

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Agroalimentària

Títol: Aspiració de fulles hivernals per millorar el control del motejat de la pomera

Document: Memòria

Alumne: Oriol Serra Cardera

Tutor: Pere Vilardell Coderch / Jordi Cabrefiga Olamendi
Departament: Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia
Agroalimentària/ IRTA Mas Badia
Àrea: Producció Vegetal / Protecció Vegetal

Convocatòria (mes/any): 09/22

ÍNDEX

Agraïments.....	6
1. Introducció.....	7
1.1. La producció de poma a Girona.....	7
1.2. Motejat de la pomera (<i>Venturia inaequalis</i>).....	8
1.2.1. Descripció del patogen.....	8
1.2.2. Síntomes i danys.....	11
1.2.3. Mesura de control.....	12
i. Importància econòmica del motejat.....	16
ii. Implicacions ambientals de l'estratègia fitosanitària.....	16
2. Objectius.....	18
3. Materials i mètodes.....	19
3.1. Validació del mètode de captura d'espores.....	19
3.1.1. Emplaçament dels punts de seguiment.....	20
3.1.2. Disseny i construcció d'un prototip d'un captador d'espores.....	20
3.1.3. Procediment de control.....	22
3.2. Efecte de la retirada d'inòcul per aspiració en la reducció de malaltia.....	24
3.2.1. Parcel·les experimentals de la retirada d'inòcul per aspiració de fulles.....	24
3.2.2. Disseny experimental.....	26
3.2.3. Descripció de la màquina aspiradora de fulles.....	26
3.2.4. Seguiment de l'evolució de la malaltia.....	27
3.2.5. Anàlisi estadístic de les dades.....	27
3.3. Avaluació del rendiment de la màquina d'aspiració de fulles.....	28
3.3.1. Recollida de dades de rendiment del treball.....	28
3.3.2. Anàlisi de costos.....	28
4. Resultats.....	29
4.1. Validació del mètode de captura d'espores.....	29
4.2. Efecte de la retirada d'inòcul per aspiració en la reducció de malaltia.....	32
4.3. Avaluació del rendiment de la màquina d'aspiració de fulles.....	35
5. Discussió.....	38
6. Conclusions.....	43
7. Bibliografia.....	44
8. Annexos.....	46

RESUM

La necessitat de trobar solucions per a combatre les plagues, malalties i herbes adventícies utilitzant el menor nombre de fitosanitaris possibles, dona lloc a l'estudi de la millora del control del motejat de la pomera (*Venturia inaequalis*) mitjançant l'aspiració de fulles.

La pressió climàtica i les necessitats de reduir l'impacte ambiental en cada acció és molt necessària, ja que cada cop s'estan donant unes condicions climàtiques insostenibles per a les produccions agrícoles de les pròximes dècades. Per aquesta raó, la Comissió Europea ha establert un pla d'emergència climàtica per tal de contrarestar aquestes condicions. Un objectiu d'aquest pla és la reducció en l'ús de pesticides i augment de la producció orgànica o ecològica, el qual afecta directament a la producció agrícola.

Cada cop s'estan limitant més l'ús de fitosanitaris i estratègies per a combatre les plagues, les malalties i les herbes adventícies, que tot i aquesta reducció s'hauran de controlar amb una gestió més sostenible.

Per a aquestes raons, l'estudi demostra la validació del mètode de l'aspiració de les fulles caigudes a l'hivern per a la captura d'espores com a mecanisme de gestió i control de la malaltia del motejat de la pomera, provocada pel fong *Venturia inaequalis*, una de les malalties més importants pel que fa a la producció de poma.

Després de les primeres decisions per a l'estudi es va dur a terme el treball de camp, on es van seleccionar unes files de cada parcel·la experimental on es va passar la màquina d'aspiració de fulles per a la reducció de l'inòcul primari que es trobava a les reserves hivernals.

L'estudi també va incloure un disseny i construcció d'un prototip de captador d'espores, que també es va col·locar en dues parcel·les amb reserves d'inòcul primari per tal d'avaluar la seva eficàcia. Per demostrar-la es va comparar els resultats obtinguts amb el prototip de captador d'espores que es va dissenyar

amb un model comercial com el "MARCHI" i, després de l'anàlisi corresponent, es va concloure que el nou prototip funcionava, ja que els resultats d'un model i l'altre van ser molt semblants.

Després de l'anàlisi dels resultats obtinguts del seguiment de les parcel·les experimentals, es va observar com hi va haver diferències entre les fileres que es van aspirar les fulles caigudes durant l'hivern i les que no s'hi va realitzar cap acció. Per tant, es va poder demostrar l'eficàcia de la màquina aspiradora de fulles.

A partir de l'anàlisi econòmic que es va dur a terme es va demostrar la seva eficiència, ja que la inversió era molt petita i amb un retorn de la inversió molt ràpid. Però, tot i aquesta eficiència, es va concloure que la màquina, amb una sèrie de millores estructurals, podia arribar a ser encara més eficient amb un augment de velocitat de treball i amb una maniobrabilitat superior.

Per a finalitzar l'estudi, es va concloure que el captador d'espores funcionava, encara que no es captessin gaires espores de *Venturia inaequalis*. També, es va concloure que el sistema d'aspiració de fulles va reduir considerablement el nivell d'infecció a partir de la retirada de les fulles caigudes durant l'hivern, encara que la quantitat de malaltia en aquest any no hagués estat elevada. Finalment, també es va concloure que a partir de l'estudi econòmic i la demostració del correcte funcionament de la màquina d'aspiració de fulles, la compra d'aquesta màquina era rendible com a pràctica cultural per a la gestió de malalties com el motejat de la pomera.

PARAULES CLAU

- ❖ Motejat de la pomera
- ❖ Maneig del cultiu
- ❖ Sostenibilitat
- ❖ Inòcul primari
- ❖ *GreenDeal*

AGRAÏMENTS

- ❖ Sr. Pere Vilardell Coderch, professor titular del Departaments d'Enginyeria Química Agrària i Tecnologia Agroalimentària de la Universitat de Girona.
- ❖ Sr. Jordi Cabrefiga Olamendi, investigador de l'estació experimental IRTA Mas Badia.
- ❖ Sr. Raül Sànchez Morenate, cap de producció de l'empresa Serrater S.L.
- ❖ Sr. Cèsar Saiz, director tècnic de Giropoma Costa Brava S.L.
- ❖ Sr. Venanci Grau Marull, director de l'empresa Serrater S.L.
- ❖ IRTA Mas Badia, Institut de Recerca i Tecnologia Alimentaria.

1. INTRODUCCIÓ

1.1. La producció de poma a Girona

Girona és de les zones més importants de producció de poma en l'àmbit nacional, comprèn plantacions situades a les comarques de Baix Empordà, Alt Empordà, el Gironès, la Selva i el Pla de l'Estany. La superfície de cultiu de fruiters de les comarques esmentades anteriorment és de 5.858 hectàrees, de les quals 2.720 estan dedicades al cultiu de pomeres amb una producció total el 2021 de 101.745 T (Generalitat de Catalunya, 2022). Destacar que en aquestes comarques hi ha la "Poma de Girona", una indicació geogràfica protegida (IGP), que aglutina una part destacada dels productors de poma a Girona i també de la superfície dedicada a la pomera, concretament unes 1800 Ha que són conreades per diferents productors de la zona, de les quals es recullen 80.000 T de poma cada any (Generalitat de Catalunya, 2022), la qual és comercialitzada sota el paraigua de la IGP Poma de Girona, que assegura uns paràmetres de qualitat per a la seva venda: crocantor, fermesa, acidesa, dolçor i sucositat. De la comercialització de la fruita s'encarreguen, principalment, tres grans empreses distribuïdores amb la seva pròpia marca: Girona Fruits S.L., Giropoma Costa Brava S.L. i Cooperativa Frutícola Empordà (Poma de Girona, sd).



Figura 1: Logotip de la IGP Poma de Girona i de les empreses distribuïdores de Poma de Girona. Font: <https://pomadegirona.cat/es/quiene-somos/>

A Girona s'està començant a introduir, com a la resta de produccions agrícoles, la producció de poma ecològica certificada pel CCPAE, una producció que es basa en un sistema de gestió i producció agroalimentari que combina les millors pràctiques ambientals juntament amb un elevat nivell de biodiversitat i preservació dels recursos naturals (Ministeri d'Agricultura Ramaderia i Pesca, 2014). Aquest sistema de producció dificulta la gestió fitosanitària, ja que limita molt la utilització de fitosanitaris autoritzats. L'any 2000 eren 9 les hectàrees de pomera que es cultivaven amb aquest sistema de producció, en canvi, en l'actualitat s'estan treballant al voltant de 85 ha de poma en Producció Ecològica (CCPAE, 2021).

La necessitat de trobar noves tècniques de cultiu per a combatre aquestes malalties cada cop van en augment, ja que amb *GreenDeal* de la Unió Europea, que estableix una sèrie de mesures per arribar a produir aliments amb emissions netes l'any 2050, entre les quals es troba una reducció del 50% dels plaguicides utilitzats abans de l'any 2030. També, la reducció del llistat de productes fitosanitaris per a combatre les plagues i les malalties, motiva a trobar alternatives per la lluita contra aquestes (Pacte Verd Europeu COM, 2019).

1.2. Motejat de la pomera (*Venturia inaequalis*)

El motejat és la principal malaltia de les plantacions fructíferes de poma de la zona de Girona. Els seus danys a la fruita provoquen pèrdues econòmiques molt importants en el sector de producció de poma, d'aquí que sigui una de les principals preocupacions del sector. Aquesta malaltia està causada pel fong *V. inaequalis*, i el seu control suposa el 80% dels tractaments fitosanitaris que actualment es fan a la pomera a la zona de Girona.

1.2.1. Descripció del patogen

V. inaequalis és un fong ascomicet i l'agent causant de la malaltia denominada com a motejat de la pomera. És un fong superior de la subdivisió *Ascomycotina*, subclasse *Loculoascomycetidae*, ordre *Pleosporales* i família *Venturiaceae*. S'han identificat diferents races d'aquest fong. El miceli té tabics i és ramificat.

Es caracteritza per formar pseudoteci, amb les asques que és o es produeixen les ascòspores, que són la font d'inòcul primari. Aquestes ascòspores es produeixen sobre el material vegetal infectat, normalment fulles o fruits que han caigut a la superfície del sòl. Les ascòspores són de color groguenc, bicel·lulars, amb una cèl·lula superior més curta i una inferior més ampla (Figura 2). A partir de les infeccions primàries, es formen els estromes d'estructura compacta a la part inferior de la cutícula de l'hoste. Aquest estroma és més gruixut en fruits que en fulles. A partir d'aquest, es formen els conidiòfors d'on s'alliberen els conidis. Aquests són de forma esfèrica i d'un color verdós (Figura 2).

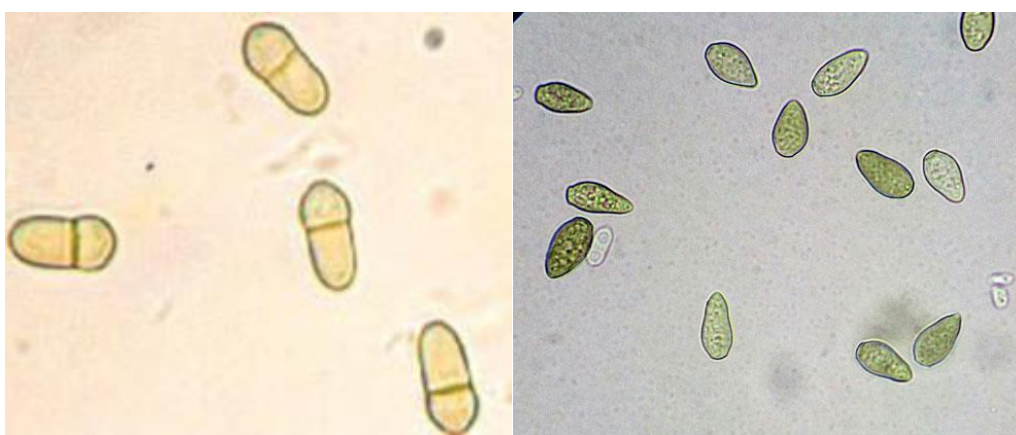


Figura 2: Ascòspores de *Venturia inaequalis* (esquerra) i conidis (dreta) vistos des de microscopi. Font: : www.julius-kuehn.de/ow

➤ **Cicle biològic**

El cicle biològic de la V. inaequalis és relativament complex constant d'una fase sexual , que es desenvolupa durant l'hivern, i una fase sexual que és la predominant, que es desenvolupa de la primavera fins a la tardor (Figura 3). Així el fong hiverna a les fulles que han caigut a terra, el que constitueix una font molt important d'inòcul (Almacellas et. al, 2011). Un mes després de la caiguda de les fulles comença la formació els pseudotecis amb una temperatura de 4 °C a 12 °C i alta humitat. Depenent d'aquestes condicions ambientals es determinaran el nombre de cossos fructífers formats. Un cop arriba la primavera, quan comença l'activitat vegetativa de les pomeres, comença l'alliberament de les ascòspores, que constitueixen l'inòcul primari. Aquest procés d'alliberació succeeix a partir de les precipitacions amb un procés osmòtic que en força la seva alliberació de

les asques. La majoria d'aquestes ascòspores s'alliberen durant les hores de llum i són arrossegades per corrents d'aire fins als teixits susceptibles. A partir d'aquests corrents de vent, les ascòspores poden arribar a plantacions properes (Figura 3).

