



**Universitat de les
Illes Balears**

INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA, ESPECIALIDAD EN
HORTOFRUTICULTURA Y JARDINERÍA

**ENSAYOS DE CONTROL DEL CHANCRO DE RAMAS
DEL ALMENDRO CAUSADO POR
Phomopsis amygdali (Delacr.) J.J Tusset & M.T. Portilla**

Proyecto de final de carrera

Alumna: Maria Antònia Orell Regis

Tutores: Andreu Juan Serra y Diego Olmo García

Febrero 2014

UNIVERSIDAD DE LAS ISLAS BALEARES

INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA, ESPECIALIDAD EN
HORTOFRUTICULTURA Y JARDINERÍA

PROYECTO FINAL DE CARRERA

**ENSAYOS DE CONTROL DEL CHANCRO DE RAMAS
DEL ALMENDRO CAUSADO POR
Phomopsis amygdali (Delacr.) J.J Tusset & M.T. Portilla**

ENSAYOS DE CONTROL DEL CHANCRO DE RAMAS DEL ALMENDRO CAUSADO POR *Phomopsis amygdali* (Delacr.) J.J Tusset & M.T. Portilla.

RESUMEN

Uno de los cultivos tradicionalmente más importantes en Mallorca es el cultivo del almendro. Existe una gran diversidad de variedades establecidas en la isla. En los últimos tiempos se ha visto reducida la producción de almendra a causa de su baja rentabilidad, originada, entre otras causas, por la presencia de enfermedades del cultivo.

En Mallorca el chancro de ramas causado por *Phomopsis amygdali*, causante de la enfermedad conocida como como “*brot sec*”, es la patología más importante del almendro. Origina chancros en las ramas y los árboles afectados muestran una desecación progresiva de flores, brotes y yemas. El control de esta enfermedad se basa en las prácticas culturales y la lucha química, aunque en algunas variedades de almendro muy sensibles es cada vez menos efectivo.

Teniendo en cuenta estos antecedentes decidimos desarrollar dos ensayos. El primer ensayo diseñado para valorar en campo la sensibilidad de las variedades de almendro Ferragnes, Glorieta y Masbovera a *P.amygdali* y su respuesta a dos estrategias distintas de control químico con fungicidas. En el segundo ensayo se comprobó *in vitro* la respuesta del crecimiento micelial del hongo frente a una serie fungicidas.

En el ensayo de campo a través de conteos periódicos se ha obtenido la evolución de la enfermedad (presencia de chancros) en cada una de las variedades repartidas en las diferentes zonas (zona control, estrategia con tres tratamientos y estrategia con cinco tratamientos). Se determina que dependiendo de la variedad la respuesta a los tratamientos es más efectiva. Orden de sensibilidad: Ferragnes > Glorieta > Masbovera. Resulta más recomendable la estrategia con tres tratamientos debido a la relación del coste económico/ambiental con la efectividad del tratamiento.

En el ensayo *in vitro* después de valorar el crecimiento miceliar de las placas con los distintos fungicidas usados en el ensayo, se pudo clasificar a los fungicidas en función de la toxicidad de los mismos para *P.amygdali*. El orden es el siguiente: Metil tiofanato > Ciproconazol > Captan > Mancozeb >Tiram, el cobre no tiene efecto sobre el crecimiento miceliar.

AGRADECIMIENTOS:

Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo y la ayuda, directa o indirecta de muchas personas que me han acompañado durante todo su desarrollo. Así, que quiero dar mis más sinceros agradecimientos a:

- A mis tutores Diego Olmo García y Andreu Juan Serra, Gracias por todo lo que me habeis ensenyado, por la paciencia, por el interés y por todo el tiempo que me habeis dedicado.
- Isabel Sastre de *Semilla* por su generosidad y valía.
- A Alícia Nieto por ayudarme en el trabajo de laboratorio.
- Al payés encargado de la finca, Mateu, por abrirme sus puertas y ofrecer su ayuda.
- A mis compañeros de Ingeniería técnica agrícola y a los compañeros de universidad por el apoyo recibido; Joan C., Marga P., Pau F., Xisca G., Xisca M, etc.
- A mis amistades por animarme y creer en mí: Aida M., Beatriz M., Jaume S., Marga Ll. y Marta P.
- A mi familia por estar ahí siempre, en especial a mis hermanas pequeñas (Aina y Marina) y a mi madre por su incondicionalidad.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
I.1	El cultivo del almendro en Mallorca	2
I.1.1	Historia del almendro en Mallorca	2
I.1.2	Importancia económica	3
I.1.3	Botánica	5
I.1.4	Material vegetal	6
I.1.4.1	<u>Ferragnes</u>	7
I.1.4.2	<u>Masbovera</u>	8
I.1.4.3	<u>Glorieta</u>	9
I.1.4.4	<u>Patrones</u>	13
I.1.4.4.1	<i>Patrones francos</i>	13
I.1.4.4.2	<i>Patrones híbridos de melocotonero x almendro</i>	14
I.1.1	Fitotecnia	14
I.2	Principales plagas y enfermedades el almendro en Mallorca.	16
I.2.1	Áfidos	16
I.2.2	Ácaros	17

I.2.3	Hemípteros	17
I.2.4	Coleópteros	18
I.2.5	Lepidópteros	19
I.2.6	Hongos	19
I.2.6.1	<u>Mancha ocre</u>	19
I.2.6.2	<u>Cribado o perdigonada</u>	20
I.2.6.3	<u>Moniliosis</u>	20
I.2.6.4	<u>Lepra</u>	20
I.2.6.5	<u>Roya</u>	21
I.2.6.6	<u>Antracnosis</u>	21
I.2.6.7	<u>Podredumbre del cuello</u>	21
I.2.6.8	<u>Podredumbre de la raíz</u>	21
I.2.6.9	<u>Hongos de Madera</u>	22
I.2.7	Bacterias	22
I.2.8	Virus	22
I.3	El chancro de ramas causado por <i>Phomopsis amygdali</i>	22
II.	OBJETIVOS	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
III.1	Ensayo de estrategias de tratamiento	30
III.2	Ensayo de eficacia de fungicidas <i>in vitro</i>	36
III.2.1	Aislamiento de <i>Phomopsis amygdali</i>	36

III.2.2	Repicado en placas con fungicidas.	37
III.2.3	Características de los fungicidas utilizados en el ensayo.	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
IV.1	Resultados y discusión del ensayo de estrategias de tratamiento.	42
IV.2	Resultados y discusión del ensayo de eficacia de fungicidas <i>in vitro</i>	54
V.	CONCLUSIONES	58
V.1	PERSPECTIVAS DE FUTURO	61
VI.	BIBLIOGRAFIA	62
VII.	ANEXOS	66
VII.1	Coste de los tratamientos del ensayo de campo.	67
VII.2	Fichas de Registro de los productos fitosanitarios utilizados.	68

INDICE DE FIGURAS

Figuras 1 y 2 – Fruto y semilla de almendro variedad Ferragnes con y sin cascara.	11
Figuras 3 y 4 – Semilla de almendro variedad Masbovera con y sin cascara.	11
Figuras 5 y 6 – Semilla de almendro variedad glorieta con y sin cascara.	11
Figura 7 – Daños de pulgones en almendro.	16
Figura 8 – Daños de <i>Monosteira unicostata</i> en almendro	17
Figura 9, 10 y 11 – Adulto, larva y daños de <i>Capnodis tenebrionis</i> en almendro.	18
Figura 12 – Daños de mancha ocre (<i>P. ochraceum</i>) en hojas de almendro.	19
Figura 13 – Daños de cribado en hojas de almendro.	20
Figura 14 y 15 – Daños de <i>Armillaria mellea</i> en almendro Detalle de placas miceliales	21
Figura 16, 17, 18 y 19 – Daños de <i>Phomopsis amygdali</i> en almendro Detalle de los chancros en las ramillas.	26
Figura 20 –Vista aérea de la distribución de las parcelas del ensayo (con sombreado) de estrategias de tratamiento en la finca de almendros de Inca utilizada en el mismo.	30
	31

Figura 21- Distribución de las variedades de almendro y los tratamientos realizados en la parcela de ensayo de estrategias de tratamiento.	
Figuras 22 y 23 – Tractor con pulverizador hidroneumático y detalle de las boquillas antideriva.	33
Figuras 24 y 25– Tractor tratando	33
Figura 26 - Proceso de aislamiento	37
Figura 27 - Placa rotulada con ejes X, Y utilizada en el ensayo eficacia de fungicidas	38
Figura 28: Respuesta de patogenicidad de <i>P.amygdali</i> en variedades de almendro al tratamiento con oxiclورو de cobre. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p<0.05$) dentro de un mismo conteo. Las líneas discontinuas señalan valores del conteo inicial de las variedades control (sin tratar), la línea azul representa la variedad Ferragnes, la línea verde oliva representa la variedad Glorieta y por último la línea roja representa la variedad Masbovera.	44
Figura 29: Respuesta de patogenicidad de <i>P.amygdali</i> en variedades de almendro al tratamiento con Mancozeb. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p<0.05$) dentro de un mismo conteo. Las líneas discontinuas señalan valores de referencia de las variedades control (sin tratar), la línea azul representa la variedad Ferragnes, la línea verde oliva representa la variedad Glorieta y por último la línea roja representa la variedad Masbovera.	45

Figura 30: Respuesta de patogenicidad de *P.amygdali* en variedades de almendro al tratamiento con Captan. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p<0.05$) dentro de un mismo conteo. Las líneas discontinuas señalan valores de referencia de las variedades control (sin tratar), la línea azul representa la variedad Ferragnes, la línea verde oliva representa la variedad Glorieta y por último la línea roja representa la variedad Masbovera

Figura 31: Respuesta de patogenicidad de *P.amygdali* en variedades de almendro al tratamiento con Mancozeb y Ciproconazol. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p<0.05$) dentro de un mismo conteo. Las líneas discontinuas señalan valores de referencia de las variedades control (sin tratar), la línea azul representa la variedad Ferragnes, la línea verde oliva representa la variedad Glorieta y por último la línea roja representa la variedad Masbovera.

Figura 32: Respuesta de patogenicidad de *P.amygdali* en variedades de almendro al tratamiento con Captan. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p<0.05$) dentro de un mismo conteo. Las líneas discontinuas señalan valores de referencia de las variedades control (sin tratar), la línea azul representa la variedad Ferragnes, la línea verde oliva representa la variedad Glorieta y por último la línea roja representa la variedad Masbovera.

Figura 33: Evolución del porcentaje del número de chancros por conteo en Ferragnes de las diferentes zonas con respecto al número de chancros anterior al ensayo.

Figura 34: Evolución del porcentaje del número de chancros por conteo en Glorieta de las diferentes zonas con respecto al número de chancros anterior al ensayo.

Figura 35: Evolución del porcentaje del número de chancros por conteo en Masbovera de las diferentes zonas con respecto al número de chancros anterior al ensayo.	54
Figura 36 – Placas del ensayo; evolución del Metiltiofanato (0'1, 1, 10 y 100 ppm)	57
Figura 37 – Placas del ensayo; evolución del Ciproconazol (0'1, 1, 10 y 100 ppm)	57
Figura 38 – Placas del ensayo; evolución del Captan (0'1, 1, 10 y 100 ppm)	57
Figura 39 – Placas del ensayo; evolución del Mancozeb (0'1, 1, 10 y 100 ppm)	57
Figura 40 – Placas del ensayo; evolución del Tiram (0'1, 1, 10 y 100 ppm)	57
Figura 41 – Placas del ensayo; evolución del Oxiclورو de Cobre (0'1, 1, 10 y 100 ppm)	57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Superficie y producción de almendra en las distintas Comunidades Autónomas de España.	4
Tabla 2 – Relación entre la superficie total de cultivo de almendros y la superficie de cada Comunidad Autónoma.	4
Tabla 3 – Evolución de la superficie, producción y precio de la almendra en Baleares	5
Tabla 4- Características agronómicas y comerciales de las variedades cultivadas de almendro que se utilizaron en los ensayos.	12
Tabla 5 – Características de los tratamientos efectuados en el ensayo.	32
Tabla 6 – Características de los fungicidas utilizados en los tratamientos.	32
Tabla 7– Calendario de los conteos y los tratamientos en las diferentes zonas a lo largo del ensayo.	35
Tabla 8- Fungicidas utilizados en el ensayo de eficacia in vitro	37
Tabla 9 - Valores medios de % de crecimiento micelial de <i>Phomopsis amygdali</i> respecto al control y cálculo de la concentración efectiva media CE50 para los fungicidas ensayados invitro.	55

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

I.1 El cultivo del almendro en Mallorca

I.1.1 Historia del almendro en Mallorca

El cultivo del almendro en Mallorca se cree que fue introducido por el imperio romano. Los romanos obtuvieron este cultivo gracias a los griegos, ya que fueron quienes se lo transmitieron. Parece que durante estos siglos pasados el almendro se cultivó mayoritariamente a pequeña escala. Gracias a determinados almendros de gran desarrollo ubicados en las cercanías de las viviendas (normalmente sin injertar, podar, abonar, ni cultivar, pero dando frutos dulces y de buena producción) se incrementaron las plantaciones.

La historia del almendro en Mallorca está ligada a que en el siglo XIX con la invasión de la filoxera en la isla se tuvieron que eliminar la mayoría de los viñedos y el cultivo elegido para sustituir la vid fue el almendro, aumentando así el número de plantaciones de almendro en la isla.

Según Rallo y Sacarés (1997), Estelrich fue uno de los primeros difusores y estudiosos de la almendra en Mallorca. En su obra *El almendro y su cultivo en el mediodía de España e Islas Baleares* de 1907 definió y catalogó 50 variedades y clasificó 382. Las variedades mallorquinas son ordinariamente dulces, duras, redondeadas, de semilla doble y de buen rendimiento de grano. En los noventa ya había unas 150 variedades catalogadas propias de la región, las más importantes: Pons, Canaleta, Pou de Felanitx, Verdereta, Vivot y Lluch, que ocupaban un 66% del total del cultivo del almendro (Ibar, 1985).

El cultivo del almendro en Mallorca ha disminuido a causa de la bajada de producción de las plantaciones debido a su avanzada edad y la no sustitución por plantaciones jóvenes (Grasselly y Crossa-Raynaud, 1984).

A partir del año 1992 para reforzar el sector se aplicaron planes de mejora y ayudas (Política Agraria Común) en la mayor parte de las explotaciones de cultivo de almendra, constituyéndose a su vez las Organizaciones de

Productores de Frutas y Hortalizas (OPFH) para la recepción de las ayudas europeas. Con el impulso de las ayudas el sector se estructuró, potenciándose su profesionalización y competitividad. Con la aplicación de estos planes de mejora también se impulsaron la eliminación de plantaciones de árboles viejos de variedades locales, con más de 25 años, y la sustitución por nuevas variedades con, a priori, mejor salida comercial y que no se cultivaban en Mallorca hasta ese momento. A causa de esta sustitución se vió afectada la disponibilidad de variedades autóctonas en los viveros, llegando a desaparecer del mercado en muchos casos, aún siendo variedades locales más productivas y atractivas comercialmente.

Según el Informe de diagnóstico sobre el sector de la almendra de Mallorca (Conselleria d'Agricultura i Pesca, 2009), la constante bajada de precios es una causa determinante de la crisis del sector de la almendra. La tendencia a la baja de los precios es consecuencia de la competencia con la almendra californiana, a lo que hay que sumar que la almendra mallorquina está cada vez menos tipificada y diferenciada y cada vez menos considerada de gran calidad, como antaño. Aunque con altibajos, esta tendencia bajista de precios se hace patente si por ejemplo comparamos el precio de 1,31 €/kg en 2005 para almendra cáscara con los 0,7 €/kg de la misma en 2012. (Estadística Agraria CAIB, datos no publicados)

I.1.2 Importancia económica

En el mundo se producen 2×10^6 t de almendras al año, siendo E.E.U.U. (California) el primer productor con 731×10^3 t/año, seguido de España (167×10^3 t/año), Irán, Marruecos (131×10^3 t/año), Siria (130×10^3 t/año) e Italia (104×10^3 t/año) (datos de Faostat 2011).

