 12 són més adients pels cultius més freqüents de Mallorca en quant a hores fred que els de la figura 11 (zones de costa). Resulta comprensible llavors, que l'activitat en fructicultura de l'illa s'hagi concentrat a l'interior, on els valors 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.
Les zones d'interior en general tenen valors més alts d'hores fred que les de costa.

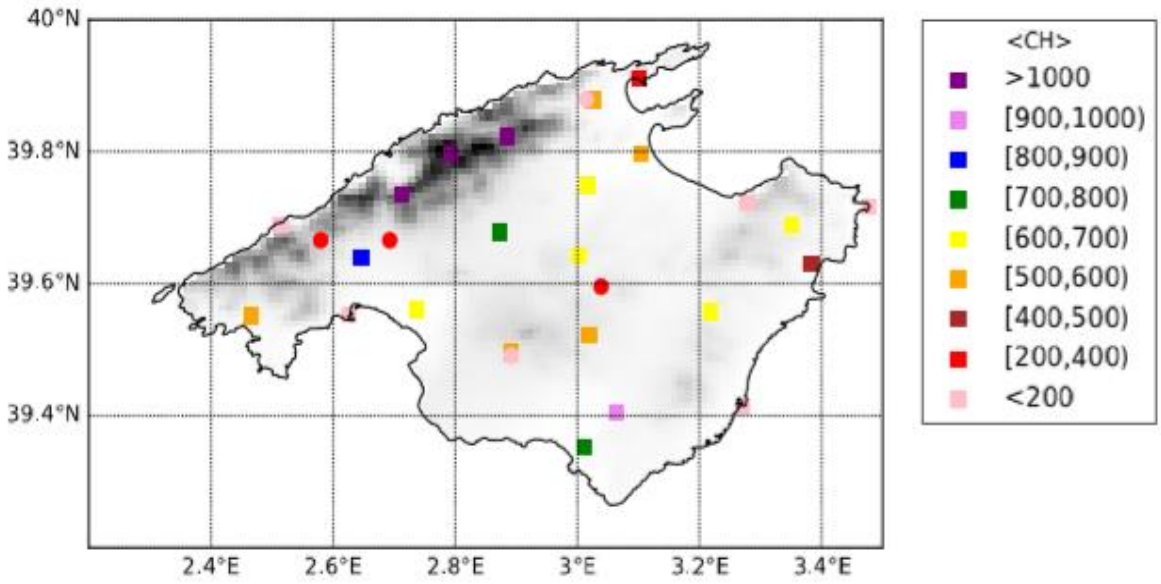

Figura 13. Rang de valors on es troben les mitjanes d'hores fred durant tots els anys agrometeorològics possibles. Els quadrats representen estacions de la xarxa AEMET, els cercles representen estacions de particulars. Els tons negres representen la topografia de l'illa.

La distribució de les estacions combinades no segueix una distribució lògica. La posició de les estacions privades en alguns casos solapa amb la de les estacions 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 que es solapen els punts, es dóna la circumstància de 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 variables poden influir en els valors que s'obtenen.

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.

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 10. 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 11. Hores fred acumulades durant un determinat període per a distintes estacions meteorològiques de Menorca.

Cas de Menorca

Sense protecció del vent del nord, les hores fred de Menorca són més baixes que a Mallorca, que hi ha Tramuntana. El vent impedeix la acumulació generosa d'hores fred. La superfície coberta per les estacions de Menorca és més homogènia que a Mallorca.

