

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



Evaluación de tratamientos fungicidas en el almendro para la protección de heridas de poda frente a la infección por Botryosphaeriaceae spp.

TRABAJO FIN DE GRADO EN
Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Natural

ALUMNO: D. VÍCTOR SERRA MARTÍNEZ

TUTOR: Dr. JOSEP ARMENGOL FORTÍ

Curso Académico: 2014/2015

VALENCIA, julio del 2015

Tipo Licencia



TÍTULO

EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS FUNGICIDAS EN EL ALMENDRO PARA LA PROTECCIÓN DE HERIDAS DE PODA FRENTE A LA INFECCIÓN POR BOTRYOSPHAERIAEAE SPP.

RESUMEN

Las enfermedades causadas por hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae son un grave problema que afecta al cultivo del almendro, causando decaimiento y muerte de ramas. En este trabajo se estudió el efecto de cinco materias activas fungicidas (Boscalida, Mancozeb, Metil-tiofanato, Piraclostrobin, y Tebuconazol) para la protección de heridas de poda. El ensayo se realizó en condiciones de invernadero sobre plantas del cultivar Ferragnes. Para ello se realizaron 240 cortes de poda (240 plantones) e inmediatamente después en las heridas se aplicaron los fungicidas, posteriormente éstas se inocularon con 4 especies fúngicas (*Diplodia seriata*, *Neofusicoccum mediterraneum*, *N. luteum*, y *N. parvum*) a 1 y 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas. En el estudio se incluyeron controles sin tratar. En general, todos los fungicidas aplicados para la protección de heridas de poda frente la infección por Botryosphaeriaceae spp. perdieron eficacia con el tiempo transcurrido desde el momento del tratamiento. De las cinco materias activas evaluadas para la protección de heridas de poda frente la infección por Botryosphaeriaceae spp., los fungicidas Metil-tiofanato y Mancozeb fueron los más eficaces, seguidos en menor medida por el Tebuconazol. El resto de materias activas Piraclostrobin y Boscalida fueron las menos eficaces. De las cuatro especies fúngicas inoculadas, *Neofusicoccum luteum* fue la menos sensible a los tratamientos fungicidas cuando la inoculación se realizó 1 día después de la poda y aplicación de fungicidas, mientras que a los 7 días no se observaron diferencias entre especies fúngicas.

Palabras clave: Almendro, Botryosphaeriaceae spp., fungicidas, protección de heridas de poda.

Alumno: D. Víctor Serra Martínez

Prof. Dr. Josep Armengol Fortí

Valencia, Julio del 2015

ABSTRACT

Diseases caused by fungi belonging to the family Botryosphaeriaceae are considered one of the main problems of almonds crops, causing decline and death of branches. In this work the effect of five fungicides (Boscalid, Mancozeb, Thiophanate-methyl, Pyraclostrobin, and Tebuconazole) was studied for the protection of pruning wounds. The trial was conducted in a greenhouse on plants of the cultivar Ferragnes. For this purpose 240 pruning cuts (240 plants) were made, fungicides were applied immediately in the wounds, and then they were inoculated with 4 fungal species (*Diplodia seriata*, *Neofusicoccum mediterraneum*, *N. luteum* and *N. parvum*) at 1 and 7 days after pruning and fungicide application. In general, all fungicides applied to protect pruning wounds against the infection caused by Botryosphaeriaceae spp. lost effectiveness over time from the time of treatment. Of the five active substances evaluated Methyl-thiophanate and Mancozeb were the most effective, followed by lesser extent for Tebuconazole. The other active substances Pyraclostrobin and Boscalid were the least effective. Of the four fungal species inoculated *Neofusicoccum luteum* was less sensitive to the fungicide treatments when the inoculation was done 1 day after pruning and fungicide application, while at 7 days no differences were observed between fungal species.

Keywords: Almond, Botryosphaeriaceae spp., fungicides, pruning wound protection.

Student: D. Víctor Serra Martínez

Prof. Dr. Josep Armengol Fortí

Valencia, July 2015

Agradecimientos

En primer lugar agradecer a Josep Armengol Fortí, tutor de este trabajo fin de grado, por la oportunidad que me ha brindado para realizar este trabajo con él, por su ayuda, dedicación, y disponibilidad, así como el aprendizaje y motivación recibida, y su pasión hacia la patología vegetal.

Agradecer a mis padres por su incondicional apoyo y aprendizaje que han hecho durante todos estos años tanto emocional como moralmente, y por a haber hecho posible este sueño.

Agradecer a mi hermano por haberme despertado el interés y curiosidad hacia la ciencia desde pequeño.

Quisiera agradecer también, al resto de familiares, tíos, primos (...), especialmente a mi Madrina por su apoyo y ánimos durante estos años.

Y por último, agradecer el apoyo de todos mis amigos y mis compañeras de piso en los momentos más duros y hacerme seguir hacia delante.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
I. 1 El almendro	1
I. 1.1 Origen y difusión	1
I. 1.2 Taxonomía y morfología del almendro.....	2
I. 1.3 Fisiología del almendro.....	4
I. 1.4 Cultivo.....	6
I. 2. Importancia del almendro.....	13
I. 2.1 Importancia del cultivo del almendro en el mundo	13
I. 2.2 Importancia y evolución del cultivo del almendro en España	14
I. 3. Principales enfermedades fúngicas del almendro.....	16
I. 3.1 Podredumbres del cuello y raíz.....	16
I. 3.2 Chancros y enfermedades de la madera.....	16
I. 3.3 Enfermedades vasculares	17
I. 3.4 Enfermedades foliares, de flores y frutos	17
I. 3.5 La problemática de la seca y muerte de almendros en la isla de Mallorca. ...	17
II. OBJETIVOS	19
III. Evaluación de tratamientos fungicidas en el almendro para la protección de heridas de poda frente a la infección por Botryosphaeriaceae spp.	20
III. 1. Materiales y métodos.	20
III. 1.1 Material vegetal.....	20
III. 1.2 Fungicidas	20
III. 1.3 Especies fúngicas inoculadas y preparación del inóculo	23
III. 1.4 Diseño del experimento.....	23
III. 1.5 Evaluación.....	24
III. 2.Resultados.....	25
III. 2.1 Resultados de la inoculación a 1 día después de la poda y aplicación de fungicidas.	26
III. 2.2 Resultados de la inoculación a 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas.	28