Si observamos los datos que ofrece el anuario de estadística agraria, en 2010 Baleares, con algo más de 20.000 ha dedicadas al cultivo del almendro ocupa el séptimo lugar entre las comunidades autónomas españolas en lo que se refiere a superficie dedicada al cultivo del almendro. No obstante, en términos relativos teniendo en cuenta la superficie total de cada región, Baleares ocupa

el segundo lugar sólo por detrás de Murcia, lo que confirma la importancia que tiene este cultivo en las islas (Anónimo, 2013).

Tabla 1 – Superficie y producción de almendra en las distintas Comunidades Autónomas de España (Fuente; Anuario de Estadística Agraria de 2010)

	Ha en secano	Ha en regadío	Ha totales	Producción total (t)
ESPAÑA	481.002	36.560	517.562	222.217
ANDALUCÍA	150.162	4.927	155.089	45.922
C. VALENCIANA	85.569	8.783	94.352	40.663
ARAGÓN	63.721	6.238	69.959	43.022
R. DE MURCIA	61.853	5.601	67.454	25.931
CASTILLA LA MANCHA	47.414	5.325	52.739	30.750
CATALUÑA	38.704	3.292	41.996	20.954
BALEARES	20.594	210	20.804	6.073
LA RIOJA	5.975	383	6.358	4.107
NAVARRA	2.730	1.294	4.024	1.709
EXTREMADURA	2.175	480	2.655	1.777
CASTILLA Y LEÓN	1.288	21	1.309	743
MADRID	497	2	499	238
CANARIAS	241	4	245	255
PAÍS VASCO	75		75	63
CANTABRIA	4		4	10

Tabla 2 – Relación entre la superficie total de cultivo de almendros y la superficie de cada Comunidad Autónoma (Fuente; Anuario de Estadística Agraria de 2010)

	Ha almendro	Superficie Km2	Ha almendro / Km2
ESPAÑA	517.562	504.645	1,02
R. DE MURCIA	67.454	11.313	5,96
BALEARES	20.804	4.992	4,17
C. VALENCIANA	94.352	23.255	4,06
ANDALUCÍA	155.089	87.268	1,78
ARAGÓN	69.959	47.719	1,47
CATALUÑA	41.996	32.107	1,31
ESPAÑA	517.562	504.645	1,02
CASTILLA LA MANCHA	52.739	79.463	0,66

En cuanto a la evolución de la superficie y producción, en Baleares, se observa una estabilización de la superficie desde el año 2006, considerándose constante, mientras que la producción ha disminuido a más de la mitad de manera progresiva como vemos en la siguiente tabla.

Tabla 3 – Evolución de la superficie, producción y precio de la almendra en Baleares (Fuente: Conselleria d'Agricultura, Mediambient i Territori, datos no publicados)

Año	Superficie total (ha)	Superficie en producción (ha)	Producción (t)	Precio (€/100 kg almendra cáscara)
2013	24.443	20.804	6.371	123,50
2012	24.443	20.804	6.706	71,50
2011	24.443	20.804	7.289	51,76
2010	24.443	20.804	6.073	60,00
2009	24.443	20.804	5.521	38,75
2008	24.443	20.804	13.580	58,75
2007	24.443	20.804	15.089	69,46
2006	24.443	20.804	14.625	109,96

I.1.3 Botánica

El almendro, *Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb, pertenece al orden Rosales, familia Rosaceae. Es un árbol de hoja caduca, con un porte generalmente erguido y una altura en condiciones de cultivo de 4 a 6 m. Posee un único tronco, de corteza lisa al principio pero que con los años se vuelve rugosa, agrietada, escamosa y tortuosa. Posee unas raíces profundas, poco ramificadas y potentes. Sus características botánicas no son distintas a las del resto de frutales de hueso.

Las hojas son lanceoladas y de color verde brillante. Las yemas de flor y de madera pueden encontrarse juntas en los ramos mixtos con una estructura triple (dos yemas de flor rodeando una yema vegetativa) o separadas en ramos de madera las de madera, y en ramos de mayo las de flor. En todos los casos situadas en madera del año anterior.

Las flores son hermafroditas, poseen 5 sépalos verdes, 5 pétalos, blancos o rosados, y estambres libres, generalmente autoincompatibles, presentando buena polinización cruzada entre variedades.

El fruto difiere del resto de los frutales de hueso ya que el mesocarpo consiste en un tejido poco desarrollado, verde y pubescente que no es comestible, y que en la madurez sufre dehiscencia, su desarrollo presenta una doble sigmoide, tiene una fase lineal de crecimiento apenas perceptible. La parte comestible del fruto es la semilla que se aloja en el interior de un endocarpo lignificado. La semilla presenta un contenido reducido en grasas saturadas (8%), moderado (15-18%) en polisaturadas y alto (70-75%) en mono-saturadas, poseen altos contenidos en vitamina E, desde 40 hasta 400mg por 100g de aceite.

I.1.4 Material vegetal

Debido al carácter autoincompatible de la mayoría de las flores de esta especie y que la mayor parte de las plantas originalmente fueros multiplicadas por semillas y sin injertar, existen numerosas variedades de almendro. Por este motivo resulta difícil crear un criterio de clasificación, sin embargo muchas de las que presentan buenas características comerciales se han multiplicado por injerto, manteniendo las características. Estas se clasifican del siguiente modo:

- Almendro de semillas amargas: Elevada productividad y rusticidad. Sus frutos son amargos y se emplean en industria a precios bajos.
- Almendras de semillas dulces: De cáscara dura, de cáscara semidura y de cáscara blanda o mollar.

En España se cultivan, sobre todo, las semillas dulces y cáscara dura. Las dos variedades con dichas características más cultivadas son:

- Marcona: Variedad originaria de Alicante. Árbol muy ramificado de porte vertical. La almendra es casi redonda, de buen tamaño, gran calidad y rugosa. Es muy fértil y de maduración tardía.

- Desmayo largueta: Conocida también como largueta, originaria de Cataluña. Variedad muy productiva, con una almendra de gran calidad para tostado, puntiaguda, lisa y alargada.

A nivel local existen también otras variedades de interés; Desmayo rojo, Ferragnes, Ramillete, Garrigues y Ferraguel, entre otras.

En Mallorca las más habituales son Jordi, Pons y Vivot entre las tradicionales autóctonas y Ferragnes, Masbovera y Glorieta entre las modernas introducidas.

A continuación se muestran las principales características de las tres variedades que se han utilizado en el ensayo de estrategias de tratamientos, Ferragnes, Masbovera y Glorieta, según Felipe (2000).

I.1.4.1 Ferragnes

Proviene de Francia, creada en 1960 en La Grande Ferrade de Burdeos. Se trata de un híbrido entre “Crisomorto” (variedad italiana de Puglia) y “Ai” (variedad de La Provenza). La “Crisomorto” es una variedad de floración muy tardía y con almendras dobles, en cambio la “Ai” es también de floración muy tardía pero con almendra simple.

Tiene un buen vigor, con un porte erguido y una ramificación media. A pesar de ser fácil de formar, en cultivos con suelo fértil y regadío se tiene que controlar el crecimiento.

La floración es tardía y abundante, la realiza sobre ramas mixtas y sobre todo en ramilletes de mayo. Esta es abundante con flores blancas y de tamaño medio-grande.

La polinización al ser autoestéril tiene que ser cruzada. Las variedades más usadas para la polinización son “Ai”, “Ferraduel”, “Texas”, “Glorieta”, “Masbovera” y “Guara” entre otras.

Tiene una buena producción y regular durante los años. La entrada en producción de las plantaciones jóvenes es bastante rápida.

Es fruto es bastante grande, alargado, bastante regular, algo puntiagudos, con cascara semidura y de tipo doble.

El grano es simple, alargado, un poco estrecho y ligeramente puntiagudo, con un rendimiento superior a 320 gr por kg de fruto. Este es bastante regular y junto con su buen tamaño lo hace atractivo para usos industriales.

En cuanto a algunas enfermedades; presenta una buena resistencia a *Monilia* (*Monilia laxa*), una resistencia media al cribado (*Stigmia carpophila*), una muy buena resistencia a *Polystigma*, pero es sensible al chancro de ramas (*Phomopsis amygdali*).

I.1.4.2 Masbovera

Variedad concebida en el 1975 por el I.R.T.A. de Cataluña, en el programa de mejora de variedades de almendro realizado en el Centro de Investigación Mas de Bover (Constantí, Tarragona).

Se consiguió con un cruce entre “Primorski” y “Cristomorto”, es una variedad protegida, con la consecuencia de que está prohibida su multiplicación por injerto, solo se puede obtener en viveros autorizados.

El árbol es muy vigoroso, con porte medio-erecto y buena densidad foliar. Tiene un buen equilibrio entre crecimiento vegetativo y producción, además es fácil de podar y formar.

La floración es tardía pero abundante. Tiene una duración media y sucede durante los primeros días de marzo mayoritariamente. Lo hace sobre todo en ramos mixtos y ramilletes de mayo, con un porcentaje de cuajado elevado que hace crecer la capacidad productiva.

La polinización es necesariamente cruzada, siendo las más adecuadas las de floración tardía como “Glorieta”, “Francolí”, “Ferragnes”, “Cristomorto”, etc.

La producción es alta y con buena regularidad (poco alternante). Se concentra principalmente en ramilletes, pero también en brindillas y ramos mixtos. Tiene una entrada en producción media.

El fruto es de cáscara dura y con un rendimiento aproximado del 30%. El grano es simple con muy baja incidencia de grano doble. La forma del grano es elíptica y puntiaguda, de un tamaño bastante grande y atractivo. La época de maduración es relativamente tardía.

La aptitud en la recolección es buena, el fruto se mantiene en el árbol pero se desprende con facilidad, favoreciendo la mecanización. También tiene una buena facilidad de despellejado.

Presenta una tolerancia a la sequía muy considerable mostrando una buena adaptación.

Presenta una gran resistencia ante *P. amygdali* y una resistencia media a la enfermedad de la mancha ocre producida por el hongo *Polystigma ochraceum*.

I.1.4.3 Glorieta

También es una variedad concebida en el 1975 por el I.R.T.A. de Cataluña, en el mismo programa anterior citado.

Realizada en un cruce entre “Primorski” y “Cristomorto”, también es una variedad protegida.

Tiene un buen vigor, un porte medio-erecto y con una buena densidad foliar. Su intensidad de la ramificación es media y es fácil de formar y podar.

Es una variedad de floración tardía, suele darse en los últimos días de febrero principalmente. La duración de esta es media pero con una intensidad abundante, y lo realiza sobre ramos mixtos y más especialmente sobre ramilletes de mayo, lo que le confiere una elevada capacidad productiva.

La variedad necesita polinización cruzada, pudiéndose usar “Masbovera”, “Ferragnes”, “Francolí”, “Vario”, “Constantí”, etc.

La capacidad productiva es alta o muy alta, con poca alternancia. Ésta se concentra en ramilletes principalmente pero también en brindillas y ramos mixtos. Tiene una entrada en producción bastante precoz.

El fruto es de cáscara dura, con un rendimiento cercano al 30% también. Es de grano simple principalmente, el porcentaje de granos dobles es muy bajo, alrededor del 2%. El grano es de forma elíptica y algo puntiaguda, bastante grande y atractivo visualmente con el tegumento liso.

La época de maduración es media.

En la madurez del fruto se mantiene adherido a los ramos, pero con la vibración se desprende fácilmente, ayudando así a la mecanización de la recogida. También tiene un fácil despellejado entre el pellejo y la cáscara.

Presenta una resistencia media ante *P. amygdali* y ante *P. ochraceum*.



Figuras 1 y 2 – Fruto y semilla de almendro variedad Ferragnes con y sin cascara.



Figuras 3 y 4 – Semilla de almendro variedad Masbovera con y sin cascara.



Figuras 5 y 6 – Semilla de almendro variedad Glorieta con y sin cascara.

Tabla 4- Características agronómicas y comerciales de las variedades cultivadas de almendro que se utilizaron en los ensayos. (Felipe, 2000)

	Ferragnes	Glorieta	Masbovera
Vigor del árbol	Medianamente vigoroso	Bastante vigoroso	Muy vigoroso
Porte	Semi-erecto	Medio-erecto	Medio-erecto
Ramificación	Poco ramificada	Ramificación media	Ramificación media
Fructificación	Sobre ramos mixtos y preferentemente sobre ramilletes de mayo	Sobre ramos mixtos y especialmente sobre ramilletes de mayo	Sobre ramos mixtos y mayormente en ramilletes de mayo
Flor	Blanca, medio grande y autoestéril.	Blanca tamaño medio	Blanca de tamaño medio
Época de floración	Tardía	Tardía	Tardía. Polinización cruzada
Intensidad de floración	Abundante	Abundante	Abundante
Productividad	Elevada	De alta a muy alta	Alta-muy alta
Época de maduración	Media	De media a tardía	Media-tardía
Facilidad de recolección	Buena	Buena	Buena
Facilidad de despellejo	Mediocre por la consistencia de la cáscara.	Buena	Buena
Forma del fruto	Amigdaloides alargado, con mucrón.	Elíptico. Tamaño grande.	Amigdaloides. Tamaño del fruto grande
Consistencia de la cascara	Semi-dura. Se separa en dos capas.	Dura	Dura
Rendimiento medio al descascarado	0,4	0,32	0,29
	Porcentaje de dobles: Nulo	Porcentaje de dobles: 2%	Porcentaje de dobles: Prácticamente nulo (0-1%)
Grano	Tamaño: Medio-grande Forma: Amigdaloides alargada. Se separan fácilmente los cotiledones. Tegumentos: Marrón claro, algo rugosos.	Tamaño: Medio Forma: Amigdaloides- acorazonado Tegumentos: lisos, de grosor medio, color marrón medio. Aspecto atractivo.	Tamaño: Medio-grande Forma: Amigdaloides Tegumentos: Lisos de grosor medio, color marrón medio. Aspecto atractivo.

1.1.4.4 Patrones

En España tradicionalmente se han usado los patrones francos para almendros en seco, tanto procedentes de semillas amargas como dulces. Sin embargo, en esta especie las plantas procedentes de semilla no reproducen fielmente los caracteres de la planta madre, por ello se recurre también a los patrones clonales. (M. Agustí, 2004)

1.1.4.4.1 *Patrones francos*

Almendra franco: Se seleccionan variedades de almendra que tengan buen vigor, poca ramificación, buena homogeneidad, facilidad de injerto y un buen sistema radicular ramificado y desarrollado. Son buenos patrones para seco. Son tolerantes a salinidad, caliza y sequía. Son sensibles a encharcamientos prolongados, *Armillaria mellea*, *Phytophthora sp.* y *Agrobacterium tumefaciens*.

Melocotonero franco: Se utilizan habitualmente la variedad de melocotonero americana 'S-37', 'Nemaguard', francesa 'GF-305' y 'Nemared'. Son buenos patrones para regadío. Son sensibles a la caliza y la sequía. Adelantan la entrada en producción, reducen el tamaño del árbol, acotan su vida media y presentan buena compatibilidad con la mayoría de variedades de almendra. Poseen una tolerancia media a la podredumbre de raíz y cuello y al encharcamiento.