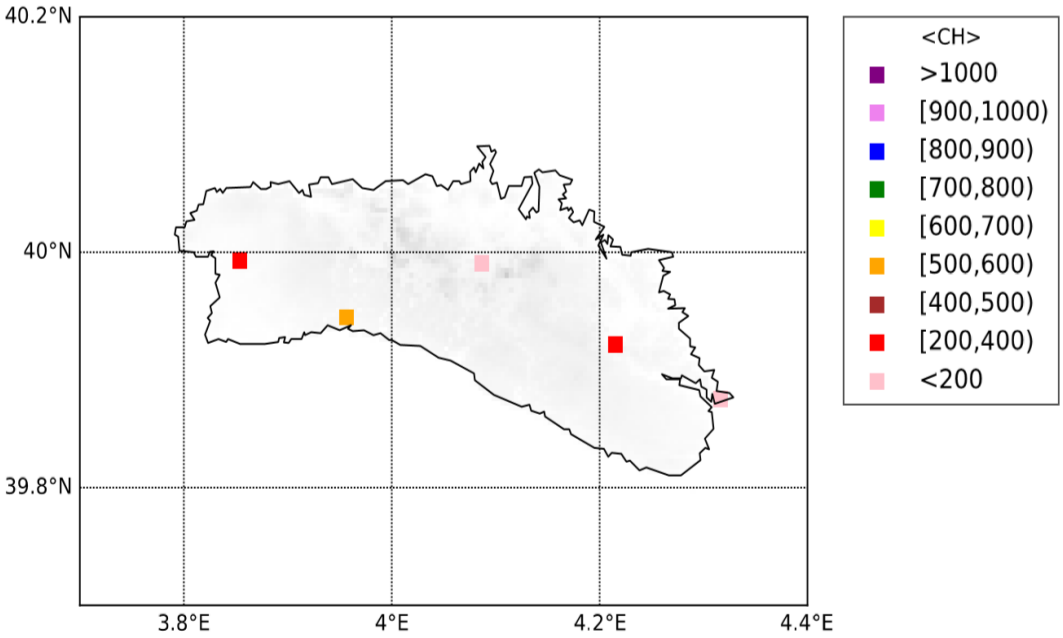

Figura 14. Mapa d'estacions i els seus valors d'hores fred a l'illa de Menorca.

Només una estació de 500-600 hores fred, el que fa que sigui difícil la fructicultura en general. La fructicultura es concentra als barrancs i al sud, a Alaior, Ferreries, cala Galdana...
Els barrancs tenen el seu propi microclima que permet que pot reduir 3-4ºC la temperatura respecte de les zones més planes, afavorint-se l'acumulació d'hores fred. Les espècies que es cultiven són figueres, melicotons, prunes i albercocs. A nivell anecdòtic, no hi ha ametllers i garrovers de forma generalitzada (com a Mallorca).ja que segurament és una illa molt plana amb gran influència de vent, fet que no permet l'acumulació d'aire fred com a Mallorca.

Cas d' Eivissa i Formentera

A Formentera només hi ha una estació, però no es tracta d'una zona de cultiu especialment rellevant. Els principals cultius que s'exploten són l'olivera i la figa. Cultius amb poques necessitats de fred i que s'adapten bé a un ambient amb tanta influència marina com Formentera.

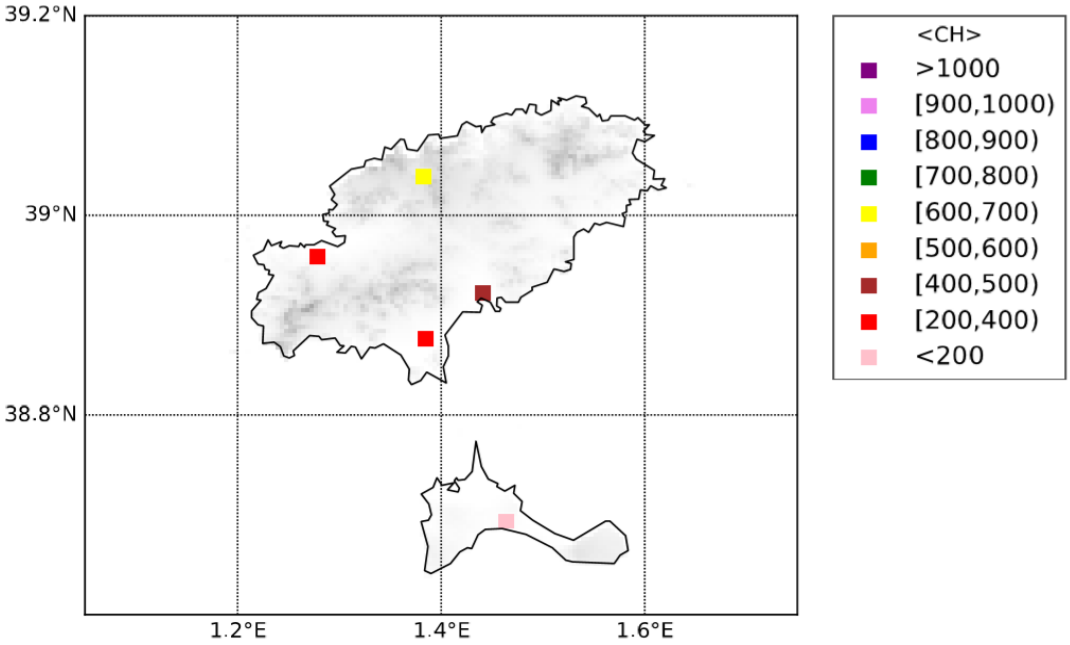

Figura 15. Mapa d'estacions i els seus valors d'hores fred a l'illa de d'Eivissa i Formentera.