III. 3 Discusión	31
IV. Conclusiones	35
V. BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ranking mundial de los principales productores de almendra con cáscara ...	13
Tabla 2: Características de los fungicidas utilizados en la evaluación de tratamientos fungicidas para la protección heridas de poda frente a la infección por Botryosphaeriaceae spp.	22
Tabla 3: Aislados fúngicos utilizados en la inoculación.	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de la superficie total del cultivo del almendro (miles de hectáreas)	14
Figura 2: Evolución de la producción de almendra (con cáscara) (miles de toneladas).	15
Figura 3: Evolución del precio por tonelada de almendra con cáscara expresada en euros .	15
Figura 4: Síntomas de la seca y muerte de almendros en la isla de Mallorca: (A, B y C) almendros con ramas secas, síntomas característicos provocados por especies fúngicas de la familia Botryosphaeriaceae. (D y E) secciones transversales de una rama de almendro que muestra necrosis provocadas por hongos de la familia Botryosphaeriaceae.	18
Figura 5: Comparación de las medias del porcentaje de aislamiento de hongos de la familia Botryosphaeriaceae respecto a la inoculación a un día (1d) y a siete días (7d) después de la poda y aplicación de fungicidas.	26
Figura 6: Comparación de las medias del porcentaje de aislamiento de hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae respecto al tipo de fungicida utilizado para la inoculación a 1 día después de la poda y tratamiento con fungicidas. Boscalida (BOS), Mancozeb (MAN), Metil-tiofanato (MET), Piraclostrobin (PIR), Tebuconazol (TEB) y Control (CON).	27
Figura 7: Comparación de las medias del porcentaje de aislamiento de las especies fúngicas pertenecientes a la familia de la Botryosphaeriaceae utilizadas en la inoculación a día 1 después de la poda y aplicación de fungicidas. Hongos utilizados: <i>Diplodia seriata</i> (DS), <i>Neofusicoccum mediterraneum</i> (NM), <i>N. luteum</i> (NL) y <i>N. parvum</i> (NP).	28
Figura 8: Comparación de las medias de porcentaje de aislamiento de hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae respecto al tipo de fungicida utilizado para la inoculación a 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas. Boscalida (BOS), Mancozeb (MAN), Metil-tiofanato (MET), Piraclostrobin (PIR), Tebuconazol (TEB) y Control (CON).	29
Figura 9: Comparación de las medias de porcentaje de aislamiento de las especies fúngicas pertenecientes a la familia de la Botryosphaeriaceae utilizadas en la inoculación a 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas. Hongos: <i>Diplodia seriata</i> (DS), <i>Neofusicoccum mediterraneum</i> (NM), <i>N. luteum</i> (NL), y <i>N. parvum</i> (NP).	30
Figura 10: Interacción hongo-fungicida respecto al porcentaje de aislamiento de hongos pertenecientes a la familia de la Botryosphaeriaceae en la inoculación a 7 días después de la poda y la aplicación de fungicidas. Fungicidas: Boscalida (BOS), Mancozeb (MAN), Metil-tiofanato (MET), Piraclostrobin (PIR), Tebuconazol (TEB) y Control (CON). Hongos: <i>Diplodia seriata</i> (DS), <i>Neofusicoccum mediterraneum</i> (NM), <i>N. luteum</i> (NL), y <i>N. parvum</i> (NP).	30

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

I. 1 El almendro

I. 1.1 Origen y difusión

El almendro [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb] es una especie típicamente de clima mediterráneo. Por lo tanto, su cultivo se encuentra localizado principalmente en la cuenca mediterránea, Oriente Medio y California, donde se cultiva casi la totalidad de la producción mundial, además de pequeñas zonas productoras como Sudamérica, Chile y Australia. Se considera que el almendro se viene utilizando en la alimentación humana desde hace 4000 o 5000 años. En un principio, el consumo se realizaba de las especies silvestres, más tarde, por siembra y cultivo de los mejores ejemplares (Muncharaz, 2003).

Históricamente, los primeros datos de su cultivo parecen proceder de zonas de la actual Siria, aunque su origen y su mayor biodiversidad se ha detectado en las mesetas del Tiansan, Azerbaiyán y en los montes orientales del Caspio (Turkmenistán, Kurdistán, Afganistán.etc.), extendiéndose también la existencia de materiales silvestres o asilvestrados por las orillas del golfo Pérsico (Irán) y los márgenes del Tigris y el Éufrates, que debieron ser su centro de domesticación. Pero el origen del cultivo no está claro, algunos autores defienden que procede de una especie espontánea *Amigdalus communis* Korchinsky y otros que procede de híbridos interespecíficos naturales de *Prunus bucharica* K. y *Prunus fenziiana* F. Finalmente, la mayoría de autores consideran como origen de los actuales cultivares unos híbridos múltiples de *Prunus bucharica* K., *Prunus fenziiana* F. y *Prunus ulmifolia* F., aceptando la existencia simultánea de líneas de semilla amarga y de semilla dulce (Melgarejo y Salazar, 2002).

El almendro se difundió por la cuenca mediterránea por cuatro corrientes diferentes: fenicios, griegos, romanos y árabes (Muncharaz, 2003). Los fenicios lo difundieron de forma muy restringida unos 2000 años a.C., siendo posteriormente utilizado y extendido por los griegos, que muy pronto transmitieron su cultivo al Imperio Romano que lo debió terminar de extender por todo el Mediterráneo (unos 700/600 años a.C.), tanto por el norte de África como por el sur de Europa. Posteriormente, los árabes trajeron nuevos materiales con bajas necesidades de frío, con ramas finas y muy ramificadas, y con pocos antocianos en sus pétalos. Durante mucho tiempo los almendros eran árboles sueltos ubicados en la proximidad de viviendas rurales utilizados normalmente para el autoabastecimiento familiar. En el siglo XVII se introdujo en zonas muy concretas de Sudamérica (especialmente Argentina y Chile) donde se ha mantenido (Melgarejo y Salazar, 2002).

A mediados del siglo XVIII, las misiones españolas introdujeron el cultivo en California, pero unas condiciones inadecuadas de cultivo de las zonas costeras, húmedas y relativamente frías, hicieron que el cultivo fracasara. Posteriormente, se realizaron plantaciones en el interior, en condiciones ambientales más cálidas y secas, donde ya se consiguieron algunos resultados. Este cambio, supuso un importante paso en la selección de materiales vegetales, dando origen a Nonpareil, IXL, Ne Plus Ultra y La Prima, que combinadas tenían una buena producción; y por otra parte, tuvo lugar la mejora de las técnicas de cultivo que hicieron que el

cultivo del almendro se expandiera por California, así como en otros lugares como el sur de Australia (Muncharaz, 2003).

La expansión mundial también coincidió con la aparición de la filoxera a finales del siglo XIX, ya que entonces y como retroceso del cultivo de la vid, el almendro además de cultivarse en muchos países de la antigua URSS y aumentar su superficie en todos los países de la cuenca del Mediterráneo pasó a cultivarse de forma intensa en California, Japón, Australia y Sudáfrica (Melgarejo y Salazar, 2002).

I. 1.2 Taxonomía y morfología del almendro

El almendro *Prunus amygdalus* Stokes sinónimo de *Prunus dulcis* (Mill) D.A. Webb o bien *Amygdalus communis* L., perteneciente al Orden Rosales, Familia Rosaceae y genero *Prunus*, se trata de un árbol de hoja caduca (Crespo y Mateo, 2009; Agustí, 2010). Existe gran variabilidad en la morfología y comportamiento dentro de los materiales en cultivo de esta especie debido a que históricamente se ha propagado por semilla.

Se trata de un árbol longevo, existiendo ejemplares de más de 120 años, aunque su vida productiva suele ser de entre 30 y 60 años. Puede llegar a crecer hasta más de 10 metros. De porte, tamaño de copa y hábito muy variable, tiene tendencia a la verticalidad y también con tendencia a separarse del centro por lo que los árboles son más o menos ramificados, según la variedad y su zona de origen, pudiéndose encontrar distintos hábitos de ramificación que van de cultivares de porte muy erecto a variedades de porte llorón.