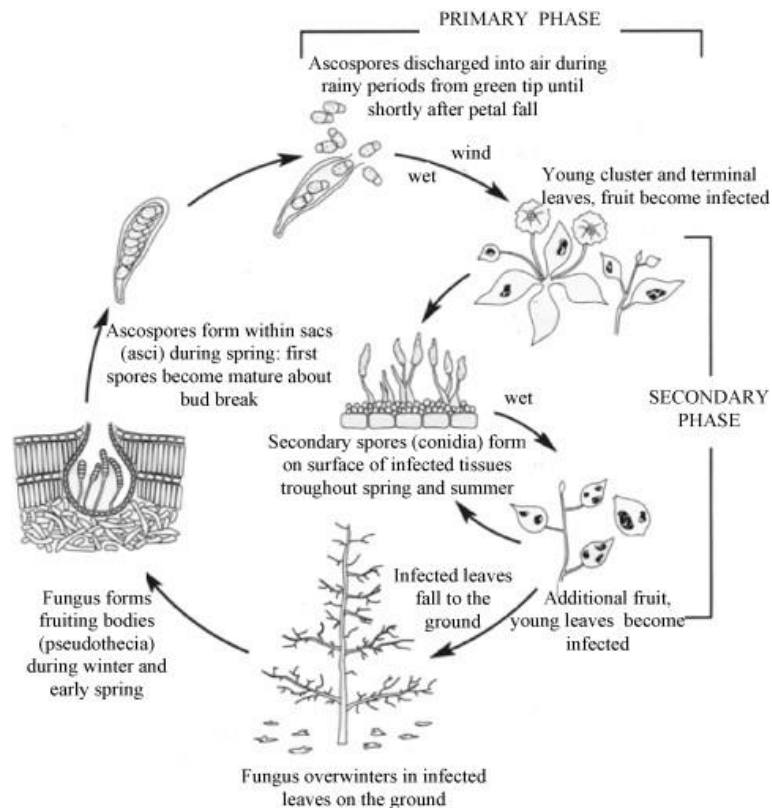


Figura 3: Cicle biològic *Venturia inaequalis*. Font: <https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalasco/pdlessons/Pages/AppleScab.aspx>

Perquè aquestes puguin germinar i infectar, és necessari un període d'aigua lliure (humectació) sobre la superfície de les fulles i els fruits, el qual es veurà influenciat per la temperatura, la humitat relativa i també d'altres condicions ambientals, com el vent. Si les condicions són les adequades es dona la infecció que s'inicia amb la penetració i la posterior colonització dels teixits. Pel que fa als símptomes, tardaran a aparèixer a causa que el temps d'incubació d'aquesta malaltia és llarg. A una temperatura d'entre 17-24 °C aquests tardaran uns 9 dies, en canvi, si la temperatura és de 9 °C els símptomes tardaran a aparèixer uns 17 dies (Almacellas et al., 2011). Amb una humitat relativa mínima de 60% es pot produir l'esperulació de conidis, que són els encarregats de l'inòcul secundari, seran disseminats a partir de l'impacte de les gotes de la pluja i el vent.

Un cop arriben als teixits susceptibles, si s'hi troben les condicions favorables, és a dir, amb períodes d'humectació llargs, es produeixen les infeccions secundàries. Depenent de les condicions ambientals i la resistència dels teixits el fong pot completar diversos cicles secundaris durant l'any. Un cop arriba la tardor, el fong colonitza sapròfitament les fulles i es prepara per passar l'hivern (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, 2019).

1.2.2. Síntomes i danys

V. inaequalis pot afectar a flors, fruits, fulles i, amb menor freqüència, brots joves i gemmes. Els primers danys es poden observar en els primers brots de la primavera. Pel que fa als símptomes en fulla, es poden veure com unes taques cloròtiques a l'anvers de la fulla que després agafen color gris vellutat (Figura 4). Aquestes es correspondrien a les infeccions primàries produïdes per les ascòspores. Més endavant, els conidis generats en aquestes primeres infeccions acabaren produint més infeccions també en fulla, i en aquest cas, apareixen taques de color fosc i de forma arrodonida comencen a aparèixer a la superfície posterior d'aquestes (Figura 4). Amb l'aparició d'aquestes taques es perd activitat fotosintètica per part de la fulla i, per tant, es pot veure afectat el rendiment productiu de l'arbre.



Figura 4: Síntomes de motejat en fulla. Font: Pròpia

Els símptomes en fruits són semblants, unes taques de color fosc de forma arrodonida, però amb un tacte aspre (Figura 5). Aquests poden sortir al voltant

de tota la superfície del fruit, factor que afectarà directament en el creixement en la zona on es mostren els símptomes i, per tant, una deformació en el fruit que provocarà la pèrdua del valor comercial d'aquell fruit.



Figura 5: Síntomes de motejat en fruit. Font: Pròpia

1.2.3. Mesures de control

Actualment, s'utilitzen diferents estratègies per a combatre aquesta malaltia, des de les pràctiques culturals que el productor pugui introduir a les seves parcel·les fins a la utilització de mètodes químics amb o sense assessorament a partir de models de predicció de risc.

El principal objectiu de totes les mesures de control que s'apliquen és evitar les infeccions de *V. inaequalis*, és a dir, evitar que les espores madures del fong puguin arribar a infectar el material vegetal.

➤ Pràctiques culturals

Les pràctiques culturals són totes aquelles mesures que van associades al maneig del cultiu i que es duen a terme per evitar l'entrada del fong o a limitar la quantitat d'espores disponibles. La pràctica cultural més efectiva utilitzada actualment és l'elecció de varietats resistents a la malaltia per a les noves plantacions, amb el gran inconvenient associat a la majoria d'aquestes varietats com són la qualitat i la dificultat en la seva comercialització (Almacellas et al.,

2011). Altres pràctiques com millorar la ventilació dels arbres eliminant branques també és un aspecte a tenir en compte per millorar l'eficàcia dels tractaments així com per escorçar els períodes d'humectació (University of Minnesota, 2019). Altres pràctiques més experimentals i que requereixen més innovació, són la gestió de les fulles, ja sigui a través de la seva incorporació al sòl (AgroIntegra, 2017) com directament aspirant-les. Aquesta mesura és molt més eficaç, però implica un cost elevat alhora que la falta de maquinària específica per poder-la portar a terme, com és el cas de l'aspiració, és una limitació molt important. També hi ha altres estratègies basades en forçar l'alliberació de les espores madures quan no hi ha les condicions adequades per generar-se infeccions que consisteixen en simular les condicions de pluja en períodes secs. Tanmateix, aquesta estratègia encara no està desenvolupada a nivell operatiu.

➤ **Estratègia fitosanitària**

Pel que fa a l'estratègia fitosanitària per al control del motejat de la pomera es basa en l'ús de productes registrats en el Ministeri d'Agricultura i compatibles amb la producció integrada, i ajustada a la certificació GLOBAL G.A.P. i amb els requisits imposats per a la venda de la fruita a les grans comercialitzadores.

L'estratègia fitosanitària es basa en evitar que es produeixin les infeccions primàries, amb l'objectiu d'arribar a finals de maig sense presència de taques i, d'aquesta manera, evitar les infeccions secundàries i la realització de més tractaments.

L'estratègia s'inicia al març amb un tractament preventiu durant l'estadi fenològic C3 de l'arbre (Figura 6) amb un fungicida. Generalment, per a dur a terme aquest tractament s'utilitza hidròxid cúpric per a fer front a les primeres espores del fong, és el més eficaç davant *V. inaequalis* i és menys probable l'aparició d'altres alteracions com el *russeting*. També, s'ha d'estar alerta amb les limitacions de les quantitats de coure que es permet aplicar. Aquesta estratègia està permesa tant en parcel·les de Producció Integrada com en Producció Ecològica.

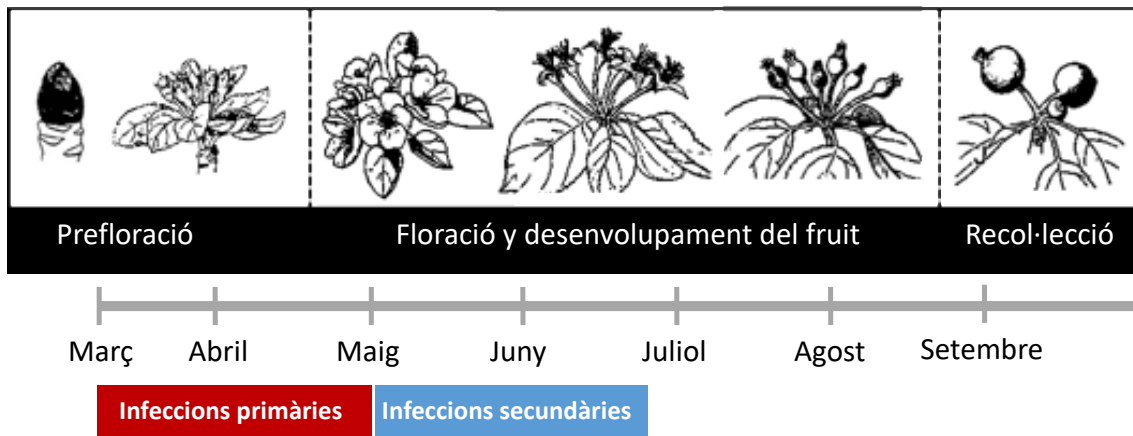


Figura 6: Evolució de l'estadi fenològic i les infeccions

Des d'aquest moment, les estratègies fitosanitàries de control del motejat de la pomera en Producció Integrada i en Producció Ecològica seran molt diferents, ja que en aquesta segona, la quantitat de matèries actives permeses per al control químic fitosanitari és molt més reduïda que en Producció Integrada.

L'estratègia fitosanitària pel control del motejat a Girona tant en Producció Integrada com en Producció Ecològica sempre va lligada al model de predicció RIMpro (Figura 7). El model RIMpro permet determinar els riscos d'infeccions primàries i secundàries a partir del coneixement de la biologia infectiva del fong i de dades meteorològiques mesurades en estacions reals o predites per diferents agències meteorològiques. Parteix d'establir el biofix per evolució de la maduresa de les formes hivernants d'acord amb l'observació del fong o, alternativament, de l'inici de vegetació de la pomera, en aquest cas per l'any 2022 es va fixar el dia 15 de març (Figura 7). El procés de maduració dels peritecis és funció de la temperatura i la humitat de la fullaraca del terra i es visualitza en el segon gràfic en forma de superfícies de colors vermells. Les infeccions primàries s'estableixen després d'emissions d'ascòspores, generalment després de pluges, per la durada dels períodes d'humectació (barres inferiors de la Figura 7) i la temperatura. La simulació del procés, es mostra en el gràfic superior, que consta de tres components: les barres grogues corresponen a la descàrrega d'espores cada 30 minuts, la línia vermella anomenada variable RIM, correspon al nombre aproximat d'espores que ha infectat la fulla amb èxit i la superfície taronja que correspon al període durant el

qual el fong ha desenvolupat el seu estroma primari a la fulla (RIMpro, 2021). Es considera que hi ha risc d'infecció quan RIM assoleix el valor 100 després de l'emissió d'ascòspores madures, llavors es recomana un tractament fitosanitari, prioritzant sempre l'estratègia preventiva utilitzant productes de contacte que són els més efectius però amb poca capacitat de penetrar dins els teixits i, per tant, només efectius en una estratègia preventiva.

L'estratègia de control que es segueix es fomenta en intentar evitar que les infeccions primàries prosperin, entrada del fong al teixit vegetal i la formació d'espores per a la infecció primària, sobretot en Producció Ecològica, ja que si *V. inaequalis* aconsegueix infectar, serà molt difícil controlar posteriorment la malaltia. En canvi, en Producció Integrada, es disposa de fungicides anomenats curatius autoritzats per Ministeri d'Agricultura, amb certa activitat penetrant i lleugerament sistèmica en alguns casos, el que els confereix certa capacitat d'aturar les infeccions un cop iniciades.