Ciruelo: Estos patrones presentan una notable resistencia a la asfixia radicular, una gran capacidad de adaptación a las condiciones adversas del suelo y una condición enanizante. Existen dos grupos; los de crecimiento rápido formados por 'mirabolano', 'mariana' y otros híbridos afines, que poseen un buen vigor y buena resistencia a condiciones adversas del medio, pero existen numerosos casos de incompatibilidad con variedades de almendra. Los de crecimiento rápido formados por 'Brompton', 'Damas', 'San Julián', 'Pollizo de Murcia' y otros afines, este grupo se adapta bien a los suelos arcillosos y pesados.

1.1.4.4.2 Patrones híbridos de melocotonero x almendro

Es obtenida a partir de la F1 de los híbridos de melocotonero x almendro, o viceversa. Las semillas F2 presentan gran variabilidad y no es aconsejable su uso, de tal manera que para su propagación se utiliza el enraizamiento de estaquillas con hojas. Surgieron como patrones de melocotonero persiguiendo el mayor vigor, la buena adaptación a las condiciones del suelo adversas y la buena resistencia a la caliza activa. Actualmente se utilizan dos patrones una selección del clon francés 'GF677' (INRA), y otra del clon español 'Adafuel'. De fácil propagación, presentan un buen comportamiento en vivero, suelos pesados y calizos, buena resistencia a parásitos de suelo y buen comportamiento agronómico.

1.1.5 Fitotecnia

El almendro es una especie que requiere un clima seco y templado para ser cultivado (entre los 30° y los 44° de latitud Norte). Su mayor problema es la precocidad de su fructificación y floración que lo hacen sensible a las heladas primaverales, de hecho las flores en anthesis apenas resisten los -2°C y los frutos recién cuajados son todavía más sensibles. Pueden desarrollarse bien en zonas con una pluviometría anual 500mm o algo inferior, aunque lógicamente con riego mejoran las cosechas y su calidad. Poseen una tolerancia moderada al viento y a la humedad; aunque durante la floración y las etapas próximas a la recolección la humedad puede resultar muy perjudicial. Se adapta bien a suelos pedregosos, pobres y secos, aunque prefiere los suelos ligeros, profundos y fértiles. Es un frutal con gran resistencia a la caliza, a la salinidad y a la sequía pero muy sensible a la asfixia radicular.

En secano los marcos de plantación más frecuentes son de 8 x 8 m o superiores; en regadío se recomiendan marcos de 6 x 5 m, o similar. Para diseñar una plantación de almendros debe contemplarse la existencia de polinizadores, necesarios como hemos visto al tratar del material vegetal, deben situarse en líneas, alternando cada tres o cuatro líneas de la variedad

principal, y se recomienda la instalación de colmenas de abejas en época de floración.

La poda de formación es en vaso con un solo tronco a una altura que facilite la recolección mecánica. La poda de fructificación se limita a una limpieza de ramas secas y chupones. Es necesario aplicar varias labores anuales para eliminar las malas hierbas. El sistema más adecuado de riego es el riego localizado por goteo, con un consumo anual de 3500-4500 m³/ha y con dosis mensuales máximas en los meses de mayo y septiembre (2 – 2,25 m³/planta y mes) y julio y agosto (3 – 3,5 m³/planta y mes) (Agustí, 2004).

La recolección se realiza en verde o en seco. En verde se recoge a mano cuidando de no romper las estructuras fructíferas del siguiente año. En seco se provoca la caída del fruto por vareo bien mediante vibradores conectados a la toma de fuerza de un tractor, los frutos se recogen en la base del árbol y se transportan al almacén. Tras su recolección se efectúa el despellejo del mesocarpo. A continuación se lleva a cabo el secado en cáscara y su almacenamiento, o el partido, manual o mecánicamente. Si se comercializa sólo la semilla, ésta sufre diversos procesos, según su destino: tostado, laminado, harinado, repelado... etc. El aprovechamiento de la almendra es completo; además de la semilla, que se utiliza para el consumo humano, el mesocarpo, natural o procesado, se emplea para alimento del ganado y la cáscara como fuente de energía familiar o industrial. Las aplicaciones industriales de las semillas son múltiples; se extraen aceites para la industria cosmética y farmacéutica, contiene un tipo de caseína que disuelta en agua constituye la “leche de almendras” con aplicaciones dietéticas y se utiliza en la fabricación de dulces (turrónes, peladillas, polvorones...etc.)

I.2 Principales plagas y enfermedades el almendro en Mallorca

I.2.1 Áfidos

Hyalopterus amygdali (E. Blanchard, 1840). Ataca a las hojas que se abarquillan ligeramente en sentido longitudinal, toman un color verde pálido, detienen su desarrollo, engruesan y caen; producen también atrofia del fruto. Adicionalmente, la melaza que producen favorece el desarrollo posterior de fumagina y reduce la formación de yemas florales. *Myzus persicae* Sulzer 1776 se sitúa en el envés de las hojas a las que abarquilla transversalmente y reduce el vigor del árbol; ataca, también, a las flores y frutos. Es trasmisor de ciertos virus.

Los pulgones suelen producir graves daños debido a la rapidez con que se multiplican, lo cual supone la invasión total del árbol en poco tiempo. Se trata de insectos chupadores, que clavan su pico en las hojas y brotes tiernos, donde viven en tal cantidad que las cubren por completo y causan la desecación y el arrugado de las hojas y deformaciones de tallos jóvenes.



Figura 7 – Daños de pulgones en almendro. (Fuente: Andreu Juan)

1.2.2 Ácaros

A pesar de que el almendro no es el hospedador preferido de los ácaros es frecuente encontrarlos en este cultivo. El envés de las hojas atacadas toma un color rojizo, y el haz, gris plomo. En seguida, las hojas pierden vitalidad y se desprenden fácilmente. La cosecha se ve muy mermada y se encuentra en malas condiciones al reemprender la vegetación al año siguiente. Los ácaros más frecuentes son *Panonychus ulmi* (Koch 1836) y *Aculus cornutus* (Nalepa 1892), que atacan las hojas a las que decoloran o dan una tonalidad plateado-plomiza, respectivamente. Su control es complicado porque resulta difícil encontrar acaricidas adecuados.

1.2.3 Hemípteros

El chinche del almendro, *Monosteira unicastata* (Mulsant & Rey, 1852), realiza la puesta en el envés de las hojas. En el haz produce una decoloración blanquecina formada por multitud de pequeñas manchitas; en el envés se aprecian restos de excrementos y melaza, que es base del ataque de fumagina.



Figura 8 – Daños de *Monosteira unicastata* en almendro
(Fuente: Laboratorio de Sanidad Vegetal CAIB)

I.2.4 Coleópteros

Los más importantes son el gusano cabezudo, *Capnodis tenebrionis* (Linnaeus, 1758), cuyos adultos se alimentan de hojas jóvenes y las larvas escavan galerías desde las raíces hasta el tronco, y los barrenillos, *Scolytus rugulosus* (Müller, 1818), y *Scolytus amygdali* (Guerin, 1847), que escavan galerías bajo la corteza de las ramas con secreción de goma que la seca y debilita al árbol y solo se puede combatir preventivamente destruyendo y quemando las ramas atacadas.

En Mallorca, en concreto en la zona de Llucmajor; se están haciendo ensayos de control mediante trapeo masivo contra *S.amygdali*, con feromonas obteniéndose buenos resultados. (Salvà, comunicación personal)



Figuras 9, 10 y 11 – Adulto, larva y daños de Capnodis tenebrionis en almendro. (Fuente: Laboratorio de Sanidad Vegetal CAIB)

I.2.5 Lepidópteros

La más importante es la anarsia de frutales de hueso, *Anarsia lineatella* Zeller 1839, que daña los brotes.

I.2.6 Hongos

Las enfermedades criptogámicas afectan a las hojas, ramas, flores y frutos. Las más importantes son:

I.2.6.1 Mancha ocre (*Polystigma achraceum* (Wahl.) Sacc.)

Hongo de reproducción por ascas y conidios. Afecta a las hojas del almendro produciendo manchas de forma y dimensión variable de color amarillo al principio que se transforman en pardas con manchas negras. No es muy importante salvo en años muy secos y calurosos. Inicia el ataque en primavera con la brotación y se extiende durante todo el verano, ocasionando defoliaciones prematuras al final del verano debilitando el árbol.



Figura 12 – Daños de mancha ocre (P. ochraceum) en hojas de almendro. (Fuente: Laboratorio de Sanidad Vegetal CAIB)

I.2.6.2 Cribado o perdigonada

Originado por *Stigmina carpophila* (Lév.) M.B. Ellis, produce pequeñas manchas marrones que se necrosan rápidamente y se desprenden, quedando las hojas llenas de perforaciones, reduciendo la superficie foliar y provocando importantes defoliaciones.



Figura 13 – Daños de cribado en hojas de almendro. .
(Fuente: Laboratorio de Sanidad Vegetal CAIB)

I.2.6.3 Moniliosis (*Monilinia laxa* (Ehrenb.) Sacc. & Voglino)

Es un hongo muy resistente al frío, y hasta temperaturas de 15 °C. Ataca a frutos y flores secando los órganos y necrosando las ramas impidiendo la circulación de la savia, perdiendo los frutos que se encuentran en ellas. Frecuentemente el ataque se produce durante la caída de pétalos y en el momento del cuajado. Cuando afecta a los frutos es habitual que estos queden sin evolucionar en el árbol, con desecación, presencia micelio y esporas del hongo en lo que se suele denominar comúnmente como fruto momificado o directamente momias.

I.2.6.4 Lepra (*Taphrina deformans* (Berk.) Tul.)

Hongo poco importante en almendro. Los síntomas en hojas son limbo muy engrosado y coloración que varía del blanco al amarillo o al rojo, epidermis recubierta de polvo blanquecino (la fructificación del hongo), las hojas caen

cuando sube la temperatura y en años fríos pueden haber ataques secundarios. Principalmente sólo ataca a hojas pero también son sensibles los brotes jóvenes. Es mucho más dañino en melocotonero que en almendro.

1.2.6.5 Roya

Producida por *Tranzschelia pruni-spinosae* var. *discolor* (Fuckel.) Dunegan. Produce unas manchas pequeñas de colora amarillo en el haz que se corresponden con pústulas marrones en el envés, que son las fructificaciones esporíferas. Puede provocar una caída masiva de hojas.

1.2.6.6 Antracnosis

Debida a *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., produce manchas redondeadas, pardas, deprimidas que producen exudaciones gomosas y pudren el mesocarpo. Sus daños tampoco son importantes.

1.2.6.7 Podredumbre del cuello

En los terrenos pesados en plantaciones en regadío, *Phytophthora* spp. provoca podredumbres en el cuello de la raíz, con exudaciones gomosas, que pueden llegar a provocar la muerte de la planta.

1.2.6.8 Podredumbre de la raíz

Conocida en Mallorca con el nombre común de “Mòrbol”, es originada por *Armillaria mellea* (Vahl) & P. Kumm, provoca pudriciones de la raíz que repercuten en un decaimiento generalizado de árbol.



Figuras 14 y 15 – Daños de *Armillaria mellea* en almendro Detalle de placas miceliales
(Fuente: Laboratorio de Sanidad Vegetal CAIB)

I.2.6.9 Hongos de Madera

En los últimos años se está estudiando una nueva enfermedad en almendro en Mallorca que se relaciona con hongos de la madera, concretamente de las familias Botryosphaeriaceae, Togniniaceae y Diatrypaceae, que han sido muy estudiados en el cultivo de la vid en la década pasada y que se han encontrado en prospecciones de campo sobre almendros cada año que se realizan desde 2009. Como resultado de estos trabajos se ha descrito la nueva especie *Collophora hispanica* Gramaje, Armengol & Damm. (Anónimo 2009, Anónimo 2010, Gramaje et al., 2012)

I.2.7 Bacterias

Agrobacterium tumefaciens (Smith & Townsed) Conn. ataca al almendro, sobre el que produce los característicos tumores en las raíces y cuello.

I.2.8 Virus

Los virus encontrados en los almendros cultivados en España son; el *virus de las manchas anulares necróticas* (PNRSV), el *virus del enanismo del ciruelo* (PDV), el *virus del mosaico del manzano* (ApMV) y el *virus de las manchas necróticas en hojas* (CLSV). De entre ellos ApMV y el PDV son los más importantes, aunque su incidencia es muy leve.

I.3 El chancro de ramas causado por *Phomopsis amygdali*

Phomopsis amygdali (Delacr.) J.J. Tuset & M.T. Portilla causa la enfermedad del chancro de ramas en almendro y melocotonero, especialmente en Grecia, Italia, SO de Francia y España. (Smith, 1992).

En los frutales, especialmente los de hueso, las alteraciones que afectan a los tallos, ramas jóvenes y brotes son: los chancros nodales e internodales, los desecados en sentido basípeto y los marchitamientos de las hojas y brotes. Esta sintomatología es de origen parasitario y origina problemas fitopatológicos en las áreas donde se desarrollan los cultivos.

En las especies del género *Prunus* la presencia de chancros en rama y de los desecados se encuentran muy extendidas. En el área mediterránea producen pérdidas importantes. (Tuset, 2000)

La manifestación más típica de esta enfermedad en los frutales de hueso y también la más grave se observa hacia final de invierno y durante la primavera especialmente en las etapas de la apertura de las yemas, floración y en la formación y desarrollo de nuevos brotes. (Tuset, 2000). En estos estados fenológicos los almendros afectados muestran una desecación progresiva de las flores, los brotes y las yemas. Esto se debe a que las ramas del año anterior ya estaban infectadas por el hongo y el desarrollo vegetativo del patógeno determina la deshidratación de los tejidos y la producción de toxinas que dan lugar al colapso de las ramas. En esta deshidratación quedan adheridas las hojas con un color amarillento y con los limbos marchitos. En los casos graves los árboles muestran en verano multitud de ramas terminales del mismo año desecadas, que supone una gran pérdida económica. En las ramas y brotes afectados aparecen áreas características de tamaño variable (entre 1-5 cm) de forma ovalada o elipsoidal, de color marrón que se extienden con relativa simetría alrededor de las yemas o en las proximidades de las mismas. Los tejidos corticales aparecen más o menos deprimidos y resquebrajados y con pequeños exudados gomosos, con respecto a los normales que los circundan. El número de chancros por rama varía, el crecimiento de los chancros puede circundar toda la rama y la parte distal de la misma se deshidrata y reseca en poco tiempo. En las áreas necrosadas la cutícula y la primera capa de la epidermis se separa del sustrato, tomando el chancro un color grisáceo. En la parte exterior de estos tejidos deshidratados y dispuestos desordenadamente aparecen, durante el verano los conidiomas picnidiales. En las hojas enfermas el hongo produce áreas secas de color marrón, irregulares o redondeadas. Son poco numerosas, mostrándose aisladas, esparcidas o agrupadas en una zona del limbo foliar. Si el ataque del parásito tiene lugar en el final del período vegetativo o es de carácter intenso, las manchas se esparcen por toda la hoja produciéndose grandes zonas del limbo desecadas.

El tejido necrosado generalmente se desprende. Los pétalos y sépalos en tiempo muy húmedo son afectados desecándose completamente.

El agente causal es el ascomiceto de la familia Diaporthaceae *Phomopsis amygdali*. No se conoce el teleomorfo. Para el diagnóstico de *P. amygdali* la presencia de los picnidios en la corteza del chancro es suficiente.