La raíz del almendro a su inicio es pivotante, pero posteriormente es muy ramificada y expandida con alta capacidad de exploración de suelo cuyo sistema radical es entre 5 y 8 veces el volumen de la copa. Tiene gran capacidad de profundizar con lo que se adapta bien en suelos pobres y secos, posee un crecimiento rápido de las raíces de la barbada con lo que es muy eficiente en la absorción de agua y nutrientes. Las raíces de almendro se han constatado un antagonismo por lo que no es adecuado utilizar patrones francos en cultivos intensivos (Melgarejo y Salazar, 2002).

El tronco cuando es joven es liso y pasa a ser muy agrietado con el tiempo. La corteza entre verde, cuando es joven, y marrón y grisácea cuando el árbol es adulto. Tiene hábito de desarrollo vertical pero con inclinación a tumbarse o cierta tortuosidad desde el principio de su crecimiento. Las ramas son similares al tronco. Los ramos son de color verde, pasando a colores grises pardo o rojizos que posteriormente pasan a marrón grisáceo y agrietándose al pasar a ramas. Las formaciones características en el almendro son: ramilletes de mayo (con abundantes yemas axilares), ramos mixtos, ramos de madera y chupones. Poseen yemas de madera y yemas de flor. Las yemas axilares suelen ser tres, en el cual la yema central suele diferenciar a yema de flor y las dos laterales suelen ser de madera aunque pueden diferenciar a flor. Como se trata de una especie monopodial poseen yemas terminales en los brotes que son siempre vegetativas (Melgarejo y Salazar, 2002).

Las hojas tienen formas más o menos largas según el cultivar, de peciolo muy marcado, con aspectos generalmente lanceoladas, desde muy alargadas hasta redondeadas desde planas a abarquilladas, con aserrados marginales de dientes normalmente pequeños y con poco mucrón, que está presente en casi todas las variedades. Su color es verde intenso y brillante en el haz y más pálido, aunque mate, en el envés.

La flor del almendro es pentámera con cinco sépalos, cinco pétalos con colores variables entre blanco y rosado (o incluso rojizos en algún caso). El número de estambres 20 y 50 y su ovario es único, unilocular mono o biseminal (suele tener almendras dobles) y súpero. El estilo, terminado en un estigma, de longitud y forma variables determina en gran parte la eficiencia de polinización. Presenta autoincompatibilidad, lo que requiere de polinización cruzada con otros cultivares, por lo que en los programas de mejora se buscan variedades autocompatibles. En las plantaciones se emplean colmenas para mejorar la polinización (Melgarejo y Salazar, 2002).

El fruto es una drupa con una peculiar curva de desarrollo al tener una fase plana de engorde del mismo al final de este periodo de desarrollo, ya que el mesocarpio cesa de engrosarse muy pronto y comienza a secarse. Suele contener una sola semilla aunque hay variedades que presentan dobles. Para la comercialización de la almendra se tiene en cuenta la forma de la semilla diferenciándose los siguientes tipos comerciales básicos: tipo Marcona (similar al cultivar Marcona), Largueta (similar a los cultivares Desmayo llargueta y Desmayo rojo) y Comuna (cuando no pertenece a los dos anteriores o posee mezcla de semillas).

La mayor o menor compacidad y lignificación del endocarpio o cascara permite definir distintos grupos de variedades que se denominan: muy duras, duras, semimollares, mollares y muy blandas. También se puede clasificar, además, por su forma y dureza por el aspecto y relieve de la almendra cáscara (endocarpio), a su coloración, presencia o no de picos en las zonas estilares de la almendra, proporciones entre anchura/longitud, espesor y estructura del endocarpio, etc.

La semilla es la parte del fruto que se consume y cuya producción y adecuada calidad es el objetivo primordial en el cultivo del almendro. Para la determinación de la calidad de la semilla se tiene en cuenta diferentes características como: el grosor de la pepita, contenido en grasas, fibrosidad, composición en azúcares y otros parámetros no tan estudiados como su respuesta al tostado (Melgarejo y Salazar, 2002). Por otra parte se considera defecto a la calidad: la presencia de pepitas dobles y la presencia de granos con embriones dobles. Desde el punto de vista agronómico además de la producción y la calidad es importante saber el rendimiento del grano que varía entre valores 13,5/20%, para semilla/fruto y entre 20 y 43% considerando semilla/cascara (endocarpio) (Melgarejo y Salazar, 2002).

I. 1.3 Fisiología del almendro

La fisiología del almendro debe ser estudiada considerando las distintas fases del ciclo de vida del árbol y el ciclo anual, que debe ser estudiado en cada una de las zonas de cultivo (Melgarejo y Salazar, 2002).

En las etapas de la vida del árbol se distinguen 5 fases:

-Fase improductiva o de juventud:

Es la fase comprendida entre el año de plantación del árbol y el año en que se producen las primeras flores capaces de fructificar. La entrada en producción suele alcanzarse a los 3 a 5 años desde la plantación aunque este tiempo está influenciado por el tipo de poda, el tipo de patrón y el cultivar utilizado (Muncharaz, 2003).

-Fase de entrada en producción:

Periodo comprendido entre la primera fructificación comercial y el año en que el árbol adquiere la máxima productividad, su duración suele oscilar de unos 6 u 8 años en condiciones españolas. En este periodo el árbol se sigue formando hasta alcanzar su tamaño definitivo, se deberá valorar si es conveniente limitar la cosecha a cambio de conseguir una estructura sólida del árbol.

-Fase de plena producción:

Es la fase más larga, entre 25 a 40 años, aunque su duración tiene mucha relación con el cultivar y el patrón elegido. En este periodo el árbol adquiere su productividad máxima, donde la producción de flores es abundante y el crecimiento vegetativo muy equilibrado, destinado a la renovación anual (Muncharaz, 2003).

-Fase de envejecimiento:

En este periodo el crecimiento vegetativo es menos intenso. La producción es aun interesante pero va decreciendo progresivamente. Se suele prolongar hasta que los costes superan a los beneficios cuando ocurre esto se suele arrancar la plantación.

-Fase de decrepitud:

Es la fase terminal del árbol, en la que comienzan a secarse las primeras ramas (Muncharaz, 2003).

Durante toda la vida del árbol, anualmente se repiten los mismos fenómenos fisiológicos, por lo que se da un ciclo anual de estados. Se puede distinguir dos periodos: el reposo invernal y la actividad vegetativa, relacionada con el crecimiento y el desarrollo de los distintos órganos del árbol (brotación, desarrollo radicular, engrosamiento del cambium, floración y fructificación entre otros) (Muncharaz, 2003).