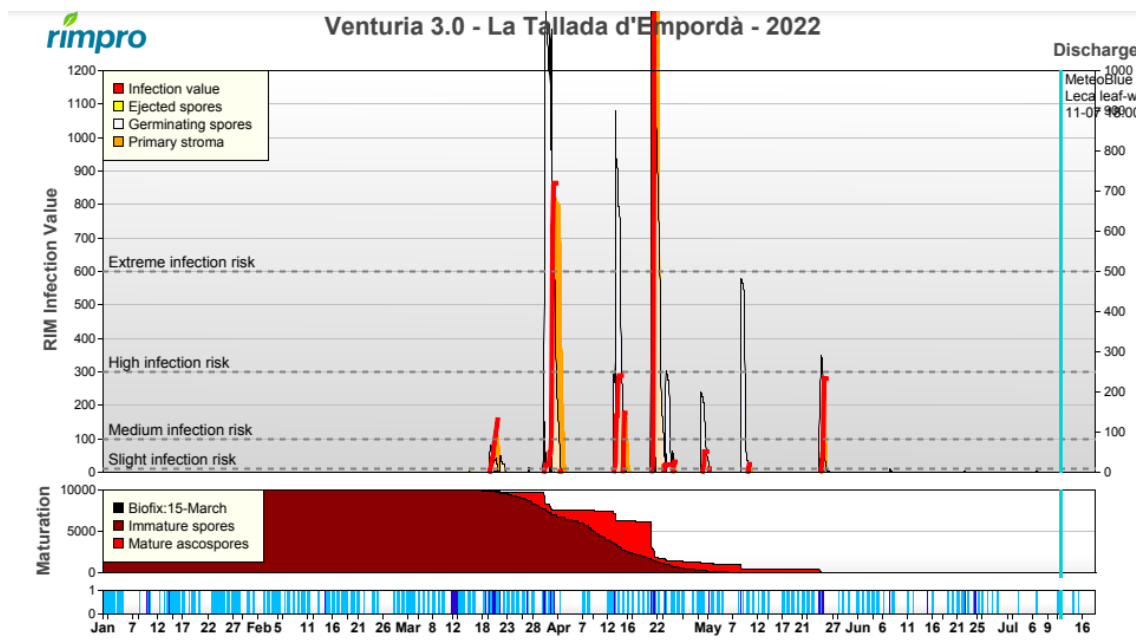


Figura 7: Captura de pantalla del model RIMpro. Font: Trapman. 1994

Els productes recomanats pel control de la malaltia que s'aplica a Girona en Producció Integrada, es mostren en la Taula 1.

Taula 1: Matèries actives autoritzades i moment d'aplicació

Contacte		Captan
		Dodina
		Polisulfur de Ca (BIO)
		Ditianona
Sistèmics	Prefloració	Ciprodinil
		Dodina
	Postfloració	Difeconazol
		Stobirulines

i. Importància econòmica del motejat

En una empresa de producció de fructícola de poma, seguidament de les despeses en mà d'obra, trobem els tractaments fitosanitaris. La lluita contra les plagues i malalties prenen un valor molt elevat i important dins de les empreses agrícoles i, tal com s'ha comentat anteriorment, el motejat de la pomera és la principal malaltia a combatre en producció de poma, per tant, és la malaltia a la qual s'hi dediquen més recursos per evitar les pèrdues econòmiques que poden arribar a assolir entre el 30% i 50% de la producció d'aquella campanya si no es realitza una bona gestió (Almacellas et al., 2011).

Pel que fa a Producció Ecològica la dificultat de gestió augmenta, ja que la menor eficàcia de les matèries actives autoritzades causa una menor eficàcia en el control del motejat de la pomera i, per tant, es produeixen més pèrdues. Per això, s'ha d'establir una estratègia per tal de minimitzar aquestes pèrdues a partir de la reducció de la quantitat d'inòcul per tal de millorar l'eficàcia dels tractaments fitosanitaris, i una via per fer això és l'eliminació de les fulles mitjançant l'aspiració, ja que és la font principal d'inòcul primari.

ii. Implicacions ambientals de l'estratègia fitosanitària

Cada tractament fitosanitari per a combatre a la malaltia del motejat de la pomera té un impacte ambiental, ja que per a cada tractament fitosanitari per al control del fong *V. inaequalis* el fungicida seleccionat també actua contra altres fongs que poden ser beneficiosos per a la plantació, alhora que una part significativa acabarà incorporant-se al sòl i als aqüífers.

També té un impacte ambiental quant a les emissions de CO₂ que van cap a l'atmosfera, ja que el tractor que s'utilitza per a fer aquests tractaments emet diòxid de carboni. Una reducció de tractaments influiria directament en les emissions i, per tant, en les implicacions ambientals de l'estratègia fitosanitària.

Per tal de reduir aquestes implicacions ambientals, des de la Comissió Europea, comunicació d'11 de desembre de 2019, El Pacte Verd Europeu COM (2019), es pretén una reducció del 50% de la càrrega fitosanitària i un increment del 30% de la producció ecològica.

2. OBJECTIUS

En aquest treball s'han plantejat els següents objectius de cara a millorar l'estratègia de control del motejat:

- (1) Millorar el sistema de seguiment d'alliberació d'espores de motejat.
- (2) Optimització del control de motejat mitjançant tècniques de maneig per reduir l'inòcul.
- (3) Avaluar el rendiment i la viabilitat del mètode reducció d'inòcul per aspiració.

3. MATERIALS I MÈTODES

3.1. Validació del mètode de captura d'espores

En aquest assaig es pretén desenvolupar un nou sistema de seguiment d'alliberació de les espores del motejat precís, efectiu i econòmic que serveixi com a eina de referència per determinar l'inici i el final de l'alliberació d'espores de motejat així com per determinar el grau de risc en les diferents finques. En concret, es va dissenyar un aparell captador d'espores i es va validar durant les infeccions primàries en dos emplaçaments diferents i es va fer a partir del recompte d'espores de motejat capturades comparant-lo amb el recompte obtingut amb un sistema de referència, en aquest cas, el sistema "MARCHI", utilitzat a França per part del Ctifl. Per a contrastar els resultats de la captura d'espores també es va avaluar el nivell d'afectació de motejat a les dues finques.

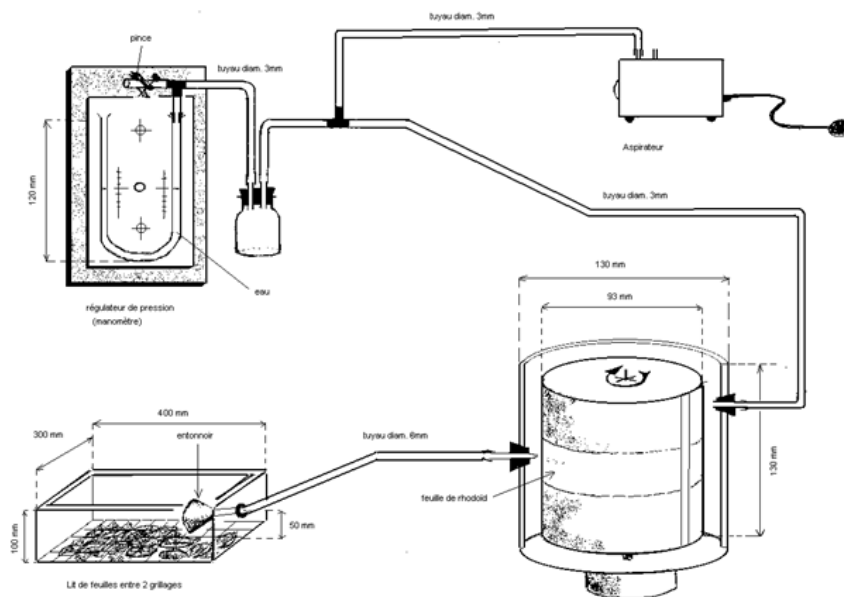


Figura 8: Esquema del captador d'espores "MARCHI" desenvolupat per Ctifl (França)

3.1.1. Emplaçaments dels punts de seguiment

Els punts de seguiment es van ubicar en dos emplaçaments diferents (Figura 9), un es va ubicar a l'estació experimental de l'IRTA Mas Badia, on es va col·locar una manta de fulles extretes l'any anterior d'una parcel·la amb històric de motejat. L'altre punt de seguiment es va ubicar en una parcel·la de Producció Ecològica de la varietat Golden de l'empresa Serrater S.L. ubicada a Fonolleres, on, també, amb antecedents de motejat.



Figura 9: Ubicació de les dues estacions de seguiment de l'alliberació d'espores de motejat ubicades a l'IRTA Mas Badia (esquerra) i a la finca comercial de Serrater S.L ubicada a Fonolleres (dreta)

3.1.2. Disseny i construcció d'un prototip d'un captador d'espores

En el treball es va dissenyar i construir un prototip de captador d'espores basat en un sistema ARDUINO. El disseny del prototip buscava que fos portàtil, eficient i barat per tal que pogués estar a disposició de treballs de recerca, però també a disposició dels tècnics assessors i dels mateixos productors per poder fer el seguiment de la presència de motejat a les seves finques per tal de poder modular l'estratègia fitosanitària (Figura 10).



Figura 10: Primera versió prototip captoespores. Font: Pròpia

Els detalls del funcionament del prototip no es donen perquè està en fase d'estudi de la seva patentabilitat i això en podria comprometre la seva futura patent. El sistema s'activa únicament quan hi ha pluja i permet capturar aire de la plantació i projectar-lo sobre un porta-objectes cobert amb resina. Disposa d'una placa microcontroladora que, mitjançant la informació transmesa pel sensor de pluviometria li enviarà una ordre al relé per tancar el circuit i activar l'aspiració d'aire i la consegüent projecció sobre el porta-objectes impregnat amb resina. Quan la pluja finalitza l'emissor d'aire deixa de funcionar.

En aquesta fase es va programar l'ARDUINO per poder-li conferir les ordres i que aquestes estiguessin d'acord amb el que es prèvia en cada situació. També es va ajustar la intensitat de l'emissor del flux d'aire així com la distància a la que s'havia de disposar el portaobjectes per obtenir una cobertura homogènia. Per això es va simular una emissió d'un període de pluja mitjançant un polvoritzador, i col·locant papers hidrosensibles a diferents distàncies, concretament a 10, 15, 20 i 25 cm, i a tres intensitats del flux d'aire, Baix, mitjà i alt. Addicionalment, es va validar la durada de la bateria per tal d'assegurar el funcionament del captador d'espores durant tota la durada de l'episodi de pluja així com per programar els canvis de bateria.

3.1.3. Procediment de control

Un cop col·locats els prototips i el captador d'espores de referència (Figura 10), el procediment de control de les espores de motejat consistia en, a partir de les alertes d'infecció detectades pel model RIMpro, s'anava intercanviant el porta-objectes amb resina i s'anotava la data de la possible infecció. En el cas del captador d'espores de referència, funcionava en continu i les projeccions d'espores es feia sobre una cinta impregnada de resina que permetia la captació d'espores durant una setmana, de manera que es canviava la cinta cada setmana. Un cop recollits els porta-objectes i la cinta, aquests s'analitzaven al laboratori amb un microscopi, identificant les possibles espores de *V. inaequalis* capturades i també les d'altres fongs, com *Alternaria spp.*



Figura 11: Estació de seguiment ubicada a l'IRTA Mas Badia sobre el llit de fulles infectades amb motejat on s'observa el prototip desenvolupat en el treball (esquerra) i l'aparell de seguiment Ctifl (dreta). Font: pròpia

El recompte d'espores capturades amb els prototips es va poder contrastar amb les captures del captador d'espores de referència i amb les infeccions observades directament a la parcel·la on es va col·locar el captador d'espores. Així, a l'estació de Mas Badia, ubicada fora del camp de pomeres, es van comparar la captura d'espores del prototip amb el captador d'espores de referència. Mentre que, a l'estació ubicada a Fonolleres, si que estava instal·lada dins la parcel·la de pomeres, es va comparar la captura d'espores amb el nivell

de dany de motejat a la finca. En aquesta parcel·la es van fer dues avaluacions de malaltia els dies 01/06/2022 i el 18/07/2022. El nivell d'afectació es va determinar avaluant 20 brots amb 10 fulles per cada costat, i 100 fruits, 50 per cada costat dels arbres. Cada fulla i cada fruit es classificava segons la intensitat de dany segons les següents escales que s'indiquen a la Taula 2 i 3. A partir de les dades de camp es va calcular la incidència i la severitat utilitzant les següents fórmules:

$$\text{Incidència} = \frac{\text{Número de fulles o fruits infectats}}{\text{Número de fulles o fruits totals}} \times 100$$

$$\text{Severitat} = \sum_{i=1}^i \left(\frac{\text{Índex de severitat de cada fulla o fruit}}{\text{Nombre total de fulles o fruits} \times 3} \right) \times 100$$

Taula 2: Índex de severitat de motejat en fulles en funció del percentatge de superfície afectada per cada fulla

Índex	Severitat (Àrea afectada en percentatge)
0	0
1	<10
2	10-50
3	>50

Taula 3: Índex de severitat de motejat en fruits en funció del nombre de lesions per fruit

Índex	Severitat (Nº de lesions per fruit)
0	0
1	1
2	2-3
3	>3

3.2. Efecte de la retirada d'inòcul per aspiració en la reducció de malaltia


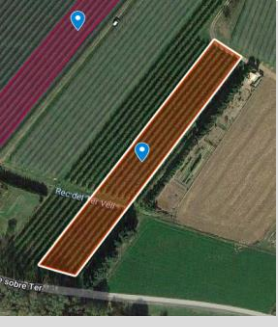
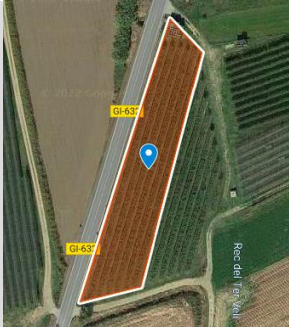
En aquest assaig es pretenia millorar el control mitjançant l'aspiració de fulles com a tècnica per a reduir l'inòcul hivernal. El que es busca amb la màquina d'aspiració de les fulles caigudes a l'hivern és un efecte de reducció de reserves de *V. inaequalis*. D'aquesta manera es busca estudiar si, a partir de la seva retirada, influeix directament a la quantitat d'inòcul de les primeres infeccions. Per aquest motiu es va comparar, dins de diferents parcel·les comercials, el nivell d'afectació de motejat en la zona on es van aspirar les fulles, respecte a la zona estàndard on no es va actuar sobre les fulles.