En quant a Eivissa, les estacions tenen valors semblants que a Menorca. Lleugerament superiors. El relleu d'Eivissa és un poc més accidentat que el de Menorca, fet que ajuda a l'acumulació de fred. L'estació més nord que hi ha està al municipi de st Antoni d'Albarca.
Aquesta estació té valors dins el rang de les 600-700 hores fred. No es tracta d'un valor especialment elevat, però si que permet una fructicultura d'alguns fruiters de pinyol, especialment cap a l'est, zona que no té cap estació. 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.

6. Casos d'estudi de teledetecció a Mallorca

En aquest projecte s'ha col·laborat amb la UIB i s'han utilitzat dades satel·litàries que han estat tractades i processades dins d'un projecte de col·laboració de la UIB amb la Conselleria d'Agricultura. Els resultats es poden trobar aquest projecte en aquesta URL:
http://www.caib.es/govern/sac/fitxa.do?codi=3603372&coduo=1964&lang=ca
Aquestes dades s'han adaptat per poder extreure l'evolució de les hores fred a Mallorca al llarg del temps mitjançant mapes.

La millor forma d'entendre la utilitat d'aquestes dades és fer exercicis d'aplicació pràctica. Mallorca té una superfície 3.640 km^2 i cada punt de color representa 4x4 km^2 de superfície. Hi hi ha llocs que no es representaran als mapes com és el cas de les zones de les Serres de Tramuntana i Llevant. El motiu és que en aquestes zones de terreny tan complex els camps de temperatura obtingut pel Meteosat no són representatius de la zona. A la Figura 16 es mostra en verd les zones de Mallorca que s han estudiat mitjançant els camps de temperatura superficial obtinguts per Meteosat.

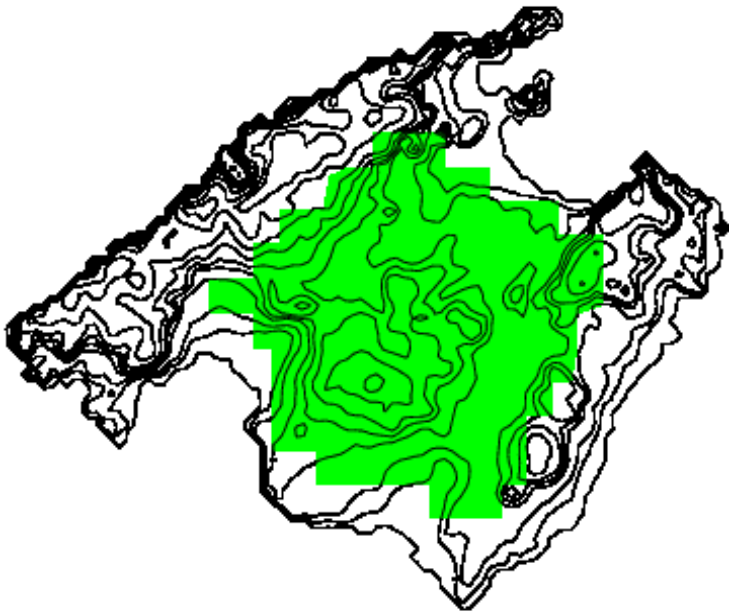

Figura 16. Cas de 2008-2009 per a 600 hores fred.

A continuació, els píxels s 'omplen de color verd els píxels on els valors d'hores fred superen el valor d'interès. En aquesta figura s'ha triat el valor de 600 hores fred, com a l'exemple 1. Les zones pintades igualen o superen el valor 600 hores fred. També es mostren les corbes de nivell relatives a l'altura.

Exercici 1. Zones a on es satisfan les 600 hores fred.

Com a primer exercici s'estudiarà el cas de les 600 hores fred. 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 cireres de menys necessitats, com la varietat Santina o alguns melicotoners.

Aquests mapes permeten extreure una informació rellevant a l'hora de comparar els diferents anys d'estudi. La relació entre la superfície disponible i la superfície que compleix les condicions d'hores fred per al cultiu concret es pot expressar com a percentatge. Aquests percentatges es poden estudiar en funció del temps i donen una idea de la idoneïtat de d'un cultiu amb unes hores fred concretes al llarg dels 10 anys d'estudi.