La latencia invernal y movilización de savia, así como la diferenciación y evolución de las yemas dependen entre otros factores, de las exigencias en las horas frío de las variedades. El almendro tiene unas bajas necesidades de frío invernal, que varían entre 90 y 500 horas acumuladas debajo de 7°C. Estas exigencias deben de tenerse en cuenta en el diseño de plantaciones. Para la salida de la latencia también requiere un número de horas de calor acumuladas, existiendo variedades con bajas, altas y muy altas exigencias. También se ha constado que para salir de latencia, así como la diferenciación y evolución de las yemas depende de la intensidad de lumínica, número de horas luz, etc. (Melgarejo y Salazar, 2002).

El almendro posee normalmente dos crecimientos en primavera (dan lugar a las brotaciones), no teniendo marcados los crecimientos de verano y de otoño. En la floración, cuyas yemas se abren antes que las de madera en la mayoría de variedades, los botones florales se forman el año anterior y por ello la inducción floral se produce de forma precoz. La inducción se produce entre abril y mayo en unas variedades, y entre junio y julio en otras. Por otro lado, la diferenciación de las yemas y formación de los esbozos florales tiene lugar entre julio y septiembre. La fecha de floración depende de muchos factores ligados a la variedad, a sus necesidades de frío, a sus requerimientos térmicos y lumínicos, etc. Cuando las necesidades de frío son cubiertas y las medias diarias oscilan entre 10 y 15°C comienza el desborre y la floración. La duración de la floración puede variar entre unos 10 días y 2 o 3 semanas según la variedad y el año (Melgarejo y Salazar, 2002).

En la polinización de la flor, el polen del almendro de maduración rápida en invierno y de bajo a mediano poder germinativo y de tubo polínico muy sensible a problemas fisiológicos o climáticos. La temperatura óptima para el buen desarrollo del tubo polínico es de 14 a 16°C. La antesis de la flor depende de la temperatura y humedad del ambiente, dura de 6 a 12 horas. Si no existe buena polinización la caída de óvulos ya engrosados es abundante.

Después de la polinización, para conseguir una buena fecundación la temperatura ambiental debe variar entre los 14 y 16 °C. Dado que la mayor parte de los actuales cultivares de almendro son autoincompatibles, es necesaria la fecundación cruzada (entomófila), por lo que en el diseño de plantaciones será necesario distribuir polinizadores de distinto cultivar.

La fecundación suele producirse en los 2 o 3 días siguientes a la apertura de la flor. La receptividad de los pistilos varía entre 2 y 3 días según la variedad y las condiciones ambientales. Existen variedades con longevidad de óvulos de más de 9 días, pero el tiempo de crecimiento de los tubos polínicos varía entre 2 y 7 días. Por encima de 27°C degeneran los óvulos y por debajo de 12°C cesa el crecimiento del tubo polínico, siendo adecuadas temperaturas entre 18 y 25°C en términos generales, ya que en otras variedades los óptimos térmicos están comprendidos entre 8 y 12°C (Melgarejo y Salazar, 2002).

El porcentaje de cuajado natural es muy variable según la variedad y no suele superar el 20% o, en el mejor de los casos el 33%.

En el crecimiento de la almendra se distinguen únicamente dos fases y no tres como es habitual en otros frutales. El fruto crece más rápidamente que la semilla. La recolección se realiza cuando el mesocarpio se abre y comienza a desecarse (Melgarejo y Salazar, 2002).

I. 1.4 Cultivo

I. 1.4.1 Exigencias del cultivo

El almendro es un árbol rústico y de alta capacidad de adaptación, de bajas necesidades en calor y bajas exigencias en frío invernal (entre 100 y 400 horas acumuladas), pero es sensible a heladas y enfermedades criptogámicas del suelo que afectan a sus raíces y en condiciones de alta humedad ambiental también les afecta los ataques criptogámicos a sus órganos aéreos.

El almendro requiere inviernos tipo avena (AV) o más suaves y veranos tipo maíz (M) o más cálidos y está muy bien adaptado a tipos húmedos ME, es decir mediterráneo. Aunque el almendro es poco exigente en clima es muy sensible a heladas primaverales ya que éstas se producen en el momento en el cual el frutito es más sensible al frío. El almendro posee una tolerancia variable, según el estado fenológico, a las bajas temperaturas; por lo que durante media hora soportan temperaturas de: -3.3°C para los botones cerrados, -2.7°C para las flores abiertas, y mientras que el frutito soporta temperaturas de -1.1°C .

Para la adecuada producción y desarrollo de la vegetación la luz es un requisito imprescindible, por lo que los árboles mal podados o abandonados aparecerán ramas secas, malformaciones en las flores, baja tasa de cuajado, etc. (Melgarejo y Salazar, 2002).

Otro parámetro a tener en cuenta, es el viento que puede tener incidencia en los rendimientos, debido a que los vientos superiores a 10 km/hora dificultan los vuelos de las abejas y por lo tanto disminuye la polinización. También con vientos fuertes se dan: rotura de ramas, desprendimiento de flores, descuaje del árbol y problemas en la aplicación de fitosanitarios.

A lo que se refiere al suelo, los suelos más apropiados para el almendro están en función de los patrones utilizados en la plantación. Si el patrón es el almendro este desarrolla un sistema radicular potente, tolera bien la caliza activa, por lo que es resistente a la clorosis férrica. Sin embargo, no tolera los suelos salinos, especialmente con contenido en NaCl, ni tampoco los suelos muy arcillosos o asfixiantes. El pH óptimo se encuentra entre 7 y 8,5. Se desarrolla mejor en suelos arenosos y profundos, mayores de un metro, donde la productividad es mayor (Muncharaz, 2003).

En lo que se refiere a requerimientos hídricos el almendro es un cultivo muy tolerante a la sequía, ya que tiene un sistema radical pivotante que explora en profundidad el suelo y un complejo sistema de raíces superficiales que permite su cultivo en regímenes no solo mesofíticos sino también xerofíticos suaves. Para aumentar el rendimiento las plantaciones se suelen poner en regadío con lo que se dan riegos según la disponibilidad y necesidades reales de la plantación, teniendo en cuenta que es muy sensible a hongos del suelo por lo que soporta mal el encharcamiento y la humedad permanente del suelo (Melgarejo y Salazar, 2002).

I. 1.4.2 Características y clasificación de variedades

Las características o criterios más importantes a la hora de buscar o elegir una variedad ideal moderna sería:

-Respecto al árbol:

Buen vigor; gran rusticidad; porte no demasiado abierto que facilite la formación y la recolección; ramificación compensada, que permita una renovación de la madera del árbol sin que exija una poda excesiva; resistencia a plagas y enfermedades; floración tardía; alta calidad de las flores; autocompatibilidad; rápida entrada en fructificación; producción regular y elevada a lo largo de los años; época de madurez precoz y uniforme; y fácil recolección (Navarro, 2002).

-Respecto al fruto:

Cáscara dura o semidura; ausencia de dobles; tamaño y formas comerciales; excelente sabor; facilidad de pelado; alto rendimiento al repelado; coloración clara del tegumento; y coloración blanca post-repelado(Navarro, 2002).

Las variedades se clasifican o agrupan atendiendo a sus características, a su época de floración, a su época de maduración, etc.