Phomopsis amygdali es un hongo que produce picnidios. Los picnidios son normalmente solitarios, eustromáticos, globosos o aplanados, a veces elipsoidales, de color pardo oscuro a negro, de 180-550 μm de diámetro y ostiolados, con un ostiolo papilado poco definido o claramente visible. Los conidióforos son hialinos, cilíndricos, escasamente ramificados y septados en la base, con uno o dos septos. Las conidias alfa (4,9-9,9 x 2,3-3,8 μm) son hialinas, fusiformes, rectas con extremos ligeramente acuminados, y unicelulares. Las conidias beta (14,3-23,1 x 1,1-1,9 μm) son raras o no se encuentran; cuando están presentes, son hialinas, filiformes, alargadas, rectas o más frecuentemente ligeramente curvadas, y unicelulares. Las conidias exudan en cirros.

En cultivo, *P. amygdali* crece bien en agar de patata-dextrosa en una forma lobulada. La capacidad para esporular se pierde después de varias transferencias. El micelio es hialino, ramificado y septado, y a menudo forma clamidosporas en cadenas.

La actividad patógena de *P. amygdali* en los frutales de hueso está más favorecida en la primavera que en el otoño y con un desarrollo mayor de los chancros en la primera estación. Por la disminución de la actividad fisiológica de la corteza en otoño – invierno, la pérdida de turgencia de los tejidos corticales y el aumento de la humedad ambiental, el proceso de la infección se circunscribe casi por completo a esta época del ciclo biológico de los árboles de estos cultivos. Este proceso depende de la capacidad de germinación de las conidias, del vigor de la planta, de la influencia del riego y de la humedad del ambiente, y del contenido de humedad de los tejidos de la corteza. El hongo penetra en los tejidos corticales a través de las heridas y discontinuidades de la

cutícula. A partir de aquí coloniza los tejidos del nudo. Las toxinas producidas por el micromiceto se desplazan a la parte distal de la rama a través del xilema y son las encargadas de intervenir en la funcionalidad de los estomas, impidiendo el cierre y a consecuencia acelerando el marchitamiento. En la zona de los chancros se forman los picnidios que a través del opérculo y en forma de cirros, expulsan las conidias, que los insectos o más frecuentemente el agua de lluvia dispersa en la propia rama o en las vecinas. Para que estos germinen y se produzca la infección son necesarias el agua mojando la corteza de las ramas y unas temperaturas entre 12°C y 15°C.

El control de *P. amygdali* se basa en las prácticas culturales, principalmente la poda para la reducción del inóculo, y la lucha química. Durante el otoño se realizan tratamientos de caída de hojas con sales de cobre y en primavera e inicio de verano se realizan tratamientos con fungicidas para reducir el desarrollo del hongo.

En Mallorca el chancro de las ramas causado por *Phomopsis amygdali*, conocido comúnmente como “*brot sec*” es la enfermedad más importante del almendro, exigiendo la realización de varios tratamientos fungicidas por campaña, especialmente en algunas variedades como Ferragnes. Esta variedad adquirió gran difusión en las últimas tres décadas después de los planes de mejora y debido a la sucesión de inviernos húmedos se evidenció su alta sensibilidad al patógeno. (Rallo, 1997).

Ante esta problemática en muchas parcelas de la isla se ha empezado a sustituir la variedad Ferragnes por variedades menos sensibles a *P. amygdali*, como Masbovera o Glorieta. Sin embargo, continúan habiendo plantaciones que mantienen la variedad, en las que los tratamientos habitualmente recomendados se están mostrando poco efectivos y es conveniente plantear alguna estrategia nueva de control. (Anónimo 2011a; Anónimo 2011b)



Figuras 16, 17, 18 y 19 – Daños de Phomopsis amygdali en almendro Detalle de los chancros en las ramillas. (Fuente: Laboratorio de Sanidad Vegetal CAIB)

II. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

Con los antecedentes expuestos en la introducción queda patente la importancia en Mallorca de la enfermedad del chancro de ramas del almendro causado por *Phomopsis amygdali* y la dificultad de su control con lo cual el presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

1. Realizar un seguimiento del desarrollo de la enfermedad a lo largo de un ciclo productivo.
2. Evaluar y comparar dos estrategias distintas de control del chancro de ramas del almendro en las variedades Masbovera, Ferragnes y Glorieta.
3. Comparar las diferencias de susceptibilidad a la aparición de chancros en ramas en las mismas variedades.
4. Realizar un ensayo *in vitro* del crecimiento miceliar del hongo en medio de cultivo con distintos fungicidas, para valorar la eficacia de los mismos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1 Ensayo de estrategias de tratamiento

Se realizó un ensayo con dos estrategias distintas de tratamientos fitosanitarios contra la enfermedad del chancro de ramas en una finca de almendros situada en el término municipal de Inca, concretamente en la avenida Raiguer que comunica Inca y Lloseta. Esta finca está compuesta por 9 parcelas catastrales de las cuales se han utilizado principalmente 2 para el desarrollo del ensayo, son las parcelas con las siguientes referencias: municipio 27 (Inca), polígono 9, parcela 329, de 0'4142ha y municipio 27 (Inca), polígono 9, parcela 443, de 0'5687ha

La siguiente imagen refleja las parcelas que dividen la finca en color rojo y la zona destinada al proyecto sombreada en negro.



Figura 20–Vista aérea de la distribución de las parcelas del ensayo (con sombreado) de estrategias de tratamiento en la finca de almendros de Inca utilizada en el mismo.

La zona destinada al ensayo, que abarca principalmente las dos parcelas comentadas está constituida por 18 filas de almendros de tres variedades distintas. Las filas están formadas por la misma variedad aunque por diferente número de ejemplares condicionado por el perímetro de la parcela.

Las variedades están distribuidas en la zona de ensayo formando una serie. En primer lugar se encuentran 2 filas de Ferragnes seguidas de 2 filas de Glorieta y termina con 2 de Masbovera, luego se repite la serie de nuevo. En el ensayo se han utilizado 18 filas, divididas en tres bloques (series), cada uno de 6 filas contiguas, a cada bloque se le ha aplicado un diferente número de tratamientos.

Las primeras seis filas son la zona de control, sin tratar, de la fila siete a la doce se han aplicado tres tratamientos, mientras que entre la fila trece y la dieciocho se han aplicado cinco tratamientos. La siguiente figura muestra la distribución de las variedades y tratamientos en la parcela de ensayo.

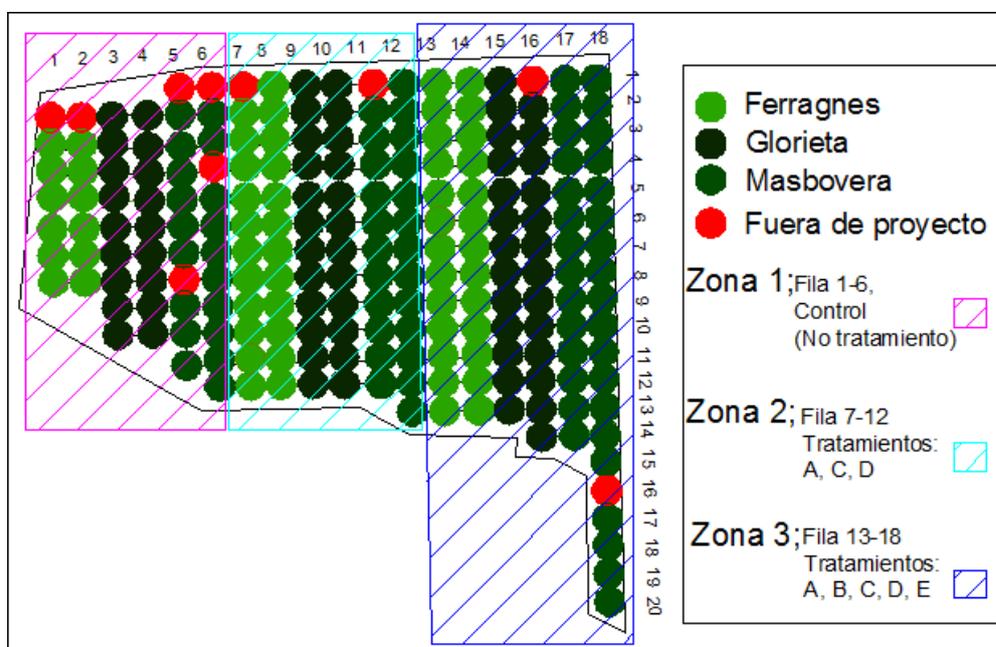


Fig. 21- Distribución de las variedades de almendro y los tratamientos realizados en la parcela de ensayo de estrategias de tratamiento (Los ejemplares que están señalizados en rojo se encuentran fuera de proyecto porque no cumplen las condiciones de la fila en la que se encuentran, ya sea por edad o por variedad).

Tabla 5 – Características de los tratamientos efectuados en el ensayo.

Fecha	Código Tratamiento	Época	Materia activa	Kg/ha o l/ha	Litros de caldo /ha	Superficie a tratar(ha)	Total Kg/ Parcela	Zona tratada
10/12/ 2012	TA	Caída de hojas	Oxicloruro de cobre 50%	5	700	5,5	27,5	Zona 2 y 3
15/02/ 2013	TB	Invierno	Mancozeb 75%	4	700	3	12	Zona 3
22/03/2013	TC	Caída de pétalos	Captan 85%	3	700	5,5	16,5	Zona 2 y 3
13/05/ 2013	TD	Mayo	Mancozeb 75%	4	700	5,5	22	Zona 2 y 3
			Ciproconazol 10%	0,2	700		1,1	
08/07/2013	TE	Verano	Captan 85%	3	700	3	9	Zona 3

Tabla 6 – Características de los fungicidas utilizados en los tratamientos.

Materia activa	Tipo	Modo de acción	Grupo químico	Riqueza	Formulación
Captan	Contacto	Efecto multidiaria	Ftalamidas	85	WP
Ciproconazol	Sistémico	Fungicida de amplio espectro de acción	Triazoles	10	WG
Mancozeb	Contacto	Efecto multidiaria	Ditiocarbamatos	75	WP
Oxicloruro de cobre	Contacto	Efecto multidiaria	Comp. cúpricos	50	WP

Para realizar el tratamiento se utilizó un pulverizador hidroneumático con una capacidad total de 3300 l. El pulverizador estaba dotado de boquillas antideriva e iba arrastrado por un tractor de 100 CV. Los tratamientos se efectuaron con el volumen de caldo necesario para alcanzar el punto de goteo, entre 700-800l/ha, y a una presión de 15-20 bar.



Figuras 22 y 23 – Tractor con pulverizador hidroneumático y detalle de las boquillas antideriva.



Figuras 24 y 25– Tractor tratando.

Los fungicidas utilizados fueron los que habitualmente se suelen recomendar (Anónimo, 2011; Anónimo, 2011b) todos ellos autorizados y registrados en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Para valorar el grado de sensibilidad de las tres variedades de almendro a *Phomopsis amygdali*, la respuesta de las mismas a las dos estrategias de tratamiento, así como la evolución temporal de la aparición de los síntomas se realizaron conteos del número chancros en ramillas, concretamente en cada conteo se elegían 100 brotes al azar de cada variedad y bloque. El primer conteo se realizó el 29 de noviembre de 2012, antes del inicio de los tratamientos, representando la situación inicial. Una vez iniciados los tratamientos (primer tratamiento, TA: 10/12/2012), los conteos se realizaron con una periodicidad de entre 15 y 20 días, iniciándose en 15 de enero de 2013 y concluyendo el 28 de agosto de 2013. En la Tabla 7 se muestra una cronología de los conteos y tratamientos.

Tabla 7- Representación del ensayo de tratamientos en campo y su relación con el estado fenológico del almendro en cada momento.

EVOLUCIÓN DEL ENSAYO DE ESTRATEGIAS DE TRATAMIENTO

Noviembre	Diciembre	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		
29/11/2012	10/12/2012	15/01/2013	08/02/2013	15/02/2013	28/02/2013	19/03/2013	23/03/2013	09/04/2013	25/04/2013	15/05/2013	24/05/2013	05/06/2013	20/06/2013	06/07/2013	08/07/2013	24/07/2013	11/08/2013	28/08/2013
Conteo 0	Aplicación TA	Conteo 1	Conteo 2	Aplicación TB	Conteo 3	Conteo 4	Aplicación TC	Conteo 5	Conteo 6	Conteo 7	Aplicación TD	Conteo 8	Conteo 9	Conteo 10	Aplicación TE	Conteo 11	Conteo 12	Conteo 13
	Oxícloruro de cobre	ZONA 1 sin tratar		Mancozeb	Zona 1 ; sin tratar		Captan	Zona 1 ; sin tratar		Mancozeb + Ciproconazol	Zona 1 ; sin tratar		Captan	Zona 1 ; sin tratar				
		ZONA 2 (TA) Oxícloruro de Cu			Zona 2 (TA) Oxícloruro de Cu			Zona 2 (TA+TC) Oxícloruro de Cu y captan			Zona 2: Oxícloruro de Cu , captan y mancozeb+ciproconazol .			Zona 2: Oxícloruro de Cu , captan y mancozeb+ciproconazol				
		ZONA 3 (TA) Oxícloruro de Cu			Zona 3 (TA+TB) Oxícloruro de Cu, Mancozeb			Zona 3 (TA+TB+TC) Oxícloruro de Cu, Mancozeb y captan			Zona 3: Oxícloruro de Cu, Mancozeb , captan y mancozeb+ciproconazol .			Zona 3: Oxícloruro de Cu, Mancozeb , captan , mancozeb+ciproconazol y Captan				
Reposo o vegetación																		
Polinización																		
Floración																		
														Época de maduración				
																	Recolección	

III.2 Ensayo de eficacia de fungicidas *in vitro*

El ensayo de fungicidas *in vitro* consiste en hacer crecer al hongo en medio de cultivo con distintas concentraciones de fungicidas con el objetivo de valorar las diferencias en el crecimiento y relacionarlas con la eficacia del fungicida.

III.2.1 Aislamiento de *Phomopsis amygdali*.

Para conseguir los aislados fúngicos necesarios para el ensayo se seleccionaron brotes de almendro afectados por *P. amygdali*, con chancros bien visibles, procedentes de la misma parcela en la que se realizó el ensayo de campo.

Para conseguir aislar el hongo se desinfectaron superficialmente los brotes, con el objetivo de evitar el crecimiento de saprofitos en el medio de cultivo de aislamiento. La desinfección se realizó introduciendo los brotes en un recipiente lleno de agua estéril con un 25% de hipoclorito sódico (se empleó lejía de uso doméstico) durante un minuto, y una vez transcurrido este tiempo los brotes se traspasaron a otro recipiente con agua estéril durante otro minuto, posteriormente se depositaron sobre papel de filtro estéril, en cámara de flujo laminar.

Los aislamientos se realizaron a partir de fragmentos de la zona límite de los chancros que se sembraron en placas de cultivo con medio PDA-S (Patata, dextrosa, agar y estreptomicina), se cerraron las placas con Parafilm[®] y se introdujeron en la incubadora a 25° con fotoperiodo de doce horas de luz y doce horas de oscuridad.

Transcurridas entre 48 y 72 horas se procedió a seleccionar las colonias fúngicas crecidas a partir de los fragmentos de aislamiento cuya morfología se asemejaba a la de *P. amygdali* tal y como se describe en el apartado I.3 y se repicaron individualmente a medio de cultivo PDA que se incubó en las mismas condiciones anteriores con el fin de obtener suficiente crecimiento fúngico aislado y puro de *P. amygdali* que se utilizaría después para repicar en las placas con fungicida.



Figura 26- Proceso de aislamiento

III.2.2 Repicado en placas con fungicidas.

Se prepararon cuatro placas de medio PDA + fungicida para cada una de las siguientes concentraciones, 0,1 ppm, 1 ppm, 10 ppm y 100 ppm de la materia activa de los fungicidas ensayados (tabla 7) y 4 placas de control, solo con PDA.