Estudi per a 600 hores fred										
Mapa										
Píxels	147	139	143	148	129	104	139	69	113	145
% útil	64,62	61,10	62,86	65,05	56,70	45,71	61,10	30,33	49,67	63,74
Període temporal	2008 2009	2009 2010	2010 2011	2011 2012	2012 2013	2013 2014	2014 2015	2015 2016	2016 2017	2017 2018

Taula 12. Percentatge de superfície útil per a 600 hores fred durant 10 anys (períodes agrometeorològics).

Comparant l'evolució de la superfície amb l'anàlisi anual de les estacions es veu coincidència en el màxim pel període 2011-2012. A l'hora d'analitzar els mínims es dóna una situació curiosa. El 2013-2014 dóna un valor baix en hores fred i en superfície practicable a 600 hores fred, però el 2015-2016 dóna un valor molt més baix en ocupació. Es pot dir que al 2015-2016 hi va haver valors baixos d'hores fred (per davall de 600) en més punts que en el 2013-2014.

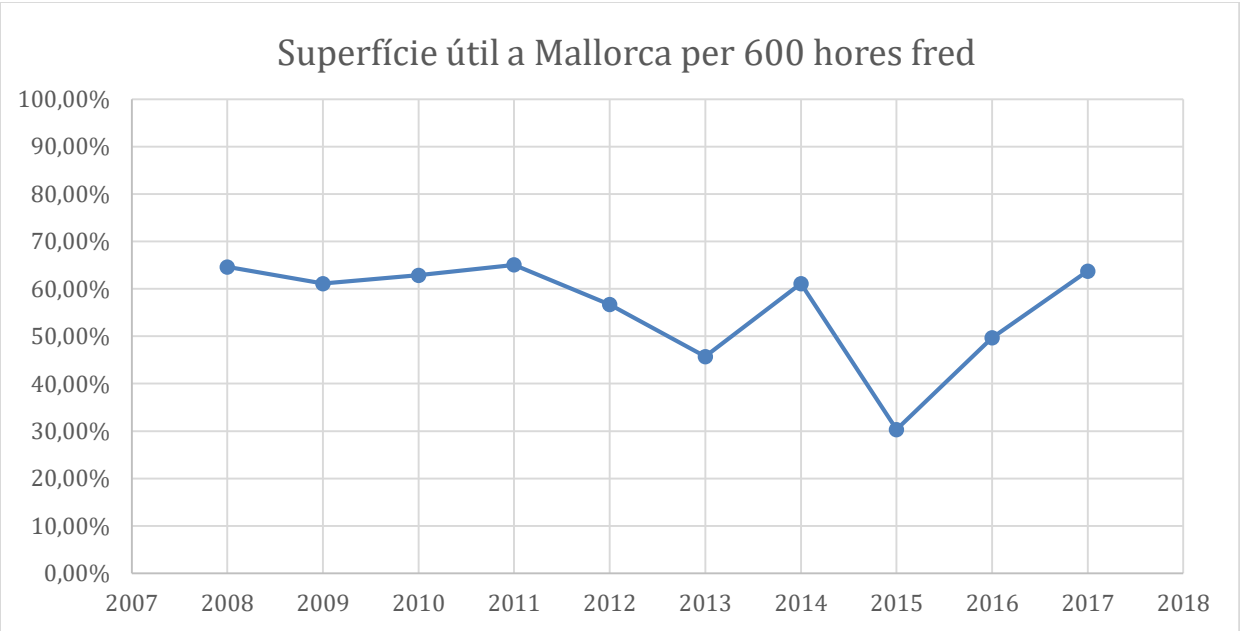

Figura 17. Evolució de la superfície útil per a 600 hores fred a l'illa de Mallorca.

Aquesta gràfica mostra el percentatge de superfície útil al llarg del temps i permet veure com d'idònia és una varietat per Mallorca. Si el pendent de la gràfica és inestable, augmenta el risc de sofrir anys en els que no es completin les necessitats de fred dels cultius. Si els valors són molt alts, el risc serà baixíssim.