3.2.1. Parcel·les experimentals de la retirada d'inòcul per aspiració de fulles

En total es van seleccionar 6 parcel·les de la varietat Gala ubicades a la comarca del Baix Empordà (Figura 12). Les varietats del grup Gala són interessants per a l'assaig, ja que són especialment sensibles a *V. inaequalis* i, per tant, permetran avaluar l'efectivitat de la màquina aspiradora de fulles. Totes les parcel·les seleccionades tenen una estructura de formació dels arbres en volum i antecedents de danys per la malaltia l'any 2021 que va presentar les següents condicions climàtiques a l'estació de la Tallada d'Empordà, mostrades a la taula 4.

Taula 4: Condicions climàtiques mitjanes de la Tallada d'Empordà.

Indicador	Valor
Precipitació acumulada (mm)	414,2 mm
Temperatura mitjana (°C)	15,1 °C
Temperatura màxima mitjana (°C)	21,4 °C
Temperatura mínima mitjana (°C)	9,3 °C
Temperatura màxima absoluta (°C)	37,9 °C
Temperatura mínima absoluta (°C)	-5,1 °C
Humitat relativa (%)	74%

	Puig d'Ullà 2	Can Pons	Empalme 06
Ortofoto			
Superfície	1,03 ha	0,98 ha	0,58 ha
Polígon i parcel·la	Parcel·la 20 polígon 5	Parcel·la 51 polígon 3	Parcel·la 202 polígon 6
Referència cadastral	17217A00500020000IJ	17217A003000510000IQ	17207A006002020000EQ

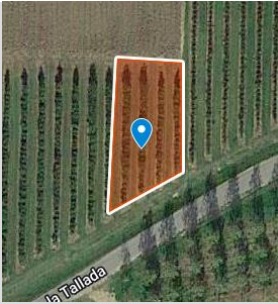
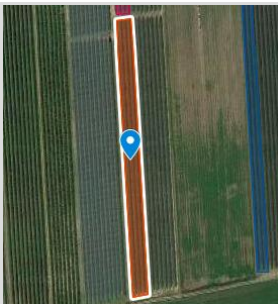
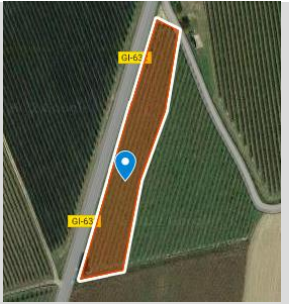
	Cortina	Camp llarg	Camp de 10
Ortofoto			
Superfície	0,28 ha	0,96 ha	1,85 ha
Polígon i parcel·la	Parcel·la 4 polígon 7	Parcel·la 31 polígon 4	Parcel·la 139 polígon 6
Referència cadastral	17207A007000040000EE	17217A004000310000IT	17207A006001390000EL

Figura 12: Parcel·les experimentals de l'estudi d'aspiració de fulles

Pel que fa a la problemàtica històrica de les parcel·les de l'estudi amb *V. inaequalis*, totes van tenir atacs importants del fong l'any anterior a l'estudi, ja que d'aquesta manera s'assegurava tenir una quantitat inicial d'inòcul significatiu per a la realització de l'assaig.

Les parcel·les seleccionades per a l'estudi s'hi produeixen poma segons la Norma Tècnica de Producció Integrada de fruita de llavor, del Departament d'Acció Climàtica. Aquesta producció permet la utilització de fungicides en contra

de *V. inaequalis*, però aquests busquen una acció eficaç en contra del fong però amb el menor impacte mediambiental possible. Alhora en totes les parcel·les es va aplicar la mateixa estratègia fitosanitària basada en el model de risc d'infeccions de RIMpro.

3.2.2. Disseny experimental

L'estudi va ser dissenyat per tal d'avaluar si, amb la utilització de la màquina aspiradora de fulles a les diferents parcel·les, es podia observar diferència si es passava o no. Per fer-ho, a cada parcel·la experimental, es van seleccionar unes files on s'hi va aplicar la tècnica de la màquina aspiradora de fulles (anomenada T2) i, a la resta de la parcel·la (anomenada T1), no s'hi va passar la màquina, que va servir com a control. L'aspiració a totes les parcel·les es va realitzar el 07/02/2022. Durant el procés d'aspiració es va comptabilitzar el temps emprat per tal de tenir les dades per fer l'estudi econòmic. Cal destacar que a les dues parts de cada finca, T1 i T2, es va aplicar la mateixa estratègia fitosanitària comuna per tal de combatre la malaltia i, que l'estudi, adoptés un caràcter més real. Dins de cada subparcel·la, T1 i T2, es van seleccionar 4 blocs de 5 arbres agafats a l'atzar i distribuïts aleatòriament dins de cada subparcel·la on es va avaluar l'afectació per motejat.

3.2.3. Descripció de la màquina aspiradora de fulles

La màquina aspiradora de fulles consistia en un sistema convencional d'aspiració, que a partir de l'accionament de la presa de força del tractor, la màquina començava a absorbir les fulles que havien caigut al sòl durant la parada hivernal de l'arbre (Figura 13). Aquestes fulles es recollien en un dipòsit que disposava la màquina aspiradora.

La màquina disposava de dos punts d'aspiració, un de fix que es podia regular mitjançant els hidràulics del tractor i que treballa arran de sòl per absorbir la major part de fulles i, un de manual, que s'utilitzava per aspirar les zones sota dels arbres on la part fixe no hi podia arribar.

Un cop el dipòsit estava complet, es dipositaven les fulles en un lloc controlat per poder eliminar-les de manera segura, el buidatge es feia mitjançant un sistema de cadenes corredores.



Figura 13: Màquina d'aspiració de fulles. Font: Pròpia

3.2.4. Seguiment de l'evolució de la malaltia

Per a dur a terme el seguiment de l'evolució de la malaltia, de cada parcel·la es van seleccionar 4 fileres on es va passar la màquina aspiradora de fulles (T2) i 4 on no s'hi va passar la màquina (T1). Per a cada fila, es van seleccionar 4 blocs de 5 arbres cadascun i, de cada arbre es van analitzar seguint el procediment indicat en l'assaig anterior, avaluant-se un total de 20 brots amb 10 fulles i 100 fruits. Es va fer una única avaluació a final de les infeccions primàries realitzades entre l'1 i el 10 de maig.

3.2.5. Anàlisi estadístic de les dades

Per a dur a terme l'anàlisi estadístic de les dades obtingudes durant l'estudi, es va utilitzar el programa JMP 16 per a saber si els resultats obtinguts van ser

significatius o no. Es va dur a terme un test ANOVA. No es va realitzar la separació de mitjanes perquè només hi havia 2 tesis i això quan l'ANOVA donava significació indicava que hi havia diferències significatives entre les dues tesis, en aquest cas tesi estàndard i tesi amb aspiració de fulles.

3.3. Avaluació del rendiment de la màquina d'aspiració de fulles

En aquest apartat es va realitzar l'avaluació de la rendibilitat i la viabilitat de l'efecte de la retirada de fulles mitjançant la màquina aspiradora de fulles per poder implementar-la com a tècnica cultural fiable. Per a fer una avaluació del rendiment de la màquina d'aspiració de fulles es van recollir una sèrie de dades i posteriorment es va fer un anàlisi econòmic.

3.3.1. Recollida de dades de rendiment del treball

Pel que fa a la recollida de dades de rendiment de treball de la màquina d'aspiració de fulles, es va mesurar la velocitat de treball i el consum de combustible del tractor per poder fer treballar la màquina i, a partir d'aquestes, poder calcular la seva rendibilitat econòmica.

3.3.2. Anàlisi de costos

Per dur a terme l'anàlisi de costos es van calcular els índexs de rendibilitat econòmica i es va fer una comparativa del benefici que aportaria la utilització de la màquina d'aspiració de fulles davant de l'estalvi de tractaments fitosanitaris.

Aquest índexs de rendibilitat econòmica van ser:

- VAN : indica els valors del flux de caixa actualitzats.
- TIR : és el rendiment mitjà de la inversió.
- VAN / K : és la relació del VAN amb la inversió inicial, que ens indica quina quantitat es guanyarà per cada unitat monetària invertida.
- *Payback* : són els anys que hauran de passar fins a recuperar la inversió inicial.

4. RESULTATS

4.1. Validació del mètode de captura d'espores

El primer pas d'aquest assaig va ser el desenvolupament del prototip per la captura d'espores. Un cop fet el muntatge i l'ajust de l'electrònica i del programa de l'ARDUINO, es va validar el seu correcte funcionament, tant de la sonda d'humectació com de l'emissor d'aire. També es va ajustar la distància i la intensitat d'emissió de l'aire per aconseguir una bona cobertura del porta-objectes (Figura 14). Es va determinar que les millors condicions era disposar el porta-objectes a una distància de 10 cm de l'emissor d'aire i que la intensitat d'aquest fos mitjana.



Figura 14: Cobertura observada en la prova de la distància de col·locació del porta-objectes amb la intensitat mitja de l'emissor d'aire. D'esquerra a dreta, 25, 20, 15, 10 cm. Font : Pròpia

El següent pas va ser la instal·lació dels prototips a camp en les dues ubicacions, La Tallada d'Empordà i Fonolles, i iniciar el seguiment de la captura d'espores. En total es van fer 15 canvis de porta-objectes a l'estació de la Tallada d'Empordà i 14 a la de Fonolles, sempre coincidint amb períodes de pluja. A les taules 5 i 6 es mostra el registre del seguiment dels dos prototips col·locats a Fonolles i a la Tallada d'Empordà, respectivament.

Taula 5: Registre de les captures observades en els porta-objectes col·locats al prototip del captador d'espores ubicat a Fonolleres durant el període del 30/03/2022 al 04/05/2022

Data col·locació	Data retirada	Dies entre canvi	Pluja	Observacions
30/3/2022	31/3/2022	1	30/3	Pol·len.
31/3/2022	1/4/2022	1	31/3	Pol·len.
1/4/2022	5/4/2022	4	1/4	Pol·len.
5/4/2022	13/4/2022	8	12/4	Pol·len.
13/4/2022	19/3/2022	6	13/4	Pol·len.
31/3/2022	1/4/2022	1	31/3	Pol·len.
1/4/2022	5/4/2022	4	1/4	Pol·len.
5/4/2022	13/4/2022	8	12/4	Pol·len.
13/4/2022	19/3/2022	6	13/4	Pol·len.
19/4/2022	21/4/2022	2	19-20/4	Pol·len.
21/4/2022	22/4/2022	1	21/4	Pol·len.
22/4/2022	29/4/2022	7	24/4	Espores <i>Alternaria</i> (3). Pol·len.
29/4/2022	2/5/2022	3	30/4	Pol·len.
2/5/2022	4/5/2022	2	2/5	Pol·len.

Taula 6: Registre de les captures observades en els porta-objectes col·locats al prototip de captador d'espores ubicat a la Tallada d'Empordà durant el període del 30/03/2022 al 04/05/2022

Data col·locació	Data retirada	Dies entre canvi	Pluja	Observacions
25/3/2022	28/3/2022	3	26-27/3	Pol·len.
28/3/2022	30/3/2022	2	29/3	Pol·len.
30/3/2022	31/3/2022	1	30/3	Pol·len.
31/3/2022	1/4/2022	1	31/3	Pol·len.
1/4/2022	5/4/2022	4	1/4	Pol·len.
5/4/2022	13/4/2022	8	12/4	Pol·len.
13/4/2022	19/3/2022	6	13/4	Pol·len.
19/4/2022	21/4/2022	2	19-20/4	Espores <i>Alternaria</i> (3). Pol·len.
21/4/2022	22/4/2022	1	21/4	Espores <i>Alternaria</i> (7). Pol·len.
22/4/2022	25/4/2022	3	24/4	Pol·len.
25/4/2022	2/5/2022	7	30/4	Espores <i>Alternaria</i> (11). Pol·len.
2/5/2022	3/5/2022	1	2/5	Espores <i>Alternaria</i> (1) i <i>Cladosporium</i> (3). Pol·len.
3/5/2022	9/5/2022	6	6 i 8/5	Espores <i>Alternaria</i> (6). Pol·len.
9/5/2022	20/5/2022	11	-	Espores <i>Alternaria</i> (7). Pol·len.
20/5/2022	25/5/2022	5	24/5	Espores <i>Venturia inaequalis</i> (1), <i>Alternaria</i> (18) i <i>Cladosporium</i> (26). Pol·len.