Tabla 8- Fungicidas utilizados en el ensayo de eficacia *in vitro*

Materia activa, formulado
Oxicloruro de cobre 50%
Captan 85 % WP
Ciproconazol 10 % WG
Metiltiofanato 45 % SC
Tiram 50% SC
Mancozeb 75% WG

Al tratarse de un ensayo de laboratorio, se incluyeron fungicidas que actualmente no están autorizados en almendro, que lo estuvieron anteriormente, y que siguen dando buenos resultados en otros cultivos contra

hongos similares a *P. amygdali*, con el fin de poder valorar si su retirada de uso en almendro ha sido negativa para la eficacia en el control de la enfermedad. Estos son Tiram y Metiltiofanato.

En las placas se rotularon dos diámetros (ver figura 27), formando dos ejes X, e Y, y se colocó en el centro el repicado del hongo mediante un sacabocados circular de 8mm de diámetro. Se conservaron las placas con los repicados a 25°C y fotoperiodo 12h luz /12h oscuridad, como en los casos anteriores.

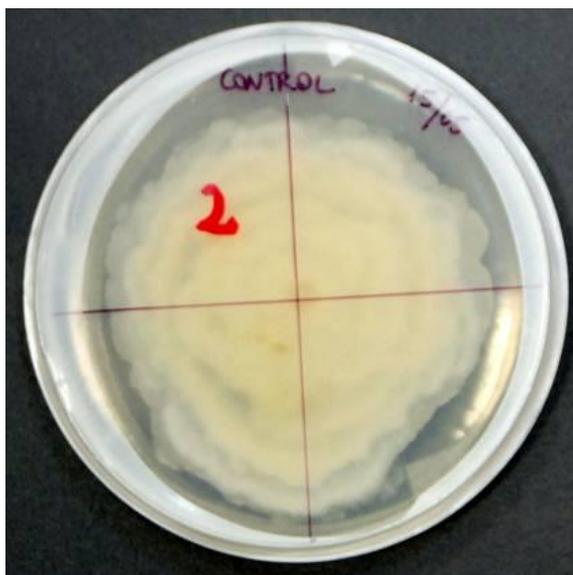


Figura 27- Placa rotulada con ejes X, Y utilizada en el ensayo eficacia de fungicidas

Los diámetros de crecimiento del hongo se midieron una semana después del repicado, coincidiendo cuando aproximadamente en las placas control el crecimiento micelial alcanzaba el 75-80% de la placa.

Con los datos obtenidos del crecimiento micelial de cada combinación concentración-fungicida se calculó la concentración efectiva media, CE_{50} para el crecimiento micelial respecto al control. En nuestro caso, esta CE_{50} es la concentración de fungicida que causa una reducción del crecimiento de un 50% respecto al control.

III.2.3 Características de los fungicidas utilizados en el ensayo.

A continuación se describen brevemente los fungicidas usados en el ensayo, siendo esta información ampliada en los anexos I y II, con las fichas de registro.

METIL TIOFANATO 45% p/v SC

Tiocarbamato sistémico y actividad fungicida, preventiva y curativa, por vía sistémica y contacto sobre enfermedades producidas por hongos endoparásitos y ectoparásitos presentado en forma de suspensión concentrada autosuspendible para aplicar en pulverización foliar.

CIPROCONAZOL 10% WG

Fungicida sistémico y de contacto con actividad preventiva, curativa y erradicante presentado en forma de gránulos dispersables en agua, lo que mejora su manejo, dosificación y la calidad del caldo obtenido. Resulta efectivo en el control de oídios, monilia, moteados, royas y yesca.

MANCOZEB 75% WG

Producto fungicida presentado en forma de gránulos dispersables en agua que permiten obtener caldos de gran homogeneidad; para aplicar en pulverización foliar. Resultan efectivos en el control de antracnosis, alternaria, mildius, monilia, moteado, royas, septoria y otras enfermedades producidas por hongos endoparásitos.

CAPTAN 85% WP

Pertenece al grupo de las ftalamidas, es un fungicida preventivo de amplio espectro. Dificulta el crecimiento y desarrollo micelar, así como la germinación de esporas. Polvo mojable que resulta efectivo en el control preventivo de alternaria, antracnosis, botritis, chancro, cribado, fusarium, fialófora, mancha negra del rosal, mildiu, monilia, moteado, royas y otras enfermedades producidas por hongos endoparásitos

OXICLORURO DE COBRE 50% WG

Oxicloruro de cobre en forma de granulado dispersable en agua para aplicar en pulverización foliar. Resulta eficaz en el control preventivo de abolladura, aguado, cribado, mildiu, moniliosis, moteado, rabia, repilo y otras enfermedades producidas por hongos endopatógenos y algunas bacteriosis.

TIRAM 50% SC

Ditiocarbamato con actividad fungicida preventiva, actúa por contacto y se utiliza en aplicación foliar formulado como granulado dispersable en agua, autodispersable, para aplicar en pulverización foliar; se caracteriza por su fácil dosificación, ausencia de polvo y homogeneidad del caldo. Es eficaz en el control preventivo de antracnosis, lepra o abolladura, moteados, perdigonada o cribado, royas, septoriosis, viruela y otras micosis.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1 Resultados y discusión del ensayo de estrategias de tratamiento.

En general los resultados mostrados en las figuras 28, 29, 30, 31, y 32, de los diferentes conteos en función de los tratamientos realizados con cuatro tipos diferentes de fungicidas aplicados en los distintos estadios fenológicos del almendro, muestran que las tres variedades ensayadas en campo presentan diferente susceptibilidad a *P. amygdali*. De la misma manera también se observa diferente comportamiento frente a los tratamientos aplicados.

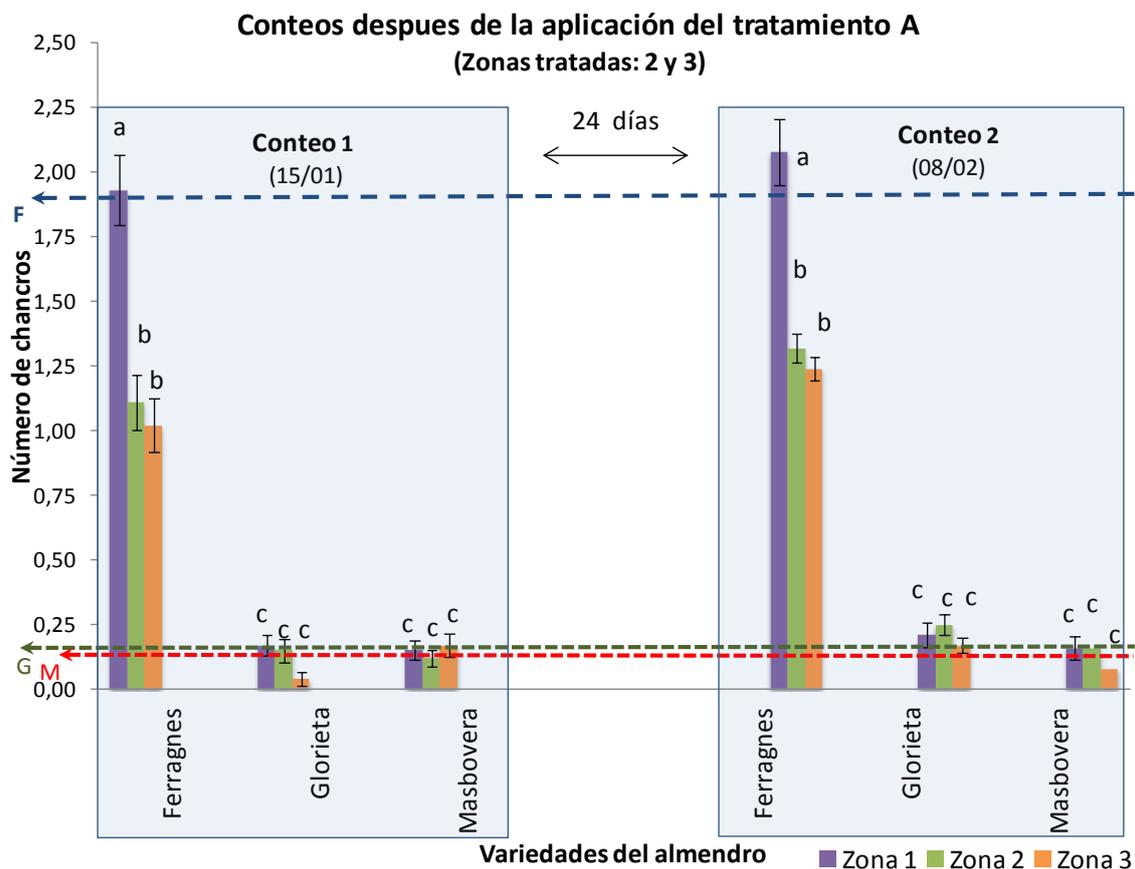
Vargas y Miarnau (2011), en un estudio de susceptibilidad de variedades de almendro de diferentes países (EE.UU, Francia, Australia, España, Italia, etc.) a *P. amygdali* concluyeron en que todas las variedades estudiadas podían agruparse dentro de cinco grupos acorde al grado de infección (muy tolerante, tolerante, medio, susceptible y muy susceptible).

La figura 28 muestra los dos primeros conteos de chancros tras la utilización de oxiclورو de cobre como fungicida en el mes de diciembre, época de latencia del almendro donde se observa una influencia genética a la respuesta del hongo al tratamiento que no expresa diferencia en el transcurso del tiempo entre conteos (1 y 2). Esta influencia genética se manifiesta únicamente cuando el ataque del hongo se expresa de forma significativa, como es el caso de la variedad Ferragnes. Mientras que las variedades Glorieta y Masbovera prácticamente no presentaron efectos visibles de sensibilidad a la enfermedad, por tanto no se observaron diferencias por el tratamiento con oxiclورو de cobre. Cabrita et al. (2004) en un estudio de resistencia del almendro a *P. amygdali* describían la variedad Ferragnes como una variedad susceptible.

Esta estrategia de control de la enfermedad con oxiclورو de cobre parece ser efectiva en la disminución significativa del número de chancros de las zonas 2 y 3 con respecto a la zona 1 (sin tratamiento), en la variedad Ferragnes (figura 28). En este primer momento de infecciones del hongo estos resultados se

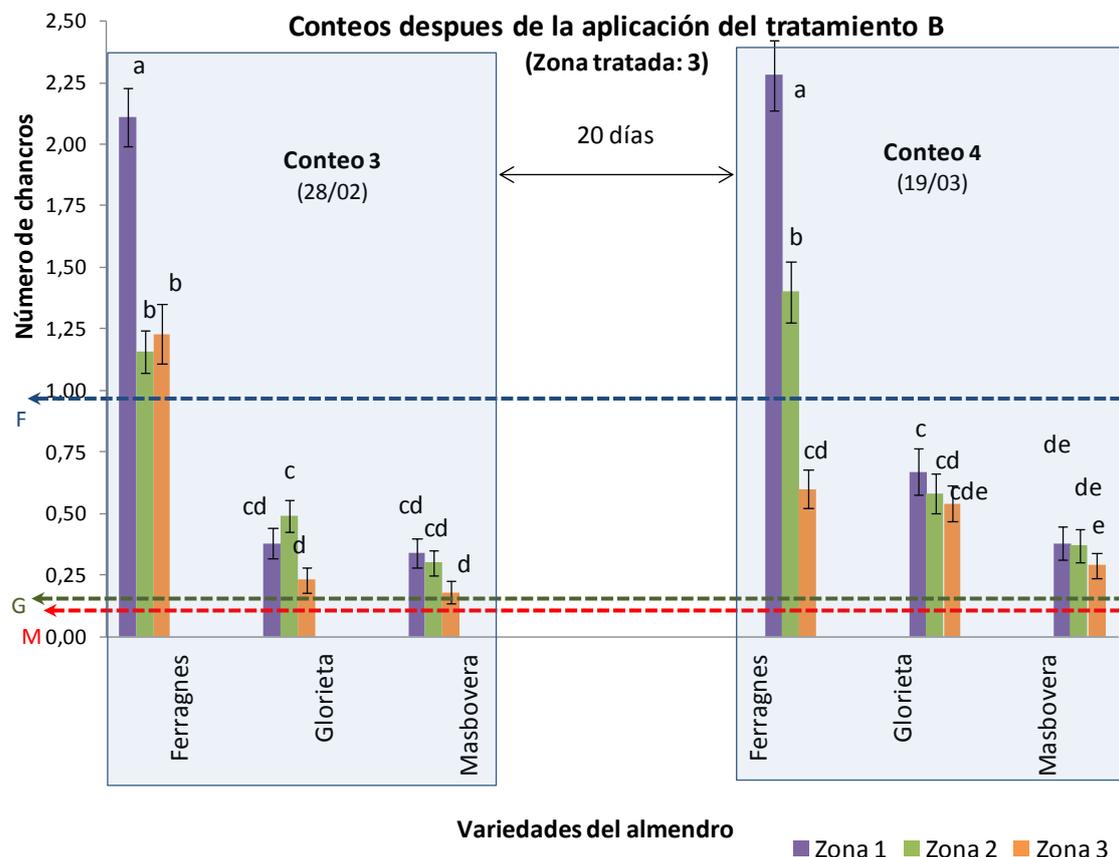
contradicen con los que comenta Deliopoulos et al. (2010) respecto a la baja efectividad de las sales inorgánicas. Sin embargo, estos autores comentaban que su integración en programas de gestión de patógenos podrían resultar positivos consiguiendo al mismo tiempo una reducción de los compuestos químicos más tóxicos, como los fungicidas convencionales de tipo orgánico. En nuestro estudio la aplicación de una sal inorgánica como el oxiclورو de cobre en un momento de baja actividad biológica del almendro, dentro de una estrategia integrada de uso de varios fungicidas durante el ciclo del almendro, resulta importante en la reducción de los primeros ataques del hongo, especialmente en las variedades más susceptibles, como es el caso de Ferragnes.

Figura 28: **Respuesta de patogenicidad de *P. amygdali* en variedades de almendro al tratamiento con oxiclورو de cobre.** Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) dentro de un mismo conteo. Las líneas discontinuas señalan valores del conteo inicial de las variedades control (sin tratar), la línea azul representa la variedad Ferragnes, la línea verde oliva representa la variedad Glorieta y por último la línea roja representa la variedad Masbovera. (Tratamiento A realizado el 10/12/2012).