Exercici 2. Cultius de 700 hores fred. Cas de Porreres

Un altre cas d'estudi significatiu és el de les 700 hores fred. Amb el valor de 700 hores fred es poden cultivar la majoria d'espècies, almenys en alguna varietat. Tots els cultius del cas anterior estarien coberts i també algunes varietats d'albercoquer. Aquest cultiu té una rellevància especial al municipi de Porreres. Porreres és una zona de producció d'albercoc molt valorada dins l'economia de l'Illa. La majoria de varietats d'albercoc que el cultiven allà es troben dins la forquilla de 700 i 800 hores fred, com és el cas de l'albercoc canino amb 700 i el de l'albercoc Galta Vermella o Galta Rotja amb 750.

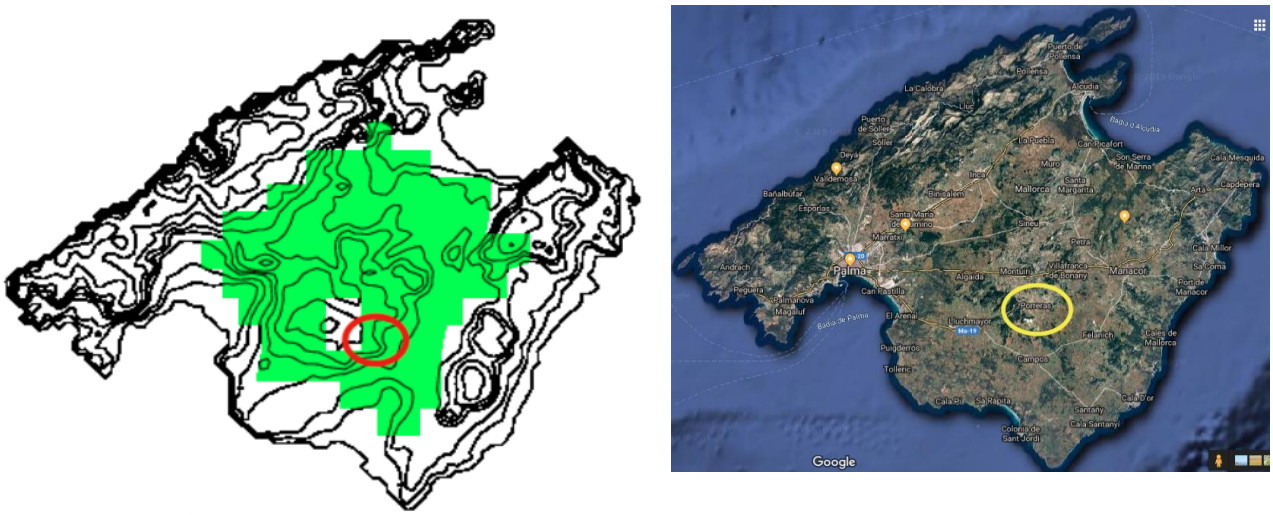

Figura 18. Mapa de Mallorca on es mostren les zones amb 700 o més hores fred pel 2012-2013 i mapa on es localitza la zona productiva d'albercoc, Porreres.

Es dóna una situació curiosa amb el cas de Porreres. La zona est de Porreres, dóna bons resultats d'hores fred per als albercocs, però no tots els anys. Durant 10 anys d'estudi la meitat dels anys no s'ha arribat al 50% de la superfície. Inclús hi ha dos anys per davall del 20%. Els anys que hi ha poques fred, la part oest quasi mai arriba a valors suficients degut a que és la falda del Puig de Randa. En canvi, la part est no sempre satisfà les necessitats dels albercocs. Resulta curiós que els albercocs que han mantingut més reputació siguin porrerencs quan municipis propers com Vilafranca de Bonany són zones més recomanables per al cultiu de l'albercoc (únicament baix el criteri de les hores fred).

Estudi per a 700 hores fred										
Mapa										
Píxels	141	94	129	143	107	30	125	19	74	128
% útil	61,98	41,32	56,70	62,86	47,03	13,19	54,95	8,35	32,53	56,26
Període temporal	2008 2009	2009 2010	2010 2011	2011 2012	2012 2013	2013 2014	2014 2015	2015 2016	2016 2017	2017 2018

Taula 13. Percentatge de superfície útil per a 700 hores fred durant 10 anys agrometeorològic.

Els anys 2013-2014 i 2015-2016 varen ser especialment durs pers als cultius amb necessitats de 700 hores fred. S'ha comentat abans els efectes negatius de no satisfer les hores fred d'un cultiu. Per tant, si hi ha varis anys en els que no es satisfan les necessitats, el perjudici econòmic que es sofriria no faria recomanable el cultiu. Cultius de 700 hores fred a Mallorca tenen un risc elevat.