La captura d'espores de *V. inaequalis* no va resultar com s'esperava, ja que només va capturar una espora durant el període d'infeccions primàries. Tot i això, si que els prototips van capturar sobretot pol·len i pols, tot i que, també, es van capturar algunes espores d'*Alternaria spp* i *Cladosporium* en menor mesura. Destacar que en comparar les captures d'un dels prototips amb el captoespores "MARCHI", el de referència, els resultats van ser similars quant a la captura d'espores corresponents a *V. Inaequalis*, indicant que la presència d'espores de motejat en l'ambient era molt baixa.

En fer el seguiment de la presència d'infeccions primàries a la parcel·la de Fonolles, en la primera avaluació realitzada el 01/06/2022 no es van observar infeccions confirmant la baixa quantitat d'inòcul present a la parcel·la. No va ser fins a l'avaluació del dia 18/07/2022 que es van observar infeccions, ja corresponents a infeccions secundàries (Figura 15). Tot i això, tenint en compte la incidència a la parcel·la en anys anteriors, el nivell de malaltia aquest any, ha estat molt baix, amb una incidència de només el 3,5% en fulles i de l'1,5% en fruits.

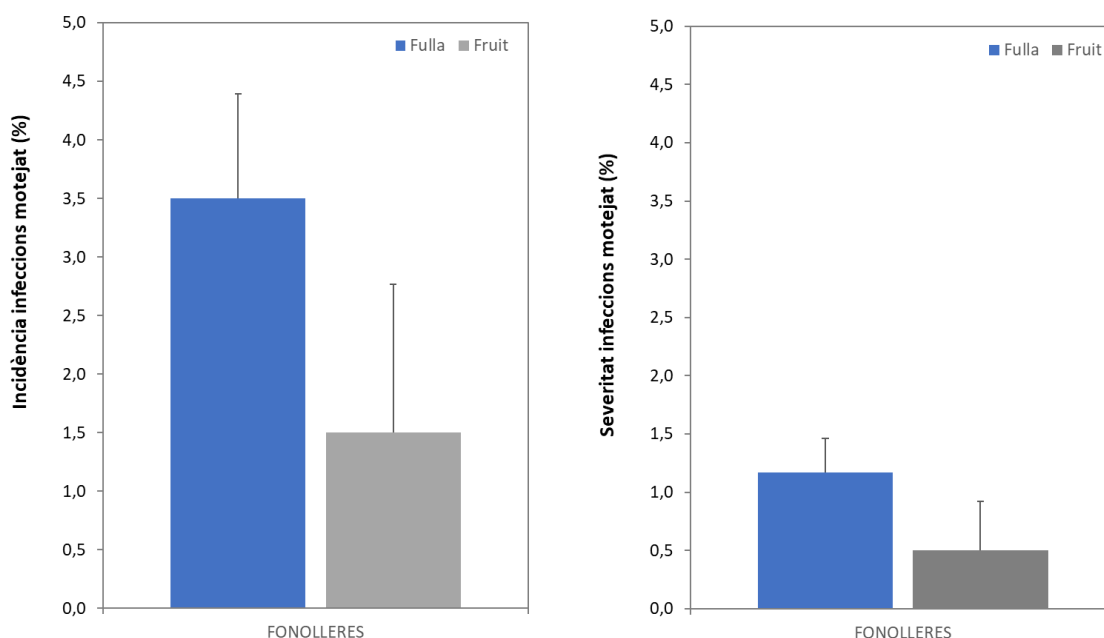


Figura 15: Incidència i severitat de les infeccions de motejat en fulles i fruits observats el dia 18/07/2022 a la finca de la varietat Golden de Fonolles

4.2. Efecte de la retirada d'inòcul per aspiració en la reducció de malaltia

Els resultats de l'assaig per determinar l'efecte de la retirada de les fulles en la reducció de malaltia a les diferents parcel·les es mostren a les figures 16 i 17. Destacar que a totes les parcel·les es va dur la mateixa estratègia fitosanitària a partir de les recomanacions de les estacions d'avisos. També, la varietat plantada a totes les parcel·les de l'estudi és la Gala i que la formació de l'arbre era en volum a totes les parcel·les. Per tant, a partir d'aquí es pot dir que aquests factors no van influir a l'estudi de les diferents parcel·les.

El nivell de dany tant en fulles com en fruits va ser molt baix, amb valors d'incidència en fulla i fruits de màxim 3% (Figura 16), i valors de severitat que no van superar el 2% (Figura 17). A les fulles, en totes les parcel·les experimentals es va apreciar una reducció important d'infecció tant en severitat com en incidència en les files on es va passar la màquina d'aspiració de fulles (T2) en comparació de les files on no es va passar (T1), tant en severitat com en incidència. Pel que fa als fruits, aquesta diferència s'ha presentat també, però tot i que en el Camp Llarg la reducció va ser molt petita i inexistència pel que fa a severitat.

Pel que fa a l'anàlisi estadístic de les dades, a nivell de severitat de les infeccions, només s'han observat diferències significatives en fulla i en la meitat dels camps, com a Puig d'Ullà 2, Can Pons i Cortina, com es mostren els valors p a la taula 7. En canvi, a la resta de les parcel·les experimentals tot i observar-se una reducció, no es van observar diferències significatives.

Taula 7: Resultats d'incidència i severitat de la malaltia en fulla en les diferents parcel·les experimentals

CAMP	Severitat				Incidència			
	T1	T2	F ratio	p-Valor	T1	T2	F ratio	p-Valor
Puig d'Ullà 2	1,00	0,42	11,31	0,0152*	3	1,25	11,31	0,0152*
Can Pons	1,08	0,29	27,77	0,0019*	3,25	0,88	27,77	0,0019*
Empalme 06	0,88	0,58	1,08	0,3369	2,38	1,75	0,86	0,3890
Cortina	0,13	0,00	9,00	0,0240*	0,38	0	9,00	0,0240*
Camp Llarg	0,42	0,04	5,17	0,0633	1,13	0,13	6,40	0,0477*
Camp de 10	0,46	0,25	1,59	0,2534	1,38	0,75	1,59	0,2534

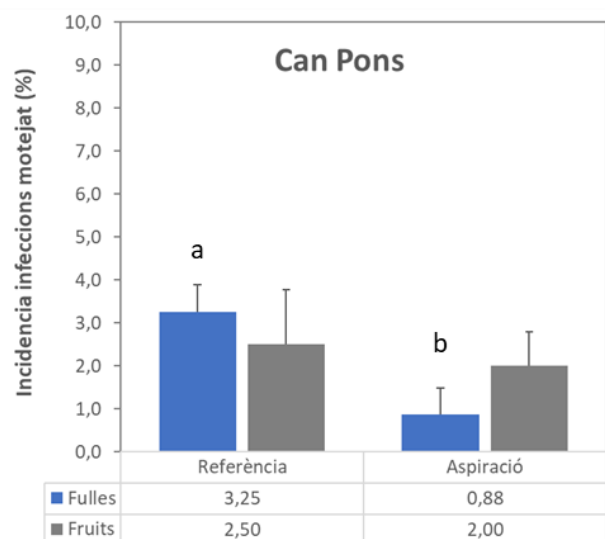
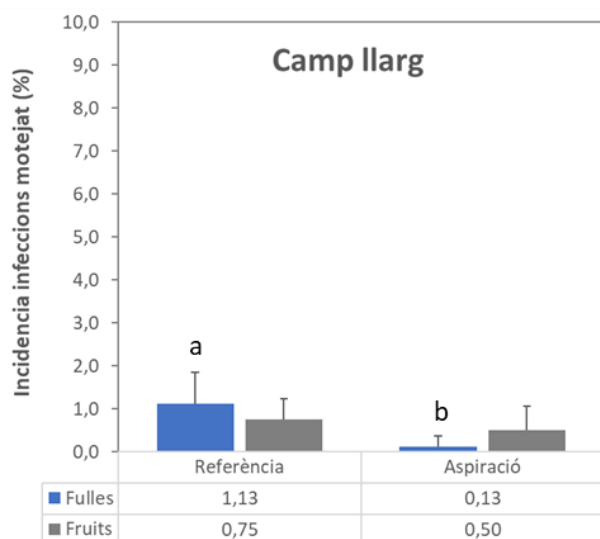
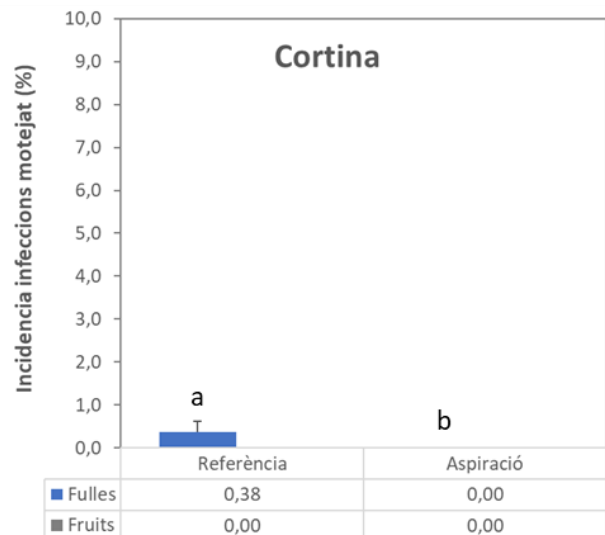
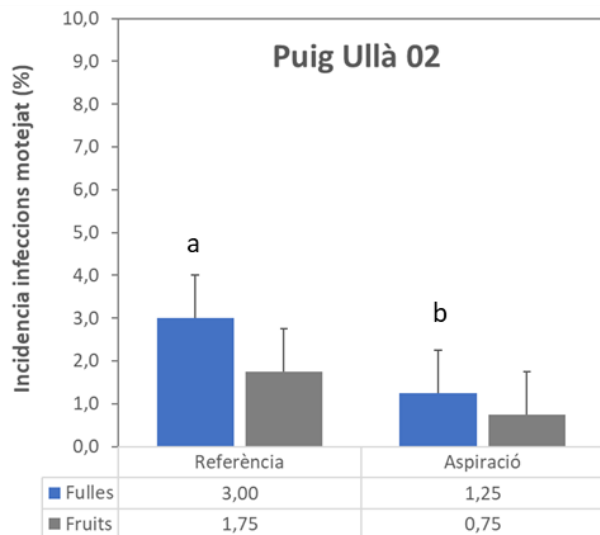
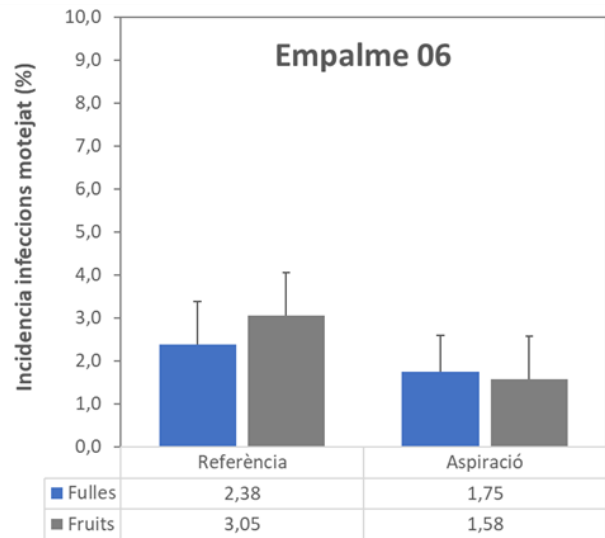
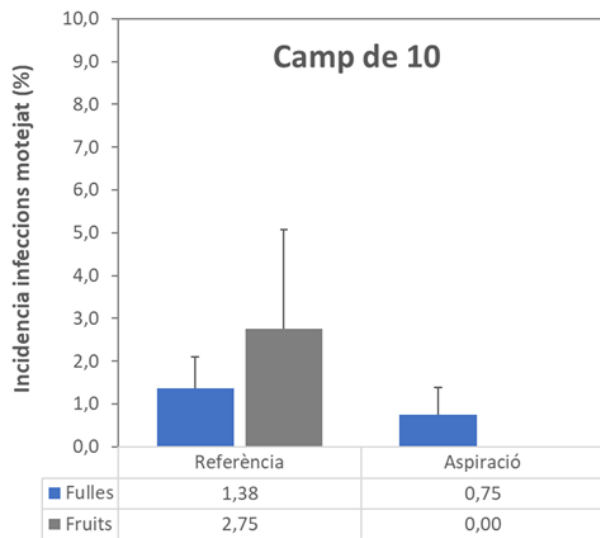


Figura 16: Resultats de la incidència de les infeccions de motejat en fulles i fruits en les diferents parcel·les experimentals. Les barres són les mitjanes de 4 repeticions. Lletres diferents indiquen diferències significatives segons el test de Tukey ($p < 0,05$).