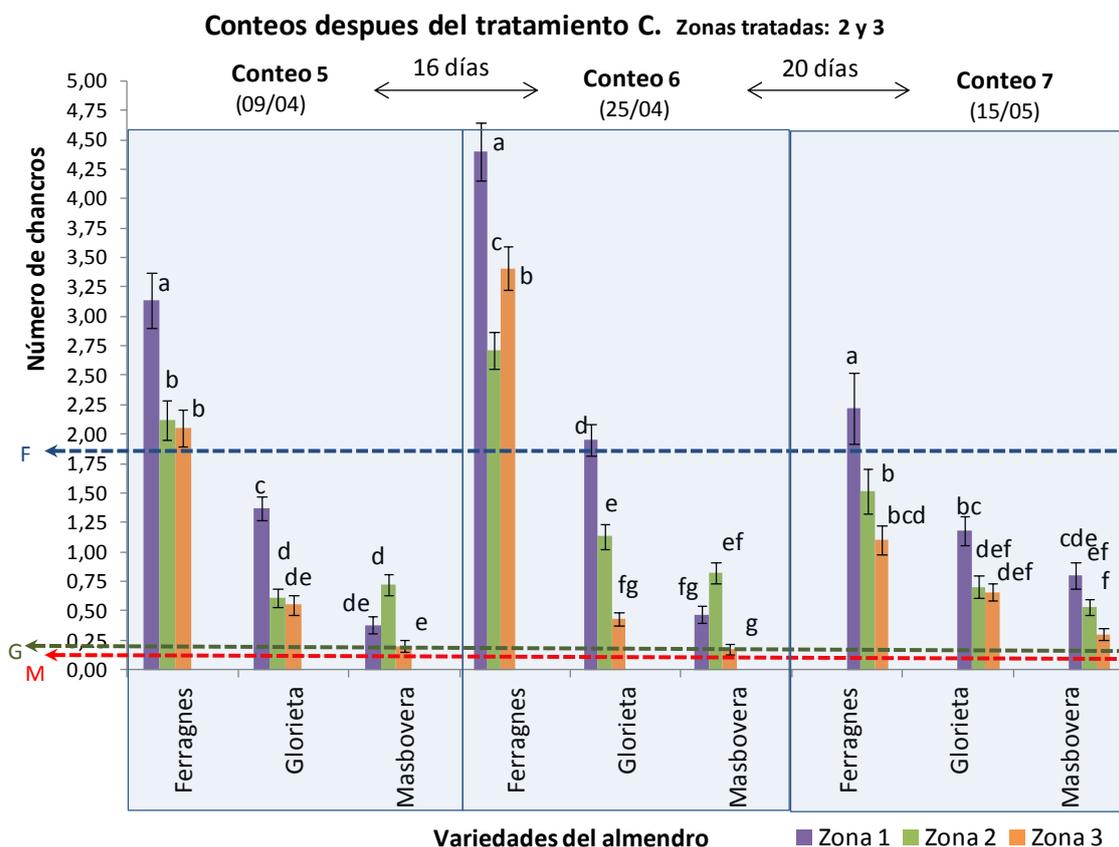
El tratamiento con Mancozeb en la fase de crecimiento (figura 29), aplicado en la zona 3, muestra una reducción significativa del número de chancros en la variedad Ferragnes que se manifiesta al mes de ser aplicado el tratamiento (conteo 4). En la misma figura podemos observar que tanto Glorieta como Masbovera incrementaron el número de chancros con respecto a los conteos anteriores. En general mancozeb no tiene un efecto significativo sobre el aumento del número de chancros observados en glorieta y masbovera.

Figura 29: **Respuesta de patogenicidad de *P. amygdali* en variedades de almendro al tratamiento con Mancozeb.** Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) dentro de un mismo conteo. Las líneas discontinuas señalan valores de referencia de las variedades control (sin tratar), la línea azul representa la variedad Ferragnes, la línea verde oliva representa la variedad Glorieta y por último la línea roja representa la variedad Masbovera. (Tratamiento B realizado el 15/02/2013)



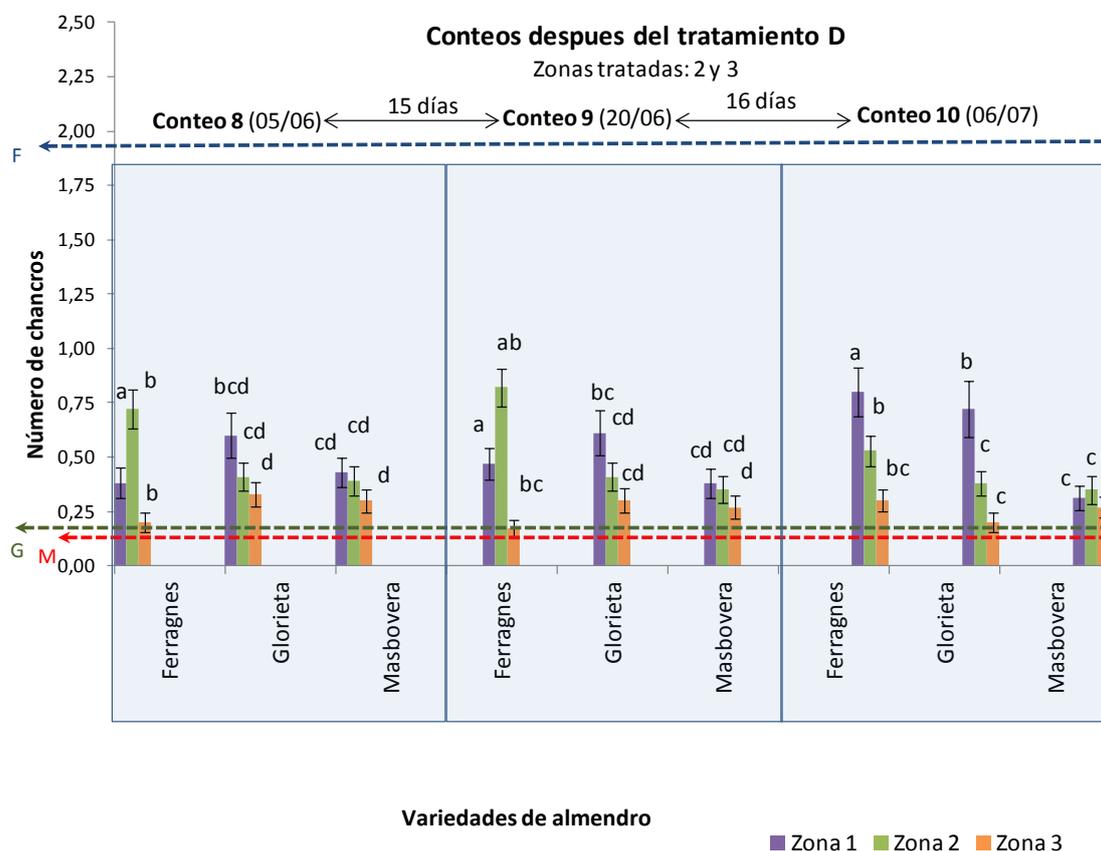
En general, en la figura 30 se observa que el tratamiento con captan tuvo efectos significativos en las tres variedades estudiadas al mes del tratamiento, cuando además el almendro se encuentra en su máxima actividad de crecimiento vegetativo y de los frutos.

Figura 30: **Respuesta de patogenicidad de *P. amygdali* en variedades de almendro al tratamiento con Captan.** Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) dentro de un mismo conteo. Las líneas discontinuas señalan valores de referencia de las variedades control (sin tratar), la línea azul representa la variedad Ferragnes, la línea verde oliva representa la variedad Glorieta y por último la línea roja representa la variedad Masbovera (Tratamiento C realizado el 23/03/2013).



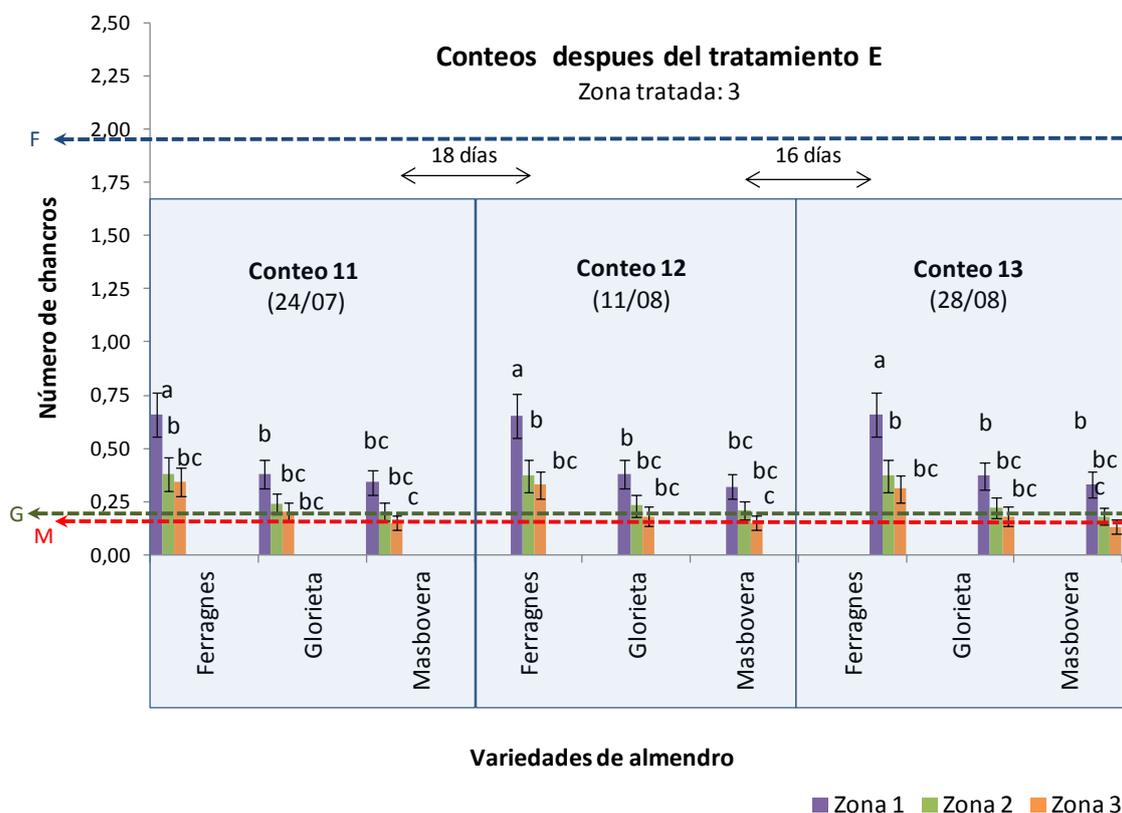
En los conteos 8 y 9, realizados después del tratamiento D (figura 31), se percibe un efecto claro del aumento de temperatura por la proximidad del verano que se manifiesta en una reducción del número de chancros en todas las zonas y variedades, tratadas y no tratadas. Disminución que va de un 50% a casi un 80% en Ferragnes, de un 50% en Glorieta y por debajo del 20% en Masbovera. Sin embargo, en el conteo 10, transcurridos 43 días después de la aplicación del tratamiento D se observa un efecto del mismo en las variedades Ferragnes y Glorieta.

Figura 31: Respuesta de patogenicidad de *P. amygdali* en variedades de almendro al tratamiento con Mancozeb y Ciproconazol. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) dentro de un mismo conteo. Las líneas discontinuas señalan valores de referencia de las variedades control (sin tratar), la línea azul representa la variedad Ferragnes, la línea verde oliva representa la variedad Glorieta y por último la línea roja representa la variedad Masbovera. (Tratamiento D realizado el 24/05/2013)



En general en la figura 32, que recoge los conteos tras el tratamiento E, con captan, se observa una tendencia de estabilidad en el número de chancros y la aplicación del tratamiento no parece tener efecto significativo en ninguna variedad excepto en Masbovera en el último conteo (casi al mes y medio de la aplicación), aunque este efecto significativo sobre la actividad del hongo podría deberse a otro tipo de factores como las altas temperaturas o el estado fenológico del árbol.

Figura 32: Respuesta de patogenicidad de *P. amygdali* en variedades de almendro al tratamiento con Captan. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) dentro de un mismo conteo. Las líneas discontinuas señalan valores de referencia de las variedades control (sin tratar), la línea azul representa la variedad Ferragnes, la línea verde oliva representa la variedad Glorieta y por último la línea roja representa la variedad Masbovera. (Tratamiento E realizado el 08/07/2013)



Las diferentes estrategias de tratamiento utilizadas en las zonas 2 y 3 resultan difíciles de comparar con otras estrategias en almendro, puesto que no existen a penas referencias bibliográficas acerca de tratamientos integrados de varios fungicidas contra *P. amygdali*. Solo existe referenciado estrategias de control a la incidencia de *P. amygdali* en almendro en 1997 con el trabajo de Tuset y colaboradores, que obtuvieron buenos resultados usando tres fungicidas (Benomilo, Metiltiofanato y Imazalil) con diferencias de efectividad entre ellos. Otro de los trabajos con los que podríamos comparar nuestros resultados son las estrategias utilizadas para las enfermedades de madera en viña (Darrietort y Lecomte, 2007 y Ryan, 2009). Por ejemplo Darrietort y Lecomte concluyen que se precisan más investigaciones y conocimientos de los factores

agronómicos que gobiernan el desarrollo de la enfermedad provocada por un hongo, en este caso de madera. Sobretudo entender la naturaleza errática de la expresión de los síntomas del hongo, algo que resulta evidente en nuestro estudio puesto que existen respuestas a los tratamientos observados en la incidencia del número de chancros que no obedece a una lógica de acción-reacción del fungicida sobre el hongo. Por otro lado Ryan (2009) encontraba diferentes momentos de susceptibilidad del hongo (estaciones del año), así como una diferente efectividad de los fungicidas según los hongos estudiados. Estos resultados de Ryan serían aplicables a los encontrados en nuestro estudio donde existe una diferente susceptibilidad según el momento vital del ciclo, como por ejemplo cuando se aplica el captan que resulta más efectivo en primavera que en verano.

Otra posible explicación de la diferente respuesta de las variedades al tratamiento con captan viene dada propiamente por las características de vigorosidad y floración de las tres variedades y en especial por la susceptibilidad al hongo. La falta de respuesta observada en Ferragnes al Captan podría deberse a que el hongo haya desarrollado una resistencia parcial al fungicida. Hay que tener en cuenta que Ferragnes es una variedad comercial del INRA utilizada mayoritariamente desde los años ochenta, que actualmente representa más del 60 % del total de la producción (Benito Calvo y Díaz Gómara, 2011). Con lo cual, la mayor extensión del cultivo de Ferragnes podría haber desencadenado una “memoria en respuesta al uso de captan” que potenciara una mayor resistencia. Al ser Ferragnes una variedad muy sensible al ataque del *Phomopsis amygdali*, esta resistencia parcial que estaría desarrollando el hongo podría ser suficiente para contrarrestar los efectos fungicidas de dicha materia activa.

La resistencia de hongos a fungicidas como el captan está documentada desde hace más de cinco décadas (Parry y Wood, 1959), e incluso más tarde se conocieron los posibles mecanismos de resistencia al captan (Barak y Edgington, 1984).