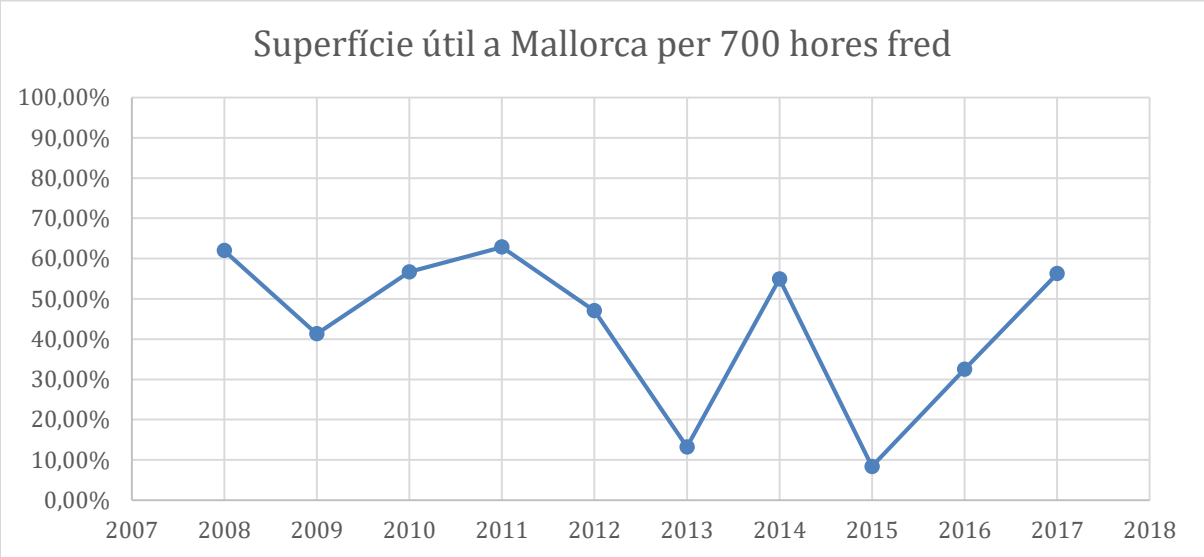

Figura 19. Evolució de la superfície útil per a 750 hores fred a l'illa de Mallorca.

Analitzant la gràfica es veu que no es recomanable escollir una varietat de fruiter de 700 hores fred. En el cas concret de tenir la certesa de superar àmpliament les 700 hores fred en una zona concreta, si que es podria explotar una finca de forma rendible. Si no hi ha aquesta certesa, és un risc innecessari.

Exercici 3. Avaluació de les necessitats de 850 hores fred

Un cas poc freqüent és el de les 850 hores fred. La majoria d'espècies tenen alguna varietat amb requeriments menors d' hores fred. A partir de les 850 hores fred ja hi ha varietats de pomeres disponibles, com la Red Delicious amb 800 hores fred o la Golden Delicious de 850 hores fred. A Mallorca no es cultiven aquestes varietats en explotacions professionals, tenen més caràcter recreatiu o d'autoconsum. La pomera i la perera són espècies de difícil cultiu a les Balears degut a criteris agronòmics com el reg, l'altura, el sòl… però si s'analitza únicament el criteri de les hores fred, hi ha zones disponibles per al cultiu, especialment al centre de l'illa.

Estudi per a 850 hores fred										
Mapa										
Píxels	109	4	67	116	19	0	59	0	11	76
% útil	47,91	1,76	29,45	50,99	8,35	0,00	25,93	0,00	4,84	33,41
Període temporal	2008 2009	2009 2010	2010 2011	2011 2012	2012 2013	2013 2014	2014 2015	2015 2016	2016 2017	2017 2018

Taula 14. Percentatge de superfície útil per a 850 hores fred durant 10 anys agrometeorològic.

Els valors obtinguts duen a descartar cultius amb 850 hores fred de necessitat a Mallorca.