Según la época de floración se busca la referencia con alguna variedad. En este caso la variedad de referencia es la Marcona y se utiliza la siguiente escala referida a épocas de plena floración:

-Floración muy temprana:

Anterior a Marcona en 7 días o más. Ejemplos: Fita, Largueta y Garrigues

-Floración temprana:

Coincidente con el inicio de Marcona o 7 días antes a esta. Ejemplos: Atocha, Desmayo rojo, Doblefina y Vivot.

-Floración media:

Coincide con el inicio de la plena floración de Marcona y finaliza diez días después del inicio de su plena floración. Ejemplos: Marcona, Nonpareil y Blanquerna (Muncharaz, 2003).

-Floración tardía:

De diez a veinte días posterior al inicio de la plena floración de Marcona. Ejemplos: Atoñeta, Cambra, Ferragnes, Guara y Lauranne.

-Floración muy tardía:

Posterior en veinte días o más, al inicio de la plena floración de Marcona. Ejemplos: Moncayo y Primorsky (Muncharaz, 2003).

En cuanto a maduración, se considera la siguiente escala:

-Maduración muy temprana:

Mediados a final de agosto. Ejemplos: Nonpareil y Blanquerna.

-Maduración temprana:

Principios de septiembre. Ejemplos: Guara y Lauranne.

-Maduración media:

Mediados de septiembre. Ejemplos: Ferragnes, Fita y Marcona

-Maduración tardía:

Finales de septiembre. Ejemplos: Desmayo Rojo y Largueta.

-Maduración muy tardía:

Principios de octubre. Ejemplos: Monterey y Padre (Muncharaz, 2003).

En cuanto al tamaño de la pepita, se considera la siguiente escala:

-Pequeño:

Menor de 1 gramo.

-Medio:

De 1 a 1,2 gramos.

-Grande:

De 1,2 a 1,4 gramos.

-Muy grande:

Más de 1,4 gramos (Muncharaz, 2003).

Según el origen se encuentra distintas variedades, se pueden destacar:

-Variedades americanas:

Nonpareil, Carmel y Texas.

-Variedades rusas:

Primorskyij y Yaltinskyij.

-Variedades francesas:

Ferragnes y Lauranne.

-Variedades italianas:

Cristomorto, Tuono y Supernova.

-Variedades españolas:

Marcona, Desmayo Largueta, Atocha, Guara y Marta (Muncharaz, 2003).

I. 1.4.3 Características y principales patrones

Los patrones deben reunir una serie de características positivas para que puedan ser utilizados con éxito.

Estas características se pueden dividir en dos grandes grupos:

-Comportamiento en vivero. Se debe exigir:

Facilidad de propagación en vivero; buen comportamiento en vivero; compatibilidad entre patrón e injerto; facilidad de trasplante; y sanidad garantizada.

- Características transmitidas a la variedad. Se puede destacar:

Anclaje adecuado; vigor y tamaños amplios; uniformidad de desarrollo; crecimiento rápido y grande; precocidad de la entrada en producción; longevidad; comportamiento adecuado en secano o regadío; poca tendencia a la emisión de sierpes; adaptación a las características físicas del suelo; y adaptación a las características bióticas del suelo.

Como patrones de almendro se han utilizado tradicionalmente las especies almendro, melocotonero, ciruelo y sus híbridos. Cada grupo tiene unas características generales y dentro de cada uno de ellos encontramos patrones con características específicas (Muncharaz, 2003).

-Respecto a patrones francos de almendro, que bien pueden ser: procedentes de semillas de almendro amargo o bien de almendros de semillas dulces. En el cual los segundos son más utilizados. Las principales variedades que se pueden destacar son: Garrigues, Atocha y Desmayo Rojo en España y Texas en EEUU.

Tiene una serie de ventajas como son: buena adaptación a suelos áridos; resistencia a la caliza activa; adaptabilidad a suelos pedregosos; y largo periodo de vida.

Como inconvenientes destacan: sensibilidad a enfermedades (*Armillaria mellea*, *Meloidogyne sp.* y *Agrobacterium tumefaciens*; problemas con el trasplante; alta sensibilidad a la asfixia radical; mala respuesta al injerto; y mala propagación por estaquillado (Melgarejo y Salazar, 2002).

-Los patrones francos procedentes del melocotonero son utilizados en zonas de regadío, ya que el almendro no soporta la humedad del suelo. Las principales patrones utilizados son: GF305, Nemared, Nemaguard, Nemaguad, Montclar y Rubira.

Tiene como ventajas: se adapta al riego; tolera mejor a los hongos del suelo; los semilleros son más homogéneos; buen sistema radical fasciculado; rápida entrada en producción; buena compatibilidad con todas las variedades; buena tolerancia a Verticilosis.

Como inconvenientes: baja resistencia a la caliza; y comunican excesivo vigor (Melgarejo y Salazar, 2002).

-Los patrones híbridos de melocotonero x almendro y almendro x melocotonero.

Tienen como características básicas y generales las siguientes: resistencia a la clorosis férrica y la sequia; dan arboles vigorosos y de alta longevidad; se adaptan a suelos húmedos; buena multiplicación y de injerto; y buena aptitud a trasplante y replantación.

Los principales patrones comerciales son: clon GF 677; clon GF 557; y clon Adafuel (Melgarejo y Salazar, 2002).

-Patrones de almendro procedentes de ciruelos son utilizados cuando las condiciones habitualmente son secas, pero con suelos poco permeables y sometidos a encharcamientos temporales en primavera y otoño. No todas las variedades de almendro son compatibles con el ciruelo. Las principales características son: la tolerancia a la asfixia radical sobre todo en

invierno-otoño, resistente a la clorosis férrica, poseen rápido crecimiento y vigor, y son pocos sensibles a *Agrobacterium*.

Los principales patrones comercializados son: Albinia, Mirabolán P-34-36, Mariana GF 81, Mariana 26-24 y Damas P-12 (Melgarejo y Salazar, 2002).

I. 1.4.4 Plantación y técnicas de cultivo

Plantación:

Antes de la plantación se realizara un análisis de suelo para preparar de forma adecuada el suelo, realizando un desfonde con una profundidad de 60 a 80 cm si es posible. Posteriormente se realizar una labor de vertedera de unos 30-40 cm de profundidad para aprovechar a incorporar el abonado de fondo, a fin de corregir deficiencias, y materia orgánica. Una vez realizado las labores previas se realizara la plantación de los árboles, en el que se deberá de comprobar el material suministrado. La época más apropiada para realizar la plantación es la que transcurre entre noviembre-enero, cuando los árboles están parados. Los marcos de plantación dependerán de si se hace en secano o en regadío, de la variedad, del patrón, de la mecanización, del tipo de poda y de la fertilidad del suelo. Con precipitaciones entre los 400-500 mm, y pie franco de almendro amarga, se recomienda marcos de 8 x 8 metros como mínimo; con precipitaciones que se aproximan a los 500 mm los marcos son de 7 x 6 o 7 x 7 metros. En el caso de regadíos no deben ser inferiores a 6 x 6 metros (Navarro, 2002).

Técnicas de cultivo:

-Poda

La poda tiene como misión el obtener árboles bien formados y equilibrados, para conseguir que produzcan abundante y regularmente. Su adecuada realización depende de factores tales como: características de la variedad, sistema de explotación, marco de plantación, labores, etc., que también intervienen decisivamente en la producción (Navarro, 2002).