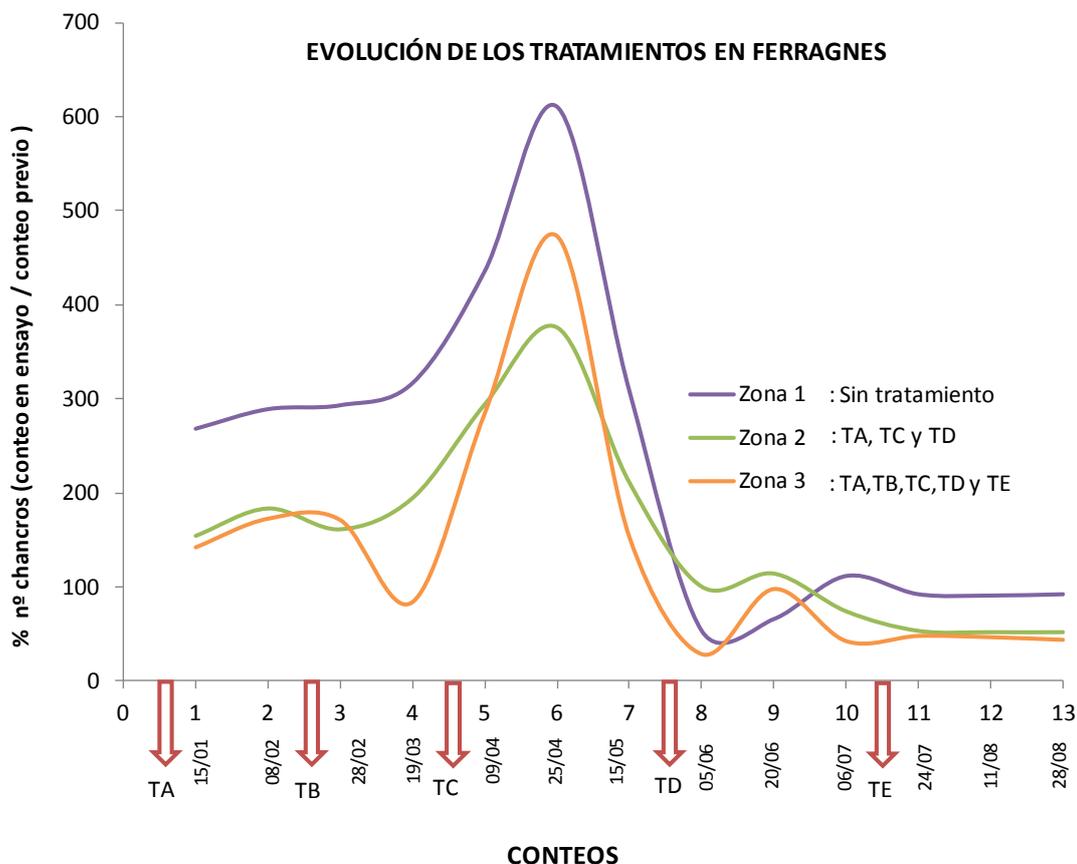
Con respecto a la aplicación de fungicidas utilizados en diferentes momentos en las zonas 2 y 3 y las respuesta observadas habría que tener en cuenta que algunos de ellos como es el caso de Mancozeb, que además no ha tenido un efecto aparente de control, podrían resultar potencialmente con efectos más adversos que ventajosos. Puesto que Schmidt-Heydt y col., (2013) reportaron recientemente que fungicidas como el Mancozeb son capaces de inducir síntesis de micotoxinas. Además de otros efectos adversos que es conocido provocan los productos fitosanitarios en el medio ambiente. Es por ello que actualmente la tendencia en uso de fitosanitarios (herbicidas, fungicidas, insecticidas, etc.) va dirigida hacia una gestión integrada de plagas y enfermedades, como refleja el trabajo realizado en almendros de California sobre los riesgos de pesticidas en el medioambiente colindante (Zhan y Zhang 2014).

Evolución del porcentaje del número de chancros en las variedades ensayadas

La dinámica del número de chancros en Ferragnes a lo largo del ciclo fisiológico del almendro durante el ensayo (de diciembre a agosto), sigue una misma tendencia (figura 33). Existe un crecimiento exponencial del número de chancros a partir del conteo 4 (marzo) llegando a su máximo en el conteo 6 (abril), que concuerda con una fase de máxima actividad (crecimiento exponencial). A partir del punto máximo del número de chancros (conteo 6) se produce una reducción drástica en todas las zonas (los tres ensayos), hasta el conteo número 8 que coincide con el aumento de temperatura.

Los tratamientos en Ferragnes ensayados en la zona 2 y 3 muestran un efecto de reducción significativa con respecto al control fundamentalmente en la primera mitad de los conteos (del 1 al 6), ver figura 33. Con reducciones significativas entorno al 55-60% del conteo 1 al 3, sin diferencias significativas entre los tratamientos ensayados en las zonas 2 y 3. Únicamente se observan diferencias entre las zonas tratadas 2 y 3 en el conteo 4 y 6. Mientras en el conteo 4 la mayor reducción del número de chancros aparece en la zona 3 con un porcentaje del 75% respecto a la zona 1 (sin tratar), frente a un 40% de disminución en la zona 2, sin embargo en el conteo 6 el efecto de los fungicidas en las zonas 2 y 3 se da al contrario. Esto podría ser provocado por la aplicación de los tratamientos, en el caso de la zona 2 la máxima reducción se aprecia después de la aplicación de TC y en el caso de la zona 3 después del TB.

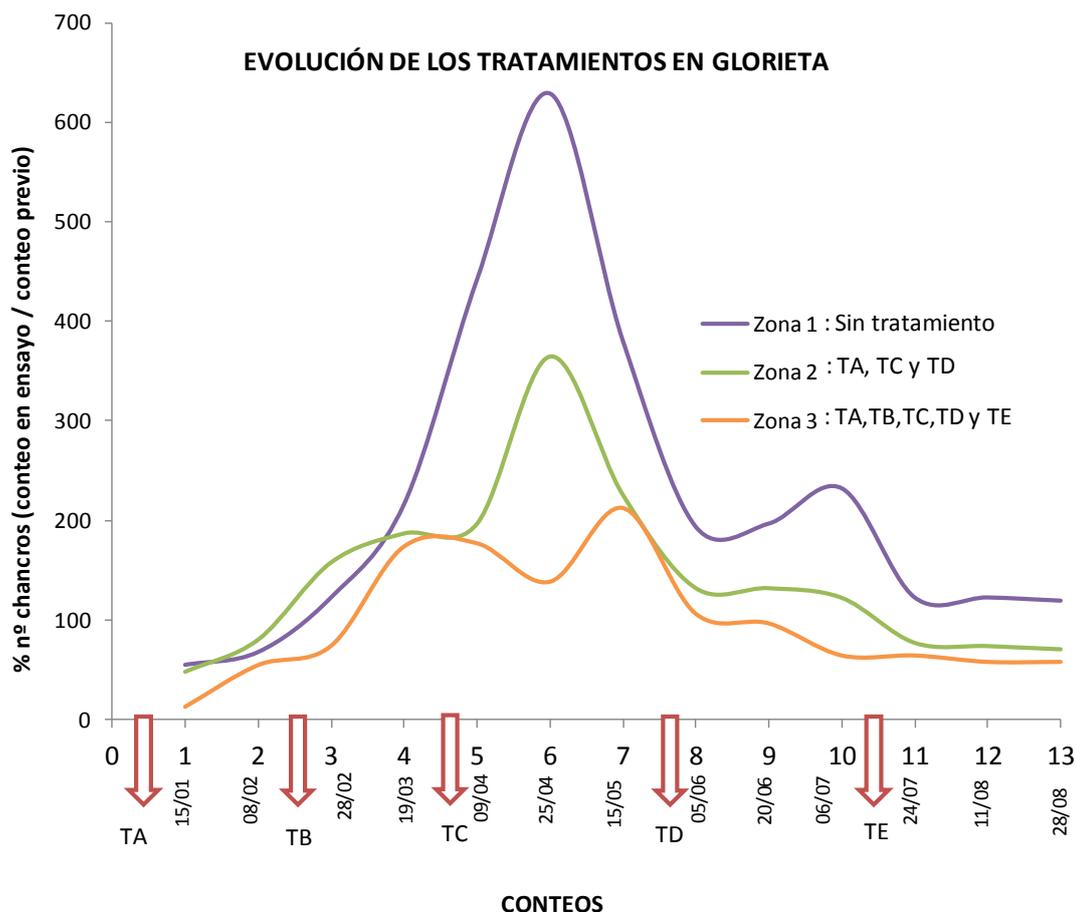
Figura 33: Evolución del porcentaje del número de chancros por conteo en Ferragnes de las diferentes zonas con respecto al número de chancros anterior al ensayo.



Al igual que ocurre en Ferragnes, también en Glorieta se muestra una homogeneización en el comportamiento del porcentaje del número de chancros en el tiempo, en las zonas tratadas (2 y 3) y no tratadas (1). Igualmente el porcentaje máximo de chancros se encuentra en el conteo 6, para las zonas 1 y 2, no ocurre así con la zona 3 donde el máximo se desplaza hasta el conteo 7. En el momento máximo de manifestación de patogenicidad de *P. amygdali* (entre finales de abril-mayo), los tratamientos efectuados en la zona 2 (TA y TC) disminuyen alrededor de un 50% el número de chancros, mientras que en la zona 3 (TA, TB y TC) se alcanza aproximadamente un 80% de reducción. En las últimas etapas de tratamientos, de mayo a agosto (del conteo 7 al 13), se observa una clara disminución en el número de chancros debido en los

tratamientos efectuados en las zonas 2 y 3 respecto a la zona sin tratar (1). La disminución del número de chancros en el conteo 10 con respecto a la zona 1 (no tratada) llega a ser de un 75% en la zona 3 y de un 50 % en la zona 2.

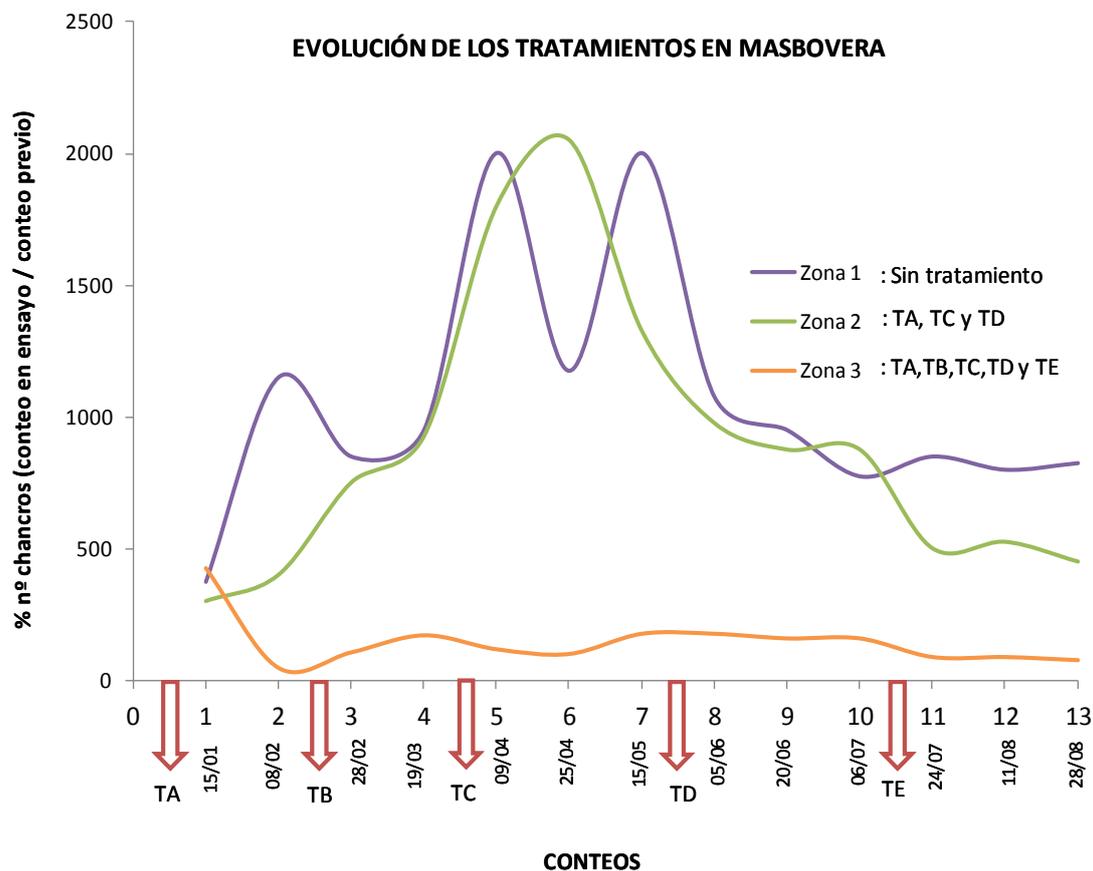
Figura 34: Evolución del porcentaje del número de chancros por conteo en Glorieta de las diferentes zonas con respecto al número de chancros anterior al ensayo.



A diferencia de las dos variedades anteriores, Ferragnes y Glorieta, en la variedad Masbovera no se observa una evolución uniforme del número de chancros comparando las zonas 1, 2 y 3 (la zona control y las dos estrategias). En esta variedad la estrategia de gestión de los tratamientos de la zona 3 (la más completa) presenta la mayor efectividad en la lucha contra *P. amygdali*, alcanzando valores prácticamente nulos del número de chancros. En cambio la

planificación de los tratamientos de la zona 2 parece, en general inapreciable con respecto a la zona no tratada (1).

Figura 35: Evolución del porcentaje del número de chancros por conteo en Masbovera de las diferentes zonas con respecto al número de chancros anterior al ensayo.



IV.2 Resultados y discusión del ensayo de eficacia de fungicidas *in vitro*

Los datos medios de crecimiento micelial respecto al control sirvieron para calcular la CE50 mediante una regresión lineal.

La concentración efectiva media, es un parámetro habitualmente utilizado en los estudios toxicológicos que se define como concentración de una sustancia en el medio, que se espera que produzca un determinado efecto en el 50% de

los organismos de experimentación de una población dada, bajo un conjunto de condiciones definidas.

En nuestro caso, esta CE_{50} es la concentración de fungicida que causa una reducción del crecimiento de un 50% respecto al control.

Para ello se aplicó la siguiente fórmula para los datos obtenidos de cada una de las combinaciones fungicida-concentración ensayadas:

$$\% \text{ crecimiento respecto al control} = 100 \times (a-b) + (c-b)$$

a= promedio de diámetros de crecimiento miceliar en placa con fungicida

b = 0,8 mm (diámetro de la porción de agar repicada, determinada por el sacabocados utilizado)

c= promedio de diámetros de crecimiento miceliar en placa control, sin fungicida

Tabla 9- Valores medios de % de crecimiento miceliar de *Phomopsis amygdali* respecto al control y cálculo de la concentración efectiva media CE_{50} para los fungicidas ensayados *invitro*.

Fungicidas	% crecimiento respecto al control				Regresión lineal	CE 50
	0,1ppm	1ppm	10ppm	100ppm		
Oxicloruro Cu	107,49	92,20	83,30	74,83		>100ppm
Captan	104,07	83,96	-8,02	-15,59	Y= -10,22x + 94,185	4,32ppm
Ciproconazol	52,25	50,33	-17,37	-17,82	Y= -7,5229x + 57,857	1,04ppm
Mancozeb	93,54	84,19	23,16	-13,36	Y= -6,7805x + 90,968	6,04ppm
Tiram	99,44	96,09	61,73	11,73	Y= -0,5556x + 67,287	31,11ppm
Metil tiofanato	108,66	-24,58	-24,86	-26,26	Y= -148,04x + 123,46	0,49ppm

Se observa en la tabla anterior que el oxicloruro de cobre no tiene efecto sobre el crecimiento miceliar de *Phomopsis amygdali* respecto al control, de hecho, creció más que éste.

Del resto de fungicidas, los sistémicos, Ciproconazol y Metiltiofanato resultan muy tóxicos para el crecimiento del hongo, mientras que de los de contacto el más tóxico es el Captan, con una CE_{50} de 4,32 ppm, seguido del Mancozeb, y del Tiram, éste con una CE_{50} elevada, concretamente de 31,11 ppm.

En resumen, teniendo en cuenta la toxicidad para el crecimiento micelial de *Phomopsis amygdali* en ensayo *in vitro* los fungicidas ensayados quedarían ordenados de mayor a menor toxicidad para el hongo como sigue:

Metil tiofanato > Ciproconazol > Captan > Mancozeb > Tiram

En cambio el cobre no tiene efecto sobre el crecimiento micelial.

Estos resultados coinciden con lo esperado, dado que las sales de cobre y el Tiram se consideran fungicidas preventivos. De hecho, el oxiclورو de cobre no ha tenido efecto alguno sobre el crecimiento micelial, ya que su función es protectora inhibiendo la germinación de esporas. Es por esto que las sales de cobre se recomiendan como fungicidas preventivos en los tratamientos iniciales, para evitar la germinación de las esporas en lo que serían las infecciones primarias.

Sin embargo, los fungicidas, sistémicos, considerados comúnmente como curativos, han mostrado una reducción muy notable del crecimiento micelial a baja concentraciones *in vitro*.