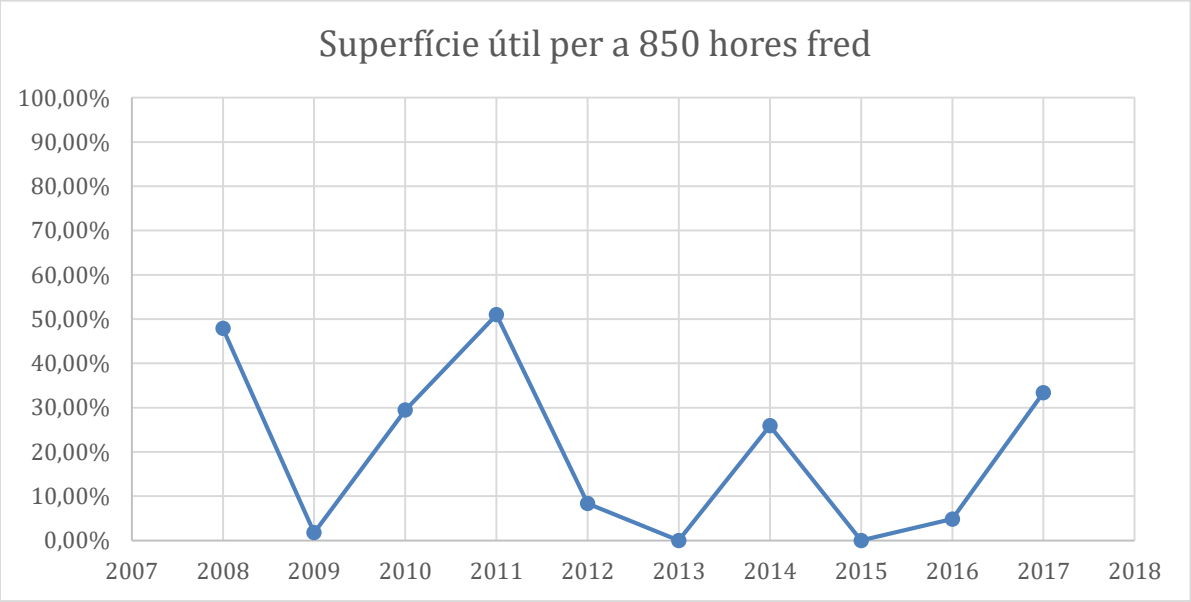

Figura 20. Evolució de la superfície útil per a 850 hores fred a l'illa de Mallorca.

Com a curiositat, els anys 2013-2014 i 205-2016 no es va registrar cap píxel que superés o igualés les 850 hores fred. En aquesta situació és pràcticament impossible tenir èxit amb un cultiu de 850 hores fred. Aquestes dades no volen dir que en localitzacions molt molt concretes no es puguin espècies més exigents, però no és recomanable.

Exercici 4. Avaluació de les necessitats per 950 hores fred

El darrer cas d'estudi és el de les 950 hores fred. Serveix per descartar molts cirerers, algunes pomes i prunes. És freqüent que aquestes espècies tinguin requeriments de sòls àcids, fet que resulta molt infreqüent a les Balears.

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

Taula 15. Superfície útil per a 950 hores fred durant 10 anys agrometeorològic.

Només 4 dels 10 anys agrometeorològics enregistren alguna zona que iguali o superi les 950 hores fred. Amb aquestes dades es descarta el cultiu d'espècies amb aquestes necessitats de fred. La teledetecció analitza superfícies grans i homogènies, per tant poden existir llocs concrets on si que es superin les 950 hores fred però no apareguin al mapa. En qualsevol cas, aquestes zones no serien suficients per implantar una explotació fructícola.

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

Figura 21. Mapa de Mallorca per a 1000 hores fred a l'any agrometeorològic 2011 a 2012.

7. Conclusions

Després d'executar aquest estudi, s'ha arribat a diferents conclusions. Una d'elles és la falta d'estacions en algunes zones concretes. És el cas de la zona que hi ha entre Muro, Sant Joan i Artà, que tot i tenir un fort caràcter agrari, no té cap estació meteorològica. La teledetecció revela que és una zona d'acumulació de grans valors d'hores fred, tot i estar a prop d'una badia. Una estació que confirmi aquestes dades seria interessant. Es tracta d'una zona agrària potent i que cada cop té més rellevància per a la indústria turística.