-Labores

Las labores tienen como misión eliminar las malas hierbas que compiten con el almendro por la humedad y nutrientes, aumentar la infiltración del agua, incorporar materia orgánica y fertilizantes y airear el suelo. Las labores no serán profundas. La tendencia actual y en zonas de regadío y precipitaciones adecuadas se practica el no laboreo o laboreo mínimo con herbicidas (Navarro, 2002).

-Fertilización

El abonado del almendro efectuado de forma equilibrada, mejora la cosecha en rendimiento y calidad, además de una mayor resistencia a plagas, enfermedades y heladas. De acuerdo a las características de cada explotación y según el sistema de cultivo se podrá realizar un abonado de la forma más adecuada o racional teniendo en cuenta una serie de factores: presencia o no de heladas primaverales, distribución de las lluvias, características del suelo, estado productivo del árbol, variedades y asociación con otros cultivos.

-Riego

Las nuevas plantaciones de almendros se dotan de riego y el sistema utilizado es el riego localizado. Para cada zona en dotar de riego de forma eficiente y racional, se tendrá en cuenta la evapotranspiración del cultivo ($ET_c = E_{to} \cdot K_c$) y la precipitación efectiva (P_e) como la eficiencia del sistema de riego (E_{fs}). Posteriormente se calculara las necesidades der riego ($NR = ET_c - P_e$) y las necesidades totales ($NNR = NR / E_{fs}$) (Navarro, 2002).

1.4.5 Recolección

Para poder recolectar el almendro, es preciso que el fruto haya adquirido la maduración. Aunque existe un pequeño consumo de almendra verde, la mayoría de la almendra se comercializa en seco. La recolección de la almendra es un proceso que se puede separar en 4 fases:

-Derribo de frutos:

El derribo de los frutos del árbol se realiza mediante forma manual (cañas, vibradores manuales, peines vibradores, etc.) o de forma mecánica (vibrador de inercia, pinzas y vibrador de sirga).

-Recogida:

La recogida de frutos es manual (toldos y carretillas) y mecánica que puede ser en el árbol (Remolques y tendedores de mallas) o en el suelo (mediante aspiración o barrido).

-Descortezado:

Consiste en separar completamente el mesocarpio, dejando libre la superficie de la cáscara o endocarpio, se realiza de forma manual o mecánica mediante una peladora.

-Secado:

El secado se realiza de forma natural o forzado en secaderos (Muncharaz, 2003).

I. 2. Importancia del almendro

I. 2.1 Importancia del cultivo del almendro en el mundo

Según la estadística de la FAO en el año 2012 el primer productor del mundo de almendra con cáscara fue Estados Unidos de América con 720.000 t, en segundo lugar España con una producción de 215.100 t, seguido por Australia con 142.680 t, en la Tabla 1 se muestra el Ranking de productores del mundo.

En cambio, el país con mayor superficie dedicada a este cultivo es España con 530.000 ha, seguido de Estados Unidos de América con 315.590 ha y Túnez con 190.000 ha (FAOSTAT, 2014).

En lo referido al rendimiento, la estadística no separa el rendimiento en seco y en regadío, por lo que, esta extraída de la producción total de la región entre la superficie total. Con lo que el rendimiento reflejado en la Tabla 1 es el conjunto. El mayor rendimiento lo ostenta Australia con 5006,3 kg/ha, seguido por Afganistán con 4596 kg/ha, Turquía con 3208,2 kg/ha, y Estados Unidos de América con 2281,4 kg/ ha.

Tabla 1: Ranking mundial de los principales productores de almendra con cáscara (FAOSTAT, 2014).

Posición	Región	Producción (T)	Superficie (ha)	Rendimiento (Kg/ha)
1	Estados Unidos de América	720.000	315.590	2281,4
2	España	215.100	530.000	405,8
3	Australia	142.680	28.500	5006,3
4	Irán	100.000	70.000	1428,6
5	Marruecos	99.067	151.109	655,6
6	Italia	89.865	68.437	1313,1
7	República Árabe Siria	86.271	51.575	1672,7
8	Turquía	75.055	23.395	3208,2
9	Túnez	70.000	190.000	368,4
10	Afganistán	62.000	13.490	4596,0

I. 2.2 Importancia y evolución del cultivo del almendro en España

En España según el anuario de estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del 2012 el cultivo del almendro ocupa una superficie total de 530.223 hectáreas de las cuales, 488.772 están en secano y 41.451 en regadío.

El rendimiento del cultivo del almendro en España es de 366 kg/ha en secano y 1044 kg/ha en regadío. Cuya producción total es de 212.063 ha, esto engloba las plantaciones regulares como los árboles diseminados. Cuyo valor de la producción alcanza los 190.305 (expresado en miles de euros) (MAGRAMA, 2013).

La evolución de la superficie total en diez años ha sufrido una disminución, que va de 649 miles hectáreas en el año 2002 a 530,2 miles de hectáreas en el año 2012, este descenso se aprecia en la Figura 1.

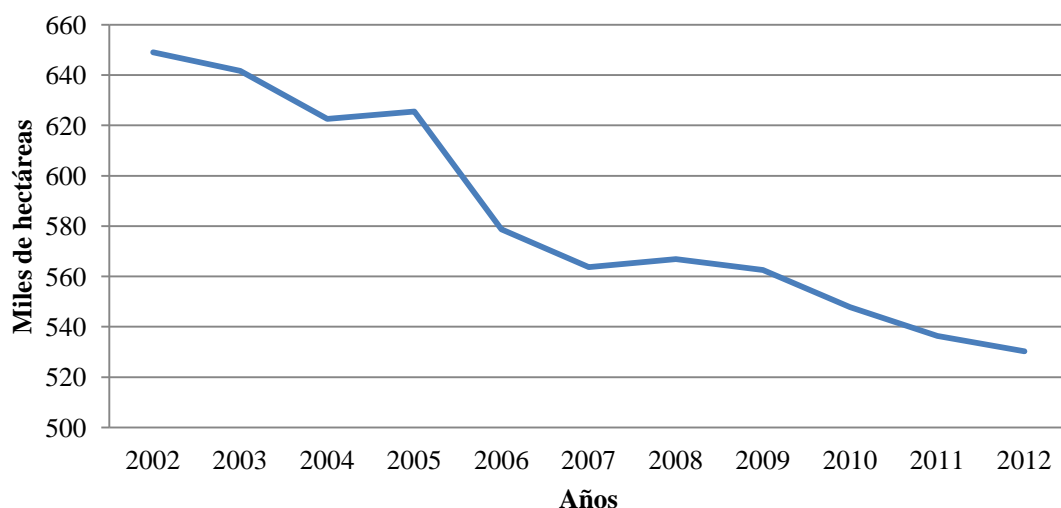


Figura 1: Evolución de la superficie total del cultivo del almendro (miles de hectáreas) (MAGRAMA, 2013).

Por lo que se refiere a la producción de almendra con cascara en el periodo comprendido entre los años 2002 a 2012, ésta ha disminuido de 279 miles de toneladas a 212 miles de toneladas. En la Figura 2 se puede apreciar esta evolución.