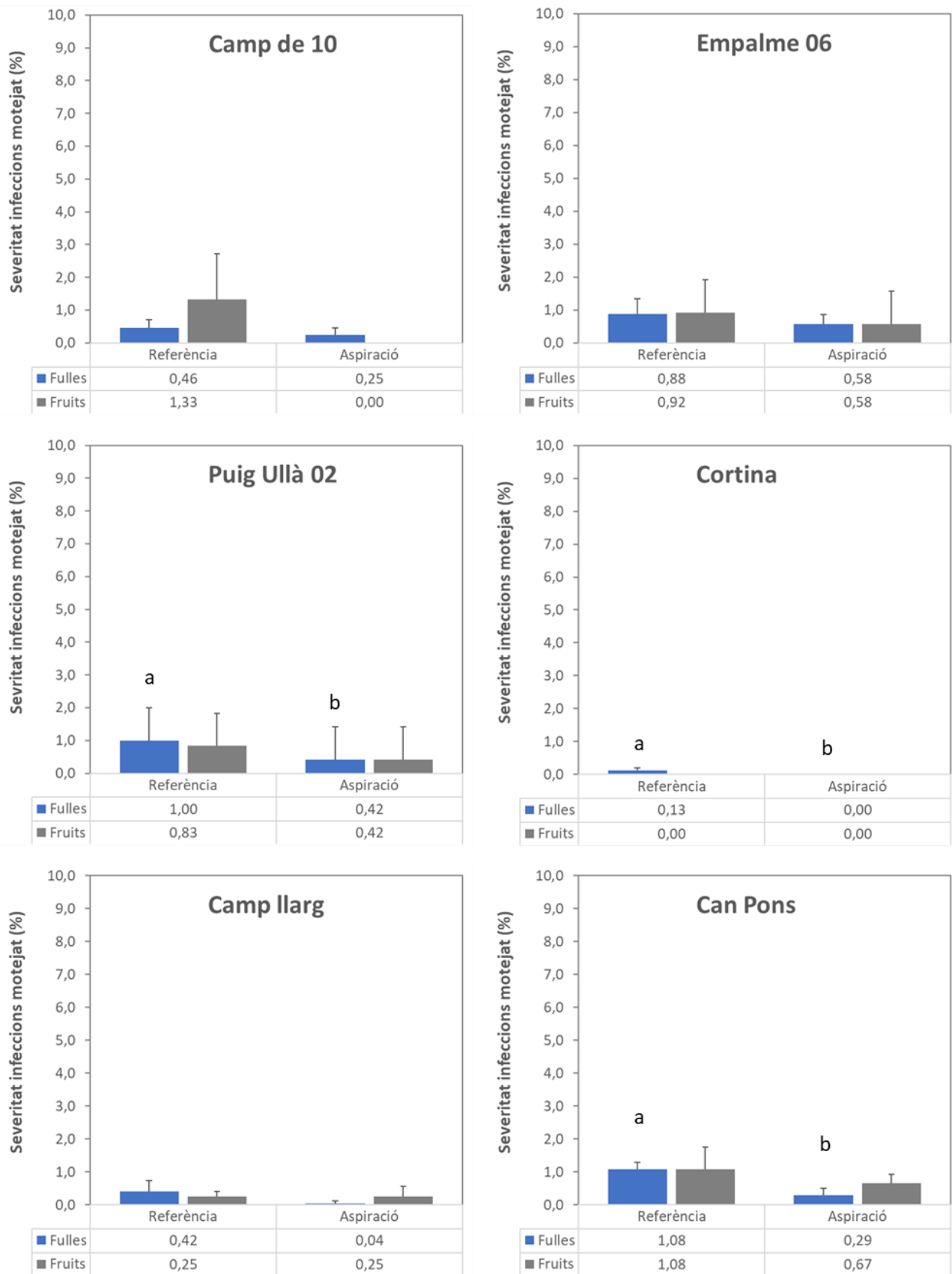


Figura 17: Resultats de la severitat de les infeccions de motejat en fulles i fruits en les diferents parcel·les experimentals. Les barres són les mitjanes de 4 repeticions. Lletres diferents indiquen diferències significatives segons el test de Tukey ($p < 0,05$).

A nivell d'incidència, els resultats van ser similars i es van observar diferències significatives només en fulla, i només en quatre parcel·les experimentals: Puig d'Ullà 2, Can Pons, Cortina i Camp Llarg.

En fruita, va observar una reducció de malaltia, en cap de les parcel·les experimentals es va trobar diferències significatives (Taula 8). Per tant, les pèrdues econòmiques a causa del motejat de la pomera serà el mínim.

Taula 8: Resultats d'incidència i severitat de la malaltia en fruit en les diferents parcel·les experimentals

CAMP	Severitat				Incidència			
	T1	T2	F ratio	p-Valor	T1	T2	F ratio	p-Valor
Puig d'Ullà 2	0,83	0,42	1,19	0,3171	1,75	0,75	2,18	0,1901
Can Pons	1,08	0,67	1,27	0,3026	2,50	2,00	0,43	0,5370
Empalme 06	0,92	0,58	1,26	0,3040	3,05	1,58	4,15	0,0879
Cortina	0,00	0,00	0,00	1,0000	0,00	0,00	0,00	1,0000
Camp Llarg	0,25	0,25	0,00	1,0000	0,75	0,5	0,43	0,5370
Camp de 10	1,33	0,00	3,56	0,1083	2,75	0	5,42	0,0588

Els resultats que es van obtenir de l'estudi es van veure molt influenciats per les condicions meteorològiques de l'any, ja que ha estat molt poc plujós, per tant, la malaltia no ha pogut desenvolupar-se adequadament i els nivells de malaltia han estat baixos en comparació amb anys anteriors.

4.3. Avaluació del rendiment de la màquina d'aspiració de fulles

Les dades de rendiment obtingudes de la màquina d'aspiració de fulles mentre treballava es mostren a la taula 9. Es van tenir en compte la velocitat de treball i es comptabilitzava el temps destinat a desenvolupar la tasca.

Taula 9: Dades de la màquina d'aspiració de fulles

DADES RENDIMENT	VALOR DADES
Consum combustible	40 L/dia
Velocitat de treball	2 km/h
Superfície treballada	5,10 ha/dia
Hores tractorista	8 h/dia

A partir de la taula 9 es pot observar que la velocitat de treball és molt lenta, ja que si a més a més se li afegeix les maniobres que s'han de fer per entrar en una altra fila, disminueix considerablement el rendiment de treball.

També, es pot observar com el consum de combustible pren un valor molt elevat, ja que el tractor que porta acoblat la màquina d'aspiració de fulles ha de treballar a moltes revolucions per minut per tal de satisfer les necessitats de potència que es necessita.

A partir de les dades de la taula 9, es van obtenir diferents valors econòmics (Taula 10), que es van utilitzar per realitzar l'estudi econòmic a partir dels índexs de rendibilitat econòmica (Taula 11). Tots els càlculs duts a terme per a l'obtenció de les dades de la taula 10 es troben a l'Annex 1.

Taula 10: Dades econòmiques de treball amb la màquina d'aspiració de fulles

DADES ECONÒMIQUES	VALOR DADES
Consum combustible	40 L/dia
Cost combustible	1 €/L
Cost per ha	46,05 €/ha
Superfície total	100 ha
Cost tractorista	100 €/dia
Cost treball anual	4605,26 €/any
Manteniment màquina (10% cost treball)	460,5 €/any
Cost total anual	5065,5 €/any

Taula 11: Resultat dels índexs de rendibilitat econòmica

Criteris	Valors
VAN	85331,43331
TIR	132%
VAN/k	9,481270368
Payback	1 any

A la taula 12 podem observar detalladament tots els fluxos de caixa calculats a partir dels pagaments, que s'ha suposat com els costos totals anuals de la màquina, i els cobraments, que s'han suposat com a l'estalvi dels tractaments fitosanitaris, els quals es van calcular a partir de la mitjana del període 2018-2022 (Annex 3), com es mostra a l'Annex 1.

Taula 112: Estudi econòmic de la màquina d'aspiració de fulles

Any	Inversió	Cobraments	Pagaments	FC	FC actualitzats	Any	Payback
0	9000	-	-	-9000		0	-
1	-	17000	5065,78	11934,22	11475,21154	1	2475,212
2	-	17000	5065,78	11934,22	11033,85725	2	13509,07
3	-	17000	5065,78	11934,22	10609,47812	3	24118,55
4	-	17000	5065,78	11934,22	10201,42127	4	34319,97
5	3000	17000	5065,78	8934,22	7343,277596	5	41663,25
6	-	17000	5065,78	11934,22	9431,787419	6	51095,03
7	-	17000	5065,78	11934,22	9069,026365	7	60164,06
8	-	17000	5065,78	11934,22	8720,217658	8	68884,28
9	-	17000	5065,78	11934,22	8384,824671	9	77269,1
10	-	17000	5065,78	11934,22	8062,331415	10	85331,43

Primer es suposa una inversió de 9000 € per a la compra inicial de la màquina d'aspiració de fulles i, un cop passats 5 anys, es torna a invertir 3000 € per a fer un manteniment general important.

A partir de la taula 11 es poden observar els resultats dels índexs de rendibilitat econòmica, que clarament han resultat ser favorables. Els valors del VAN/k evidencien la bona inversió que es realitza en la màquina d'aspiració de fulles, ja que per a cada unitat monetària invertida, se'n guanyen 9.

Pel que fa al retorn de la inversió, serà molt ràpid, tal com representa el *payback*, que en 1 any ja s'haurà recuperat la inversió feta.

5. DISCUSSIÓ

El motejat de la pomera és un problema molt important en el sector de la producció de poma, ja que és un dels principals causants de pèrdues econòmiques d'aquest sector. Per tant, la gestió d'aquesta malaltia amb l'objectiu que no provoqui pèrdues significatives però minimitzant l'impacte i l'ús de fitosanitaris és un punt clau necessari d'estudi. Millorar en el coneixement en l'epidemiologia d'aquest fong és essencial per millorar el posicionament dels tractaments fitosanitaris per tal d'aconseguir una reducció dels tractaments mantenint una bona eficàcia. Remarcant que en el cas de la producció orgànica o ecològica, on no es disposa de tants productes fitosanitaris per fer front a les malalties, i en concret pel motejat, aquesta necessitat de disposar d'estratègies que millorin el control del motejat, encara és més important. Alhora, en el context actual, amb el Pacte Verd Europeu amb l'horitzó a l'any 2030, on es proposa un increment del 30% de la superfície en producció ecològica, i una reducció del 50% de l'ús i l'impacte dels fitosanitaris, la millora de les estratègies de control de les malalties serà indispensable, d'aquí la importància de definir només eines que ens ajudin a millorar el control del motejat.

Com totes les malalties, el motejat està molt condicionat a les condicions climàtiques, i aquest any les condicions no han estat favorables pel seu desenvolupament, i aquest fet ha acabat influenciant en els resultats que es van obtenir en el treball. A la figura 17 es mostra el recull de les dades climàtiques d'una estació meteorològica propera a les zones experimentals. Es pot observar que ha estat un any molt poc plujós més quan el comparem amb anys anteriors (Taula 13). En aquestes condicions, la malaltia no ha pogut desenvolupar-se adequadament i els nivells de malaltia han estat baixos en comparació amb anys anteriors. Destacar la poca pluja durant el mes de maig, que és el període on es desenvolupen les infeccions primàries, i també durant el mes de juny, que és el període on es desenvolupen majoritàriament les infeccions secundàries. Destacar també que el període hivernal, de novembre fins al març, ha estat molt sec, amb molt poca pluja i pocs períodes d'humectació, que han dificultat el desenvolupament del fong i, per tant, ha afectat tot el procés de maduració de les espores. Per aquesta raó la quantitat d'inòcul present a la parcel·la ha estat

molt baix, aspecte que ha fet disminuir de manera considerable les infeccions primàries i, en conseqüència, la quantitat de malaltia present a les diferents finques i parcel·les d'assaig.