Una altra conclusió que es pot extreure és que la temperatura i com a conseqüència, les hores fred, són variables amb un fort component local. El relleu de l'illa de Mallorca provoca que hi hagi zones amb particularitats meteorològiques o microclimes. Aquests microclimes en alguns casos, poden ajudar a acumular majors valors d'hores fred. En el cas de les altres illes i en especial en el cas de Menorca, no es dona aquesta particularitat. El relleu és més pla i l'illa queda exposada a l'acció del vent, que impedeix una gran acumulació d'hores fred. Únicament als barrancs és possible acumular uns mínims d'hores fred per al cultiu de les espècies més comuns. En el cas d'Eivissa, el lleuger relleu del nord de l'illa sí que permet una major acumulació d'hores fred al centre de l'illa, fent possible una fructicultura més variada.

S'ha recopilat informació amb els riscs agronòmics de no satisfer les necessitats de fred dels cultius, així com recomanacions per a reduir o compensar aquests riscs.

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

- Cas d'estudi 1. Valoració de Mallorca per a 600 hores fred. Un 56,09% de mitjana de la superfície és vàlida per cultivar espècies de necessitats de fred iguals o inferiors a 600 hores fred.
- Cas d'estudi 2. Valoració de Mallorca per a 700 hores fred. Valors menys estables. 43,52% de mitjana i poca estabilitat. Recomanació molt limitada.
- Cas d'estudi 3. Valoració de Mallorca per a 850 hores fred. Punts molt localitzats.
- Cas d'estudi 4. Valoració de Mallorca per a 950 hores fred. En general, pot haver-hi zones a on localment es satisfacin aquests requeriments (com a les valls o a zones enclotades).

8.Bibliografía

Roldán, & Martínez, J. M. (2013). *Fundamentos de fisiologia vegetal.* Mundiprensa.

Talón, J. A.-B. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal.* McGrawHill.

Terrón, P. U. (2010). *Tratado de fitotecnia general.* Mundiprensa.

Agustí, M. (2010). Fruticultura. Ediciones Mundi. Prensa. Madrid, España.
Tratado de fitotecnia general. Pedro Urbano Terrón. Mundiprensa 2010

Frías, M. (2006). Requerimiento de Frío en Frutales. *Boletín Técnico*.

Dennis, F. G. (2003). Problems in standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. *HortScience*.

Salaya, Gonzalo F. Gil. (1997). Fruticultura, el potencial productivo. Santiago de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile

Calderón, F. (1983). Fruticultura general. Limusa. Barcelona.

Erez, A. y Lavee, S. (1971). The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. I. Temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci.

De Liñán, C. (1995). Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. 11ª ed. Ediciones agrotécnicas, S.L. Madrid.

Fernández-Escobar,R. y Martín, R. (1988). Planificación y diseño de plantaciones frutales. Mundi-prensa.Madrid

Fernández-Escobar,R. y Martín, R. (1987). Chemical treatments for breacking rest in peach in relation to accumulated chilling. J. of Horticultural Science.

Gil-Albert, F. (1969). Factores limitativos en fruticultura: Deficiencia en horas-frío. INIA. Madrid

Gil-Albert, F. (1969). Tratado de arboricultura frutal Vol.I: Aspectors 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

Richardson, E.A., Seeley, S.D. y Walker, R.D. (1974) A model for Estimating Completion of Rest for “Redhaven” and “Elberta” Peach Trees. Hortsicience

Sánchez Capuchino, J.A. (1967). Contribución al conocimiento de necesidades en frío invernal de variedades frutícolas (I, II y III). Levante Agrícola

Shaltout, A.D. y Unrath, C.R. (1983). Rest completion prediction model for “Starkrinson Delicious” apples. J. Amer. Soc. Hort.

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.

Westwood, M.N. (1982). Fruticultura de zonas templadas. Mundi-Prensa. Madrid.

Melgarejo, P. (1996). El frío invernal, factor limitante para el cultivo frutal. A. Madrid Vicente ediciones. Madrid

M.A. Jiménez, A. Ruiz and J. Cuxart (2015). Estimation of cold pool areas and chilling hours through satellite derived surface temperaturas. Agricultural and Forest Meteorology.

Instituto Geografico Nacional. (2009). Medio ambiente, recursos y riesgos naturales-analisis mediante tecnologia sig y Teledeteccion.

Referències digitals

Estimation of cold pool areas and chilling hours through satellite-derived surface temperaturas. 2015. http://digital.csic.es/bitstream/10261/116030/4/Jimenez-AFM-2015-v207-p58.pdf

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

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

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

Meteoclimatic. *M*. Recollit de (https://www.meteoclimatic.net/mapinfo/ESIBA *meteoclimatic*. 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

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

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

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-en-frutales

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