Figura 2: Evolución de la producción de almendra (con cáscara) (miles de toneladas) (MAGRAMA, 2013).

Cabe destacar que no se ha observado un incremento en el valor de la producción durante esta década y se mantiene, alrededor de 190,5 miles de euros (MAGRAMA, 2013). En cuanto al precio por tonelada de almendra, ésta ha incrementado de valor de 704 euros por tonelada en 1991 a 1035 euros por tonelada en 2012. La evolución del precio de la almendra se aprecia en la Figura 3 (FAOSTAT, 2014).

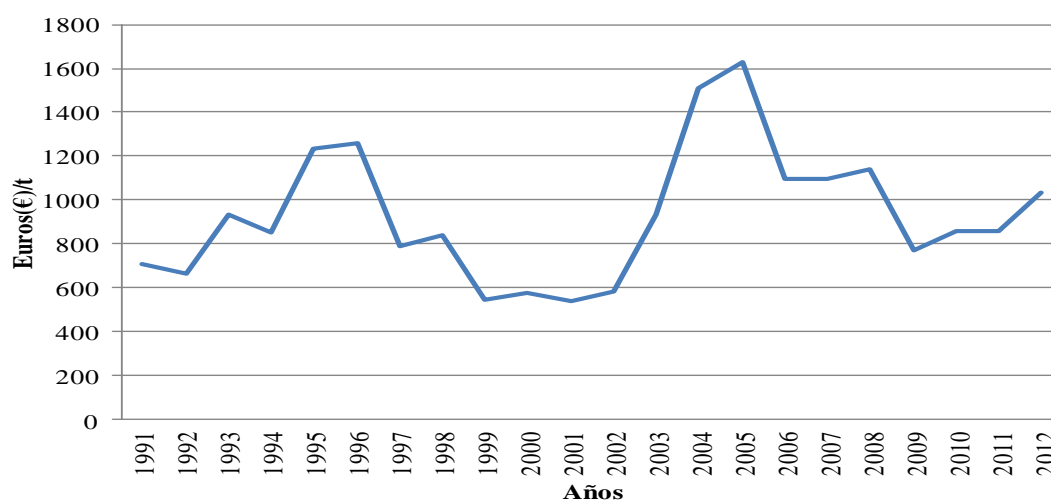


Figura 3: Evolución del precio por tonelada de almendra con cáscara expresada en euros (FAOSTAT, 2014).

I. 3. Principales enfermedades fúngicas del almendro

La clasificación o distinción de las enfermedades fúngicas del almendro se realiza en función de la parte de la planta afectada por el hongo patógeno:

- Podredumbres del cuello y raíz

- Chancros y enfermedades de la madera

- Enfermedades vasculares

- Enfermedades foliares, de las flores y de los frutos (Anónimo, 1985).

I. 3.1 Podredumbres del cuello y raíz

Las enfermedades que causan podredumbres de cuello y raíz alteran la absorción y el transporte de agua y nutrientes desde la raíz. Por encima de los síntomas del suelo, los árboles afectados presentan un crecimiento pobre en brotes, hojas pequeñas y cloróticas, defoliación prematura, disminución de la producción, un marchitamiento progresivo de los brotes terminales, y posteriormente la muerte del árbol. Si los árboles presentan los síntomas anteriores, se elimina la suciedad de alrededor de la corona y de las principales raíces laterales para buscar los síntomas que provocan las distintas enfermedades (Anónimo, 1985).

Las principales enfermedades son: *Phytophthora* spp., *Rosellinia necatrix* Berl. ex Prill., y *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm. (Montesinos *et al.*, 2000).

I. 3.2 Chancros y enfermedades de la madera

Un chancro es un área de tejido necrótico o corteza muerta que puede ser de cualquier tamaño. La mayoría de los chancros se encuentran en las ramas principales o tronco, pero también puede afectar a ramas jóvenes. En el exterior del árbol, un chancro aparece como una zona deprimida de la corteza que es algo más oscuro en color que el tejido de la corteza sano circundante. Todos los chancros tienen márgenes definitivos donde se encuentran los tejidos necróticos y saludables. Por lo general en los márgenes se producen bolas de goma o sobre la superficie de las zonas enmohecidas (Anónimo, 1985).

Los chancros pueden ser causados por lesiones físicas tales como quemaduras solares, lesiones mecánicas, o por patógenos de plantas, como bacterias y hongos (Anónimo, 1985). Los principales hongos que producen chancros y enfermedades de la madera en almendro son: *Ceratocystis fimbriata*, *Phytophthora* spp., (Anónimo, 1985) y *Phomopsis* spp., (Montesinos *et al.*, 2000).

I. 3.3 Enfermedades vasculares

Los patógenos que atacan el sistema vascular de un árbol taponan los vasos del xilema y detienen el movimiento del agua y nutrientes desde las raíces. Como resultado, las hojas amarillean y mueren en una o más ramas. Por lo general las hojas muertas permanecen en el árbol durante todo el periodo de crecimiento

El principal hongo que afecta al sistema vascular del almendro es *Verticillium dahliae* Kleb. (Anónimo, 1985).

I. 3.4 Enfermedades foliares, de flores y frutos

Varios patógenos causan infecciones que se limitan a ramas, follaje y frutos. Éstos producen lesiones localizadas o infecciones mayores tales como brotes caídos. Los almendros son susceptibles a la infección por muchos patógenos durante la floración porque las flores son un buen punto de entrada. También las infecciones ocurren por las lluvias o el riego por aspersión cuando el agua entra en las copas de los árboles, por lo que se da la difusión del patógeno y se crea las condiciones favorables para la infección (Anónimo, 1985).

Las enfermedades más destacadas son: la Abolladura del almendro causada por *Taphrina deformans* (Burk.) Tulsane, la Roya del almendro (*Tranzschelia discolor* f. sp *dulcis*), y la Monilia del almendro causada por *Monilinia* spp. (Montesinos *et al.*, 2000).

I. 3.5 La problemática de la seca y muerte de almendros en la isla de Mallorca.

Desde el año 2008, se observan en la isla de Mallorca árboles con síntomas que recuerdan en gran medida a los que han descrito diferentes autores en otras regiones del mundo causados por hongos de madera. Éstos son decaimiento y, brotaciones deficientes, hojas cloróticas, marchitez generalizada y muerte de ramas e incluso árboles enteros. Asociados a estos síntomas externos, también se observan síntomas internos en la madera, tales como necrosis sectoriales, punteaduras y anillos oscuros en la zona vascular o madera esponjosa (Figura 4).

Estudios realizados en los últimos años en zonas de la isla en las que los almendros presentaban síntomas de decaimiento y muerte se han aislado diversos hongos reconocidos como causantes de enfermedades fúngicas de la madera. Entre ellos, los más importantes son hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae, que son hongos que infectan a los árboles penetrando preferentemente por las heridas de poda (Gramaje *et al.*, 2012).