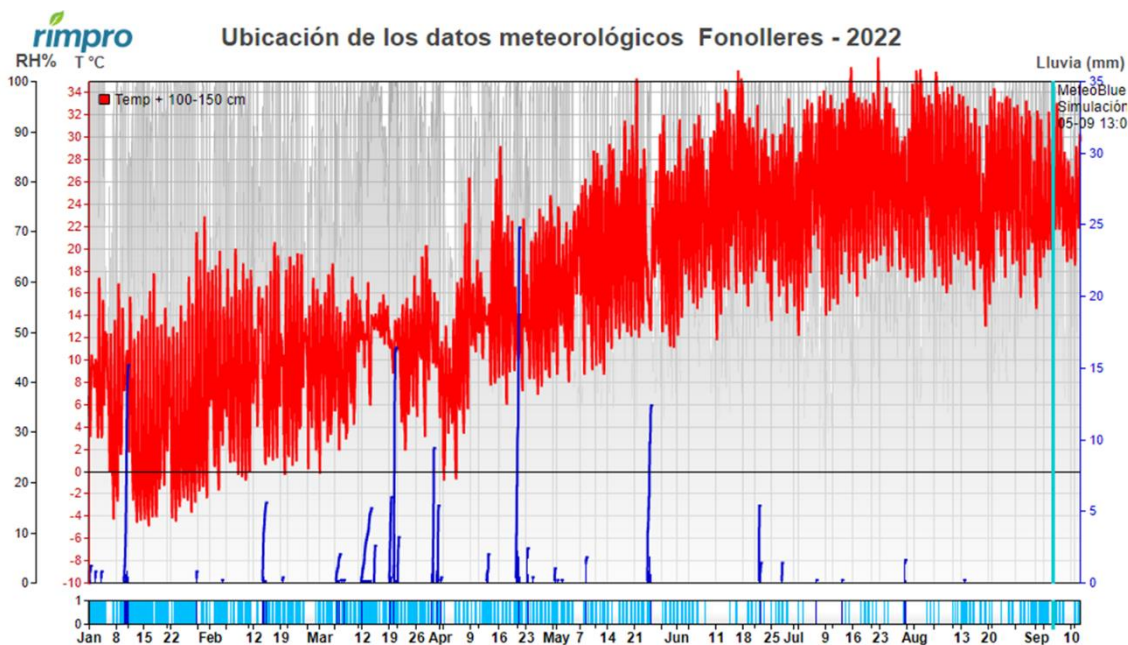


Figura 18: Sortida del RIMpro de les dades meteorològiques enregistrades per l'estació ubicada a Fonolleres

Taula 12: Dades meteorològiques anuals de la Tallada d'Empordà durant el període 2018-2021

Indicador	2018	2019	2020	2021
Precipitació acumulada (mm)	795,7 mm	548,7 mm	737,2mm	414,2 mm
Temperatura mitjana (°C)	15,5 °C	15,3 °C	15,4 °C	15,1 °C
Temperatura màxima mitjana (°C)	21,8 °C	22,1 °C	22 °C	21,4 °C
Temperatura mínima mitjana (°C)	9,6 °C	8,8 °C	9,6 °C	9,3 °C
Temperatura màxima absoluta (°C)	36,8 °C	38,7 °C	36,5 °C	37,9 °C
Temperatura mínima absoluta (°C)	-4,1 °C	-3,6 °C	-4,2 °C	-5,1 °C
Humitat relativa (%)	75%	73%	77%	74%

Un dels objectius que es plantejaven en el treball era millorar el seguiment de l'alliberació de les espores, donat que el seguiment de l'evolució de l'inòcul és molt important per a la definició d'una estratègia fitosanitària eficient i precisa, ja que permet l'establiment del moment inicial i final de l'alliberació de les espores del fong i, per tant, definir el moment d'inici i de finalització del tractament de les infeccions primàries. Alhora permet configurar el model RIMpro amb

l'epidemiologia del fong, en lloc de la configuració actual, que només es fa a partir de la fenologia de l'arbre. Això seria possible amb l'obtenció d'unes dades representatives i consistents. D'altra banda, si es disposa d'un sistema fiable i barat per fer el seguiment de la quantitat d'inòcul a nivell de parcel·la, es podria definir una estratègia en concret per a cada parcel·la i, en funció de la quantitat d'inòcul present, fer-la més restrictiva o més flexible per que fa al nombre de tractaments. Tanmateix, els resultats obtinguts no han estat positius perquè no ha estat possible fer el seguiment de les espores ni tampoc la validació del prototip de captador d'espores. La captura d'ascòspores de motejat ha estat insignificant, tot i que, ho ha estat en els dos sistemes de seguiment, el prototip i el de referència, el "MARCHI", de manera que no podem descartar el prototip com a sistema de seguiment, però caldrà realitzar la validació en els següents anys.

Aquests resultats estan amb concordança amb els resultats de seguiment de la malaltia. Així, els símptomes observats a camp, en els arbres de la parcel·la experimental on es va col·locar el porta-objectes, van aparèixer al mes de juliol, per contra, a l'avaluació feta al maig, no es van observar símptomes. Per tant, aquestes infeccions no van ser infeccions primàries perquè no van ser provocades per les reserves d'inòcul hivernal, sinó per conidis que es varen formar posteriorment i, per tant, degudes a les infeccions secundàries. Aquest fet reforça que no es capturessin espores durant el període de les infeccions primàries amb el captoespores, donat que durant aquest període no es van generar infeccions, que en el cas d'haver-se donat s'haurien observat els símptomes a l'avaluació realitzada al maig.

Pel que fa a l'assaig d'aspiració de fulles per controlar l'inòcul primari, els resultats s'han vist afectats directament per les condicions meteorològiques, ja que, tot i la reducció de malaltia observada directament a camp, s'ha pogut veure que a les fileres on no s'hi va actuar (T1) el nivell de severitat no superava el 2% i, el d'incidència, el 3%, valors realment baixos comparats amb els nivells que poden assolir durant els anys on les condicions meteorològiques són favorables per al seu desenvolupament. La poca malaltia que s'ha observat ha estat provocada per les infeccions secundàries que es formen a partir de les infeccions

primàries. Per tant, amb l'aspiració de fulles s'ha aconseguit reduir aquestes infeccions primàries i, per tant, evitar les infeccions secundàries. Per aquesta raó, en totes les finques experimentals on es va realitzar l'assaig s'ha observat una disminució de severitat i d'incidència. Anar repetint aquesta tècnica al llarg dels anys provocarà un sanejament de la parcel·la i, en conseqüència, una reducció de tractaments fitosanitaris (Government of Ontario, 2022).

Tot i que es pugui reduir la quantitat de malaltia aspirant les fulles, sempre serà necessari fer una aplicació d'un fungicida a l'entrada de la primavera per fer un treball eficaç, ja que depenent de les condicions hivernals, podrà no ser suficient la retirada de la fulla per a la reducció d'inòcul de *V. inaequalis* (Mac an tSaoir, et al., 2010)

Pel que fa a la màquina d'aspiració de fulles, es pot dir que és eficaç però no eficient, ja que la seva funció la realitza de manera adequada, ja que aspira les fulles caigudes a terra durant l'hivern, però per fer-ho es requereix molt de temps. Millorar la seva maniobrabilitat i augmentar la seva velocitat de treball serà clau a l'hora de millorar el seu rendiment, ja que reduirà el temps de treball per hectàrea.

Actualment, l'estratègia més utilitzada és la incorporació de les fulles al sòl o la realització d'un tractament fitosanitari amb urea. Amb aquestes accions es busca la degradació de les fulles i la inactivació de la generació d'inòcul (Gencat, 2003). Aquesta és la estratègia més utilitzada ja que és la més fàcil d'implementar, ja que a diferència de l'aspiració de fulles, tots els productors tenen les eines necessàries per dur a terme aquesta gestió del fong.

Una altra alternativa a la màquina aspiradora podria ser la utilització de microaspersors per a la simulació de condicions climàtiques favorables per a *V. inaequalis* per tal que comencin a madurar les espores i després tornar a les condicions desfavorables per a aquest (Stensvand et al., 2005).

L'estudi econòmic ha demostrat clarament la viabilitat de la màquina. L'eficiència de la màquina podria ser superior a partir d'una sèrie de millores que permetessin

una velocitat de treball i una maniobrabilitat superior a les actuals, d'aquesta manera es disminuiria el temps per fer una hectàrea i, per tant, els costos serien menors. Aquesta rendibilitat va augmentar si es té en compte que, cada any que s'utilitza la màquina d'aspiració de fulles es va reduint l'inòcul en la parcel·la i, en conseqüència, aniria disminuint la pressió de malaltia a les finques de producció i, per tant, l'estratègia fitosanitària podria ser més suau reduint el nombre de tractaments que s'haurien de realitzar per al control de la malaltia. Aquesta hipòtesi s'hauria de confirmar a partir de la valoració d'assajos per obtenir un model de gestió que no provoqués pèrdues als productors.

Per a la confirmació d'aquests resultats seria necessari repetir l'estudi en més anys, ja que aquest any ha estat molt influenciat per la manca de pluges i les altes temperatures, condicions molt desfavorables pel desenvolupament del motejat de la pomera.

6. CONCLUSIONS

En les condicions de l'estudi realitzat es poden extreure les següents conclusions:

El captador d'espores va funcionar de manera adequada, malgrat les baixes captures de *V. inaequalis*, atribuïdes a les condicions de l'any.

El sistema d'aspiració de fulles com a pràctica cultural va permetre reduir la severitat i la incidència en fulles i en fruits en les zones on es va passar la màquina, malgrat no ser les diferències estadísticament significatives respecte a la no aspirada.

El prototip de màquina dissenyada permet aspirar les fulles del camp i és econòmicament viable, ja que es pot recuperar la inversió ràpidament.

7. BIBLIOGRAFIA

ARDUINO UNO. ARDUINO. Consulta : 16/4//2022. Disponible a:
<https://arduino.cl/que-es-arduino/>

Apple scab of apples and crabapples. University of Minnesota Extension.
Consulta: 25/5/2022. Disponible a:<https://extension.umn.edu/plant-diseases/apple-scab>

Consell Català de la Producció Ecològica. Consulta: 10/07/2022. Disponible a:
http://www.ccpae.org/index.php?option=com_content&task=view&id=400&Itemid=232&lang=ca_ES#.Ywtl8b1BxQI

Guia de Protecció Integrada. AgroIntegra. Consulta: 22/07/2022 Disponible a:
https://www.agrointegra.eu/images/pdfs/GuaProteccionIntegrada_MANZANO.pdf

IGP Poma de Girona. Consulta: 15/06/2022. Disponible a:
<https://pomadegirona.cat/es/quiene-somos/>

Institut d'Estadística de Catalunya. Generalitat de Catalunya. Consulta:
21/07/2022 Disponible a:
<https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=15424&lang=es>

Mac an tSaoir, Seán & Cooke and Louise & Cracken. A. 2010. The effects of leaf litter treatments, post-harvest urea and omission of season fungicide sprays on the overwintering of apple scab on Bramley's Seedling grown in a maritime environment. Irish Journal of Agriculture and Food Research. 49. 55-66

La mota de la pomera, 2003. Gencat. Consulta: 29/08/2022. Disponible a:
<https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/336903/Control+de+motejat+o+clivellat+de+pomes/b7c96a80-3c87-4c54-90a2-46c25ab56322>

Producción Ecológica, Ministerio de Agricultura Ramadería y Pesca. Consulta : 10/08/2022. Disponible a:

<https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/produccion-eco/>

Reduce apple scab with orchard sanitation. Government of Ontario. Consulta: 28/09/2022. Disponible a: <https://www.ontario.ca/page/reduce-apple-scab-orchard-sanitation>

RIMpro. Consulta : 17/07/2022 Disponible a: <https://rimpro.cloud/platform/apple-scab-venturia-inaequalis/>

Un pacto verde Europeo. Comisión Europea. Consulta: 17/08/2022. Disponible a: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es

Sanitat Vegetal, Generalitat de Catalunya. Consulta: 8/08/2022. Disponible a: http://agricultura.gencat.cat/web/.content/ag_agricultura/ag02_sanitat_vegetal/aq02_02_plagues/documents_fulls_informatius/fitxers_estatics/fi-mota.pdf

Stensvand, A., Eikemo, H., Gadoury, D.M., and Seem, R.C. 2005. Use of rainfall frequency threshold to adjust a degree-day model of ascospore maturity of *Venturia inaequalis*. Plant Dis. 89:198-202.

Trapman M.C. 1994. Development and evaluation of a simulation model for ascospore infections of *Venturia inaequalis*. Noeweg, J. Agric. Sci. Puppl. 17:5567.