El fungicida que resulta más efectivo si tenemos en cuenta que alcanza la CE_{50} con la más baja concentración de materia activa es el metiltiofanato, el cual actualmente no está autorizado en almendro, aunque sin embargo sí lo está, en su formulación 45% SC, en frutales de hueso del género *Prunus* (albaricoquero, ciruelo, melocotonero y nectarino).

Los resultados obtenidos en el ensayo *in vitro* no concuerdan al 100% (como es el caso de las sales de cobre y el ciproconazol) con los obtenidos en campo, podría deberse a las condiciones controladas del ensayo *in vitro* frente al efecto del tratamiento con fungicidas y la influencia de las variedades ensayadas, ambos afectados por las condiciones ambientales variables (temperatura, radiación solar, humedad, viento..) y las condiciones fisiológicas y nutricionales del árbol (condiciones de gestión del suelo y manejo de la plantación).

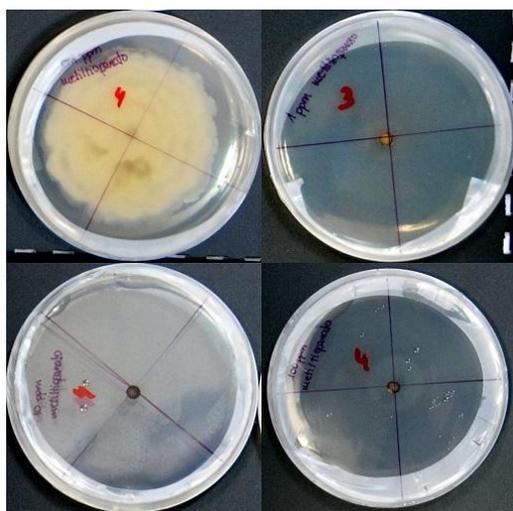


Figura 36 – Placas del ensayo; evolución del Metiltiofanato (0'1, 1, 10 y 100 ppm)

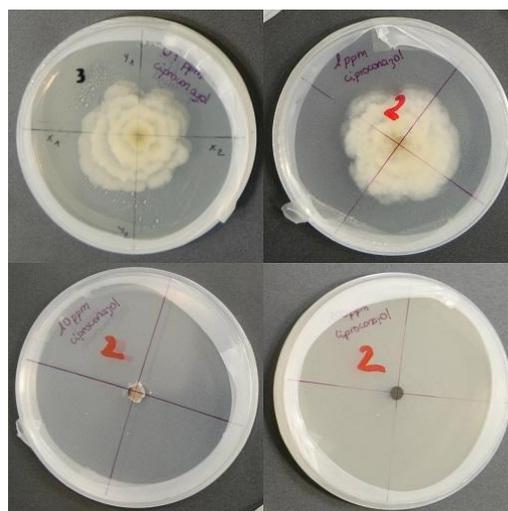


Figura 37 – Placas del ensayo; evolución del Ciproconazol (0'1, 1, 10 y 100 ppm)

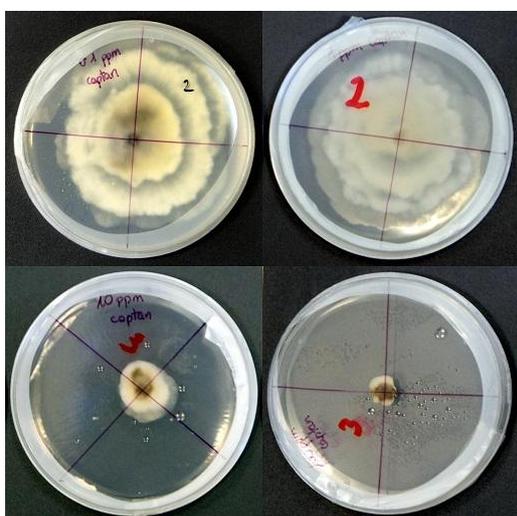


Figura 38 – Placas del ensayo; evolución del Captan (0'1, 1, 10 y 100 ppm)

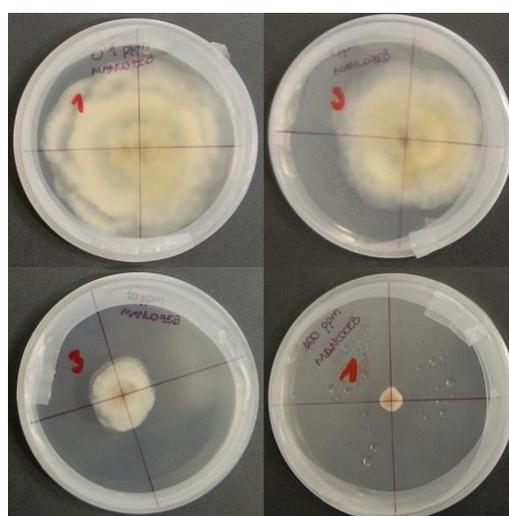


Figura 39 – Placas del ensayo; evolución del Mancozeb (0'1, 1, 10 y 100 ppm)

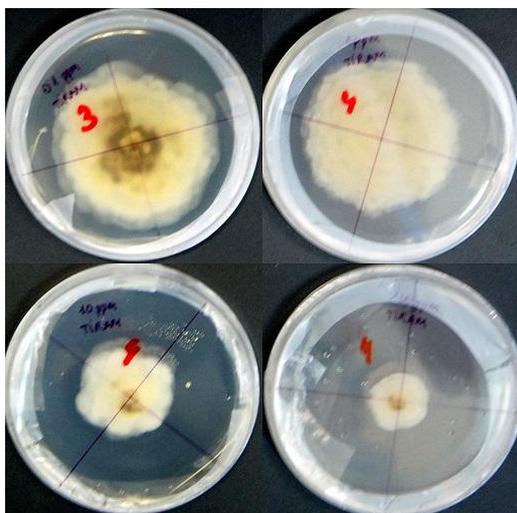


Figura 40 – Placas del ensayo; evolución del Tiram (0'1, 1, 10 y 100 ppm)

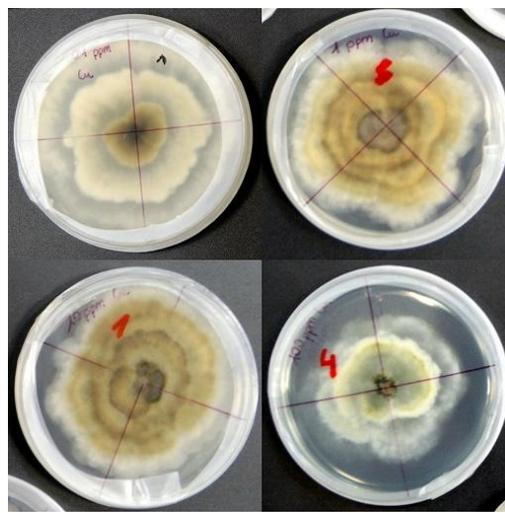


Figura 41 – Placas del ensayo; evolución del Oxicloruro de cobre (0'1, 1, 10 y 100 ppm)

V. CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

- Existe un factor genético importante de las variedades en respuesta a los tratamientos con fungicidas en campo. Siguiendo este orden: Ferragnes > Glorieta > Masbovera. (alcanzando reducciones en el número de chancros de 80%, 50% y 20%, respectivamente).
- La utilización del oxiclورو de cobre como tratamiento preventivo puede ser buena en la reducción del número de chancros en variedades susceptibles como Ferragnes.
- El uso de Captan en el momento de máxima expresión del hongo resulta muy efectivo para el control del mismo.
- La acumulación de varios tratamientos a lo largo del ciclo del almendro favorece un adelanto en el tiempo de acción de un determinado fungicida en variedades altamente susceptibles.
- El aumento de temperatura (al inicio del verano) tiene una influencia positiva en frenar la actividad del hongo, sin tener conocimiento de si realmente existe una reducción del número de chancros o si es que no proliferan más.
- El efecto de los fungicidas se expresa a largo plazo (entre 20-45 días), dependiendo de la variedad ensayada.
- La evolución de los porcentajes del número de chancros en Ferragnes resaltan la importancia de utilizar estrategias de tratamiento basadas en la disminución en el uso de fungicidas, que se refleja en los resultados satisfactorios obtenidos en la zona 2 (con menores tratamientos), con respecto a la zona 3.
- En Glorieta y Masbovera la estrategia de los tratamientos de la zona 3 resulta muy efectiva en reducción del porcentaje del nº de chancros (con un

75% de reducción en Glorienta y llegando a valores prácticamente nulos en Masbovera).

- En Ferragnes existe un momento claro de estudio que se concreta en la primera mitad del ciclo ensayado (de diciembre a mayo) en el que se debe profundizar en la utilización de otros tipos de mecanismos de control del hongo (poda, control biológico y fungicidas de bajo costo (económico/ambiental). Los datos obtenidos de la evolución del número de chancros en glorieta precisan otros estudios para optimizar el momento de aplicación de los fungicidas...
- Se ha comprobado la toxicidad de diversos fungicidas contra el crecimiento miceliar *in vitro*, siendo el Metiltiofanato el más tóxico contra el hongo de los fungicidas ensayados, seguido del Ciproconazol, ambos fungicidas sistémicos. El oxiclورو de cobre no ha tenido efecto sobre el crecimiento miceliar.

V.1 PERSPECTIVAS DE FUTURO

- Continuar estudios en campo a largo plazo para incluir más de un ciclo de cultivo del almendro en el estudio de la enfermedad.
- Evaluar la influencia de diferentes factores agronómicos y climáticos en la manifestación de la enfermedad.
- Estudiar la influencia de la temperatura en el desarrollo del hongo y la enfermedad.
- El Metil tiofanato, no está actualmente autorizado en almendro, aunque sí en frutales del género *Prunus*. Consideramos que se debería seguir estudiando esta materia activa para poder ampliar su registro al almendro.

VI. BIBLIOGRAFÍA

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ANÓNIMO, (2009). Butlletí de Sanitat Vegetal, Agost. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Palma de Mallorca, España.
- ANÓNIMO, (2011 a). Butlletí de Sanitat Vegetal, Gener. Conselleria de Presidència. Palma de Mallorca, España.
- ANÓNIMO, (2011 b). Butlletí de Sanitat Vegetal, octubre. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori. Palma de Mallorca, España.
- ANÓNIMO, (2013). Anuario de Estadística Agraria 2011. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, España.
- AGUSTI, M. (2004). Fructicultura. Ed. Mundi-prensa. Madrid.
- BARAK, E. Y EDGINGTON, LL. V. (1984). Glutathione synthesis in response to captan: a possible mechanism for resistance of *Botrytis cinerea* to the fungicide. Pesticide Biochemistry and physiology. Volumen 7. Pages 531-546. December 1977.
- BENITO CALVO A. Y DÍAZ GÓMARA, E., 2011. Almendro. Resultados de 12 años de experimentación con variedades. Navarra-agraria. Julio-Agosto. Pg 22-26.
- CABRITA, L., NEVES, A. Y LEITAO, J. (2004). Evaluation of resistance to *Phomopsis amygdali* in almond. En XI Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics. (Laurens, F. y Evans, K., Editores). ISHS Acta Horticulturae 663. 2 Volúmenes. Angers, Francia.
- DARRIEUTORT, G. Y LECOMTE, P. (2007). Evaluation of trunk injection technique to control grapevine Wood diseases. Phytopathology Mediterranean. 46, 50-57.
- DELIOPOULOS, T., KETTLEWELL, P.S, HARE, M.C. (2010). Fungal disease suppression by inorganic salts. Crop Protection. 29 (10), 1059-1075.

- FAOSTAT. DIVISIÓN DE ESTADÍSTICA DE LA FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Disponible *online*: <http://faostat.fao.org> (Consulta:17 de abril de 2013)
- FELIPE, J.A. (2000). El almendro: I el material vegetal. Ed. Mira, Zaragoza, España. 464pp.
- GRASSELLY, C. Y CROSSA-RAYNAUD, P.(1984). El almendro. Ed. Mundi-prensa. Madrid.
- GRAMAJE, D., AGUSTÍ-BRISACH, C., PÉREZ-SIERRA, A., MORALEJO, E., OLMO, D., MOSTERT, L., DAMM, U., ARMENGOL, J. 2012 Fungal trunk pathogens associated with wood decay of almond trees on Mallorca (Spain) *Persoonia* 28,1–13
- IBAR, L. (1985). Cultivo del almendro moderno. Ed. Aedos. Barcelona.
- PARRY, K.E. Y WOOD, R.K.S.(1959), The adaptation of fungi to fungicides: adaptation to captan. *Annals of Applied Biology*, 47: 1-9. Doi: 10.1111/j.1744-7348.1959.tb02518.x
- RALLO, J. (1997) Arranque y nueva plantación III parte. En V jornadas del almendro y algarrobo. Taller gràfic ramon. P.M.
- RALLO, J. Y SACARÉS, J. 1997. La història de l'ametler a Mallorca Mitjançant la bibliografia. Ed. De pinte en Ample. Lluçmajor, España. 52 pp.
- RYAN, H (2009). Control strategies for trunk of Grapevine (*vitis vinifera* L.). Tesis de master. Department of plant pathology, UC Davis, California. 57pp.
- SCHMIDT-HEYDT, M., STOLL,D. Y GEISEN, R. (2013) Fungicides effectively used for growth inhibition of several fungi could induce mycotoxin biosynthesis in toxigenic species. *International Journal of Food Microbiology*. 166 (3), 407-412.
- SMITH, I.M.(1992). Manual de enfermedades de las plantas. Ed Mundi-prensa. Madrid.

TUSET, J. (2000). Chancros en ramos causados por *Phomopsis* spp. en MONTESINOS, E., MELGAREJO, P., CAMBRA, M. A. Y PINOCHET, J. Enfermedades de los frutales de pepita y hueso. Ed. Mundi-prensa. Madrid.

TUSET, J.J., HINAREJOS, C. Y PORTILLA, M.T. (1997). Incidence of *Phomopsis amygdali*, *Botryosphaeria berengeriana* and *Valsa cincta* diseases in almond under different control strategies. EPPO bulletin, 27: 449-454. Doi:10.1111/j.1365-2338.1997.tb00664.x

VARGAS, F.J Y MIARNAU, X. (2011). Field susceptibility to fusisporium canker of almond cultivars. En V International Symposium on Pistachios and Almonds (Wirthensohn, B.E. Ak,M., Gradziel, T., Editores). ISHS Acta Horticulturae 912. 2 volumen. Sanliurfa, Turkey.

ZHAN, Y. Y ZHANG, M. (2014). Spatial and temporal patterns of pesticide use on California almonds and associated risks to the surrounding environment. Science of the total environment. Volumen 472, pg 517-529.

Fuentes electrónicas:

http://www.unio-pagesos.net/noticia_item.php?id=124

<http://www.arbolesymedioambiente.es/almendros.html>

<http://www.irta.cat/>

VII. ANEXOS

Coste de los tratamientos del ensayo de campo
Fichas de registro de los fungicidas utilizados en el ensayo.

COSTE DE LOS TRATAMIENTOS DEL ENSAYO DE CAMPO

Fungicida	€/kg	Tratamientos A+C+D kg/ha	Tratamientos A+C+D (€/ha)	Tratamientos A+B+C+D+E kg/ha	Tratamientos A+B+C+D+E (€/ha)
Oxicloruro de cobre	7,478	5	37,39	5	37,39
Mancozeb	6,372	4	25,488	8	50,976
Captan	8,248	3	24,744	6	49,488
Ciproconazol	158,29	0,2	31,658	0,2	31,658
Total €/ha			119,28		169,512

Tractorista + combustible

Precio por hora	50 €
Horas de trabajo por ha	0,5
Total €/ha	25

Coste total (€/ha)	
Tratamientos A+C+D	144,28
Tratamientos A+B+C+D+E	194,51