Venturia inaequalis. Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas. Consulta: 22/04/2022. Disponible a : <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/venturia-inaequalis>

8. ANNEXOS

ANNEX 1 : Càlculs per a l'obtenció dels costos de la màquina d'aspiració de fulles

Taula 14: Dades utilitzades pels càlculs dels costos totals de la màquina d'aspiració de fulles

DADES UTILITZADES	VALOR DADES
Passades per fila	2 passades
Velocitat de treball	2 km/h
Superfície finca	100 ha
Hores tractorista	8 h/dia
Llargada mitja fileres	400 m
Amplada fileres	3,8 m
Cost combustible	40 €/dia
Cost tractorista	100 €/dia

$$\text{Llargada treball per fila} = 400 * 2 = 800 \text{ m}$$

$$\text{Hores per fila} = \frac{800 \text{ m}}{2000 \frac{\text{m}}{\text{h}}} = 0,4 \text{ hores}$$

$$\text{Files per dia} = \frac{8 \text{ h}}{0,4 \frac{\text{h}}{\text{fila}}} = 20 \frac{\text{files}}{\text{dia}}$$

$$\text{Ha per fila} = 400 * 3,8 = 1520 \text{ m}^2 = 0,152 \text{ ha}$$

$$\text{Superfície treball per dia} = 0,152 * 20 = 3,04 \frac{\text{ha}}{\text{dia}}$$

$$\text{Cost per ha} = \frac{3,04}{140} = 0,0217 \frac{\text{ha}}{\text{€}} \rightarrow \frac{1}{0,0217} = 46,05 \frac{\text{€}}{\text{ha}}$$

$$\text{Cost per any de treball} = 46,05 \frac{\text{€}}{\text{ha}} * 100 \text{ ha} = 4605 \frac{\text{€}}{\text{any}}$$

$$\text{Cost per any manteniment} = 4605 \frac{\text{€}}{\text{any}} * 0,1 = 460,5 \frac{\text{€}}{\text{any}}$$

$$\text{Cost per any total} = 4605 + 460,5 = 5065,5 \frac{\text{€}}{\text{any}}$$

ANNEX 2 : Càlculs per a l'obtenció de l'estalvi en tractaments a partir de la màquina d'aspiració de fulles

Taula 15: Dades utilitzades pel càlcul de l'estalvi en tractaments

DADES UTILITZADES	VALOR DADES
Cost mitjà tractament	85 €/ha
Tractaments realitzats	3 tractaments
Tractaments estalviats	2 tractaments

$$\text{Estalvi en tractaments} = 85 \frac{\text{€}}{\text{ha}} * 100 \text{ ha} * 2 \text{ tractaments} = 17000 \text{ €}$$

ANNEX 3 : Històric de gràfics del model de predicció RIMPRO (2018-2022)

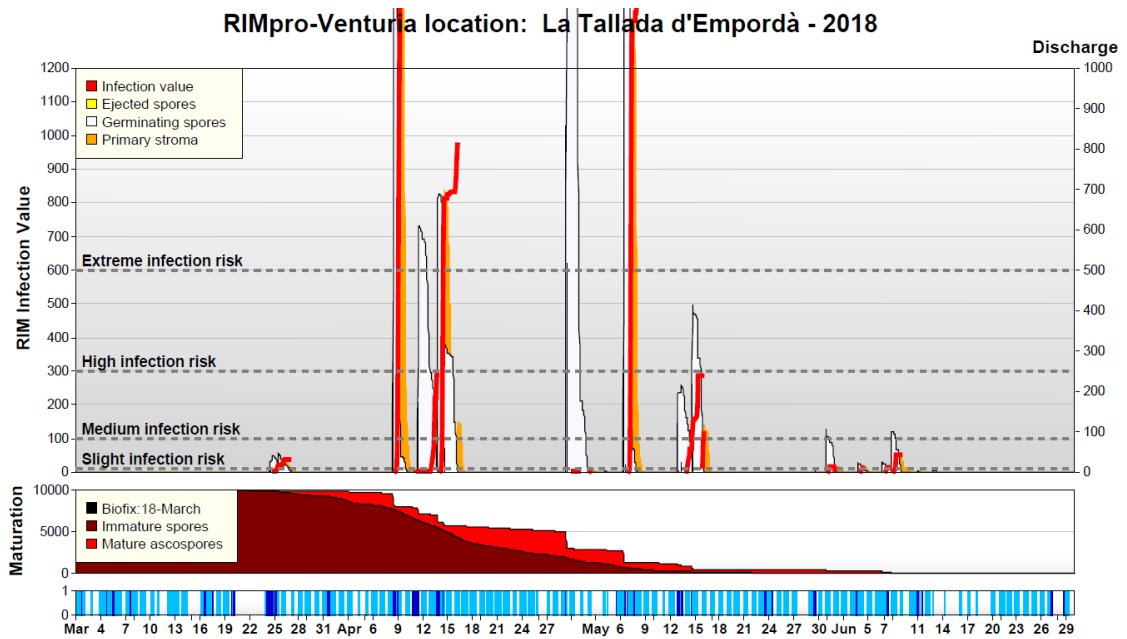


Figura 19: Gràfic model RIMPRO de l'any 2018

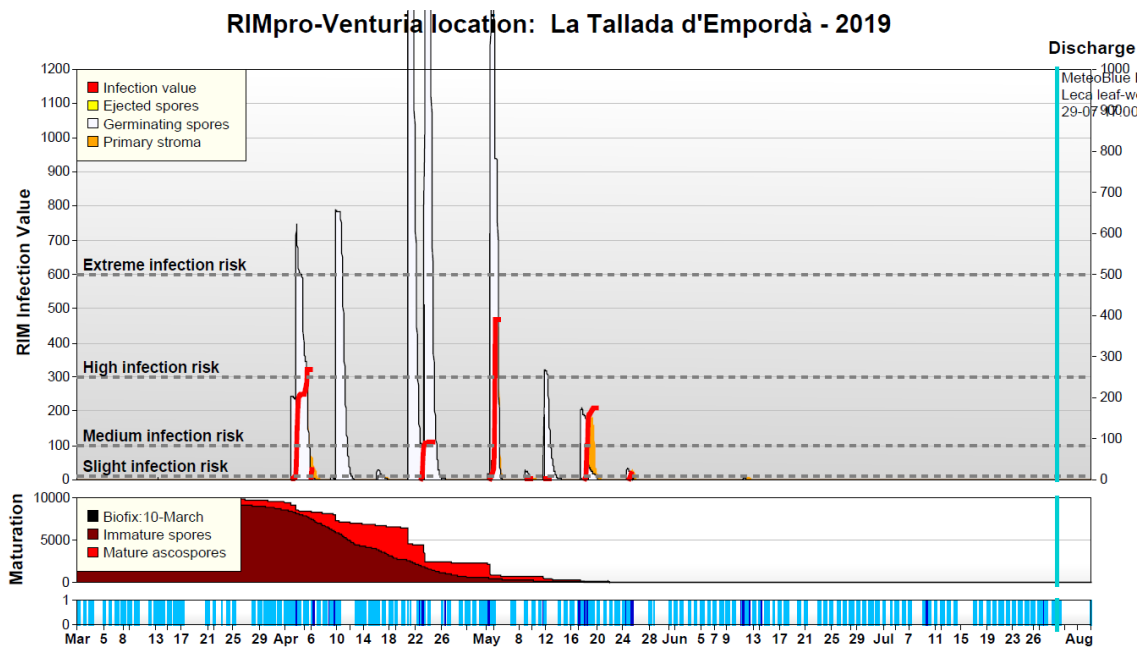


Figura 20: Gràfic del model RIMPRO de l'any 2019

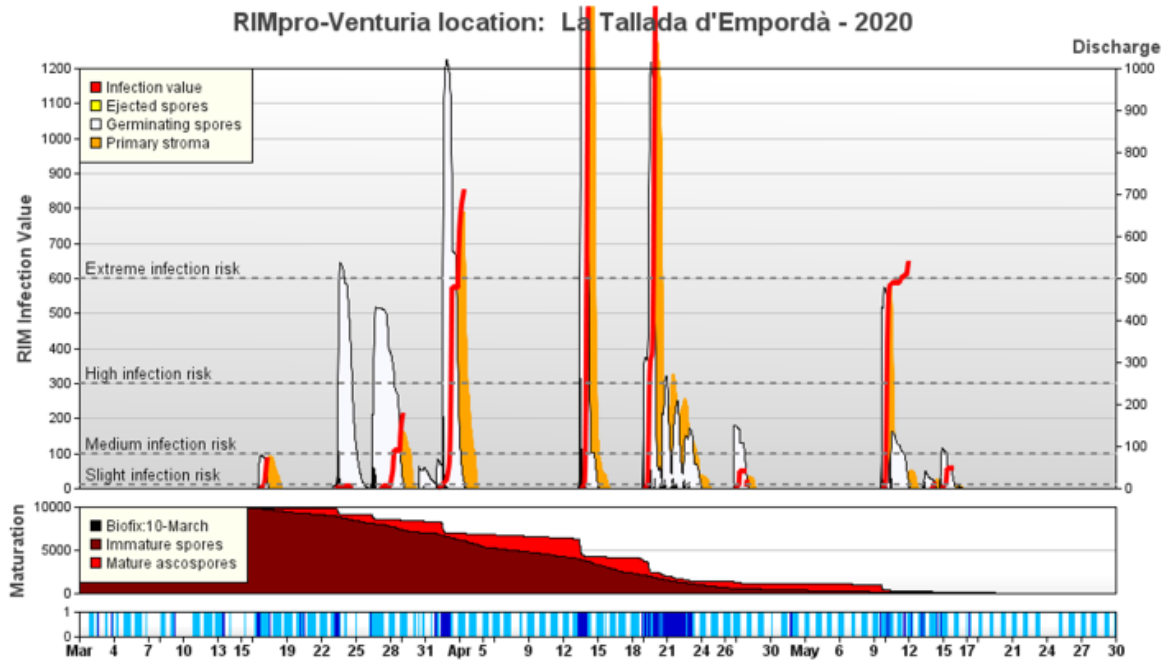


Figura 21: Gràfic del model RIMPRO de l'any 2020

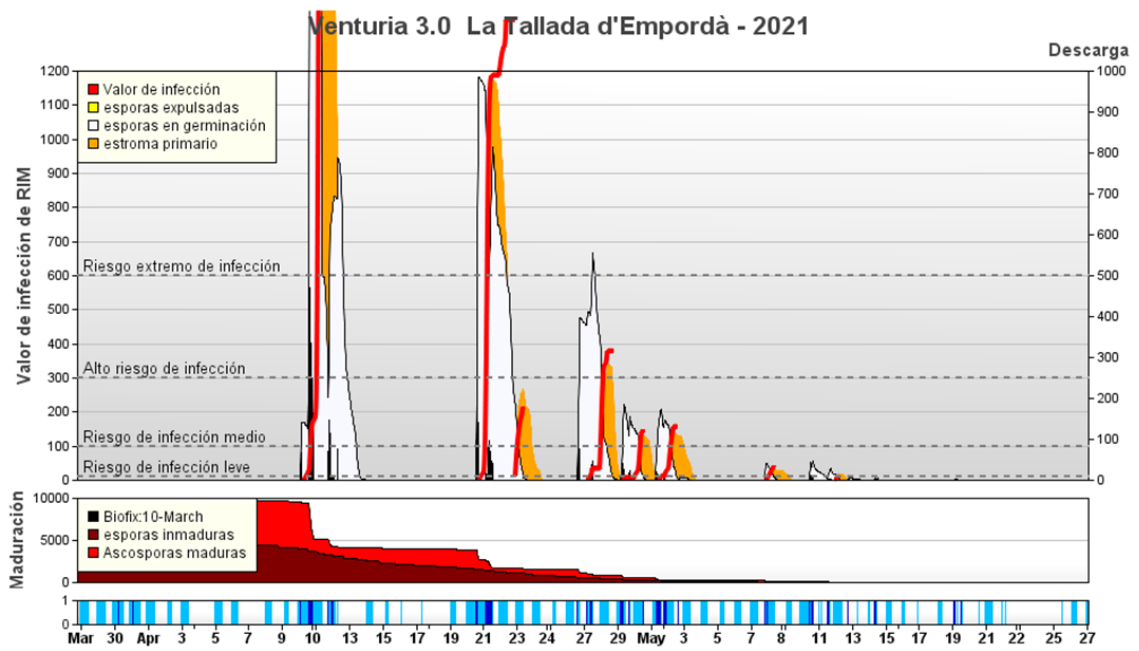


Figura 22: Gràfic del model RIMPRO de l'any 2021

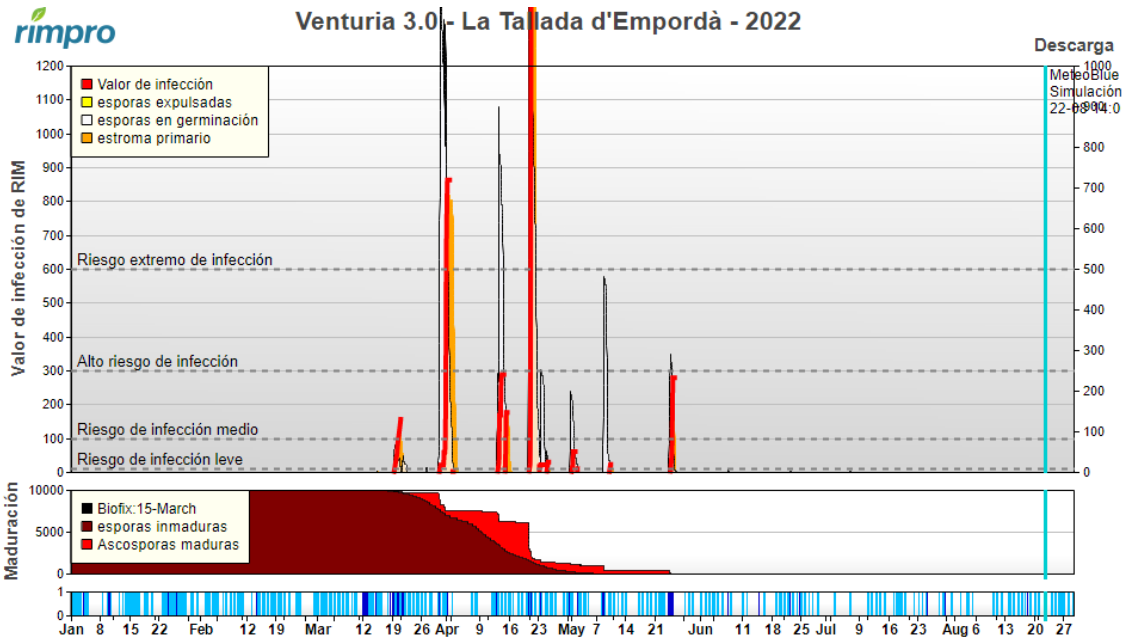


Figura 23: Gràfic del model RIMPRO de l'any 2022