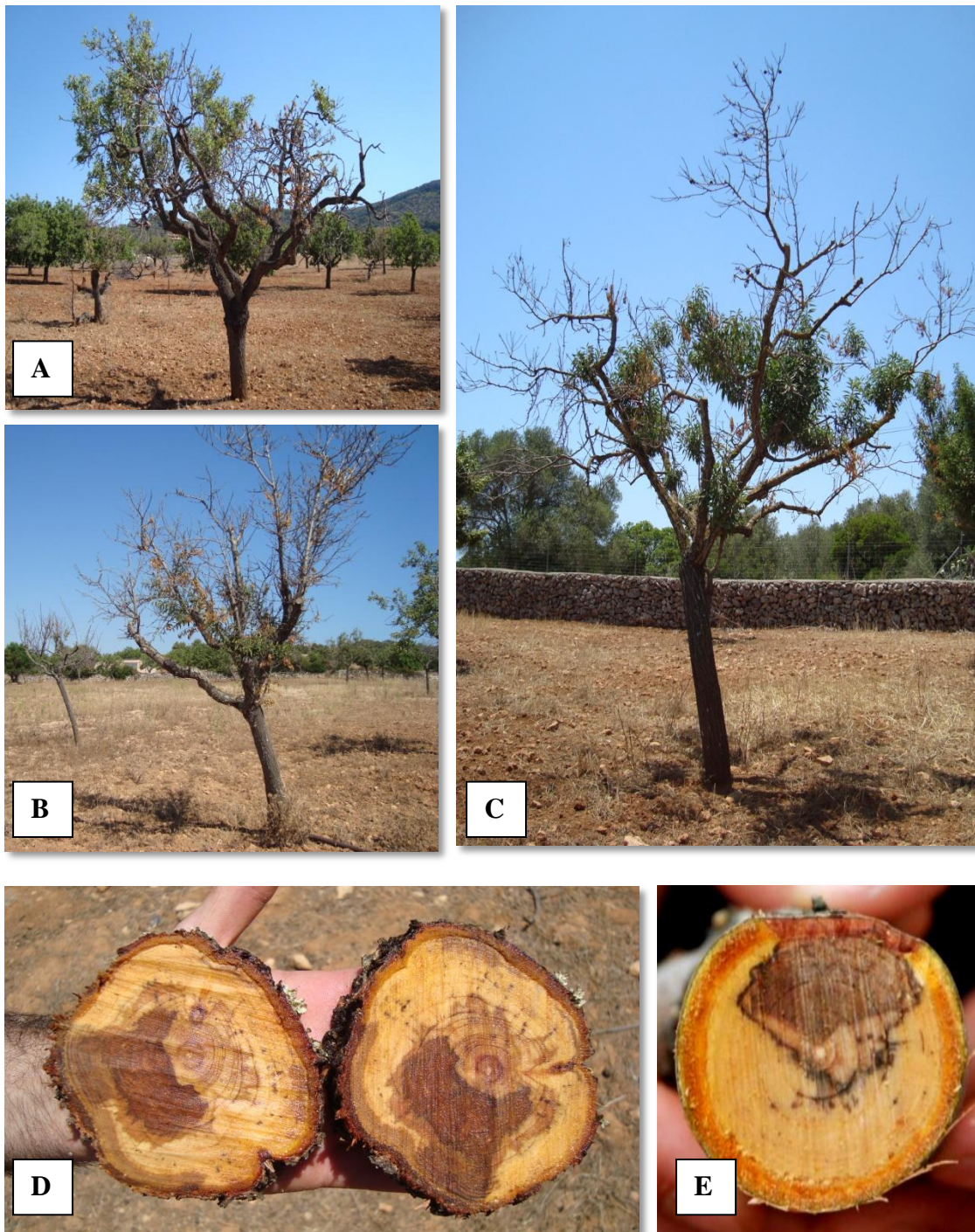


Figura 4: Síntomas de la seca y muerte de almendros en la isla de Mallorca: (A, B y C) almendros con ramas secas, síntomas característicos provocados por especies fúngicas de la familia Botryosphaeriaceae. (D y E) secciones transversales de una rama de almendro que muestra necrosis provocadas por hongos de la familia Botryosphaeriaceae.

II. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

Frente al problema de la seca de ramas y la muerte de almendros provocada por especies pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae que infectan a los arboles penetrando preferentemente por las heridas de poda y que ha sido detectado en distintas zonas de la isla de Mallorca, se necesita buscar qué fungicidas podrían ser eficaces para su control.

En este sentido, el objetivo de este trabajo es la evaluación de cinco materias activas fungicidas (Boscalida, Mancozeb, Metil-tiofanto, Piraclostrobin y Tebuconazol) pertenecientes a distintos grupos químicos (Piridinas-carboxamidas, Ditiocarbamatos, Tiofanatos, Metoxicarbamatos, y Triazoles), para la protección de heridas de poda en plantas de almendro frente a la inoculación de cuatro especies fúngicas pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae seleccionadas entre las más frecuentes en almendro en la isla de Mallorca (*Diplodia seriata*, *Neofusicoccum mediterraneum*, *N. luteum*, y *N. parvum*).

III. EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS
FUNGICIDAS EN EL ALMENDRO PARA
LA PROTECCIÓN DE HERIDAS DE
PODA FRENTE A LA INFECCIÓN POR
BOTRYOSPHAERIACEAE SPP

III. Evaluación de tratamientos fungicidas en el almendro para la protección de heridas de poda frente a la infección por Botryosphaeriaceae spp.

III. 1. Materiales y métodos.

III. 1.1 Material vegetal

En la realización del experimento se utilizaron 288 plantones de almendro de tres años de edad del cultivar Ferragnes injertados sobre patrón híbrido GXN (Garnem) C-14. Éstos tenían una altura de entre 70cm y 80cm y estaban plantados en macetas de 1,5 litros de capacidad (14 cm de diámetro y 13 de alto).

III. 1.2 Fungicidas

Se seleccionaron cinco fungicidas pertenecientes a diferentes grupos químicos, elegidos por su interés potencial en el control de Botryosphaeriaceae spp. En la Tabla 2 aparecen los productos elegidos y las características más relevantes de los mismos (materia activa, modo de acción, grupo químico, producto comercial, riqueza y formulación).

A continuación se hace una breve descripción de los fungicidas utilizados en esta parte experimental.

-Boscalida:

Fungicida que pertenece al grupo químico de las piridinas-carboxamidas (FRAC, 2015). Sistémico con actividad fungicida traslaminar de efectos preventivos: inhibe la germinación de esporas, y curativos: impide el desarrollo del tubo germinativo y la formación de apresorios (De Liñán, 2014).

-Mancozeb:

Pertenece al grupo de los ditiocarbamatos (FRAC, 2015). Actividad fungicida preventiva por contacto sobre enfermedades foliares producidas por hongos endoparásitos. Impide la actividad de las enzimas sulfhidrúlicas en general y de la cisteína en particular formando complejos con enzimas que contienen metales como las que intervienen en la producción del ATP. Actúa sobre múltiples procesos, multiana, regulados por varios genes, por lo que impide la aparición de resistencias en los hongos patógenos tratados constituyendo por ello un componente esencial de los programas de pulverización o de formulaciones mixtas con fungicidas mixtos o no (De Liñán, 2014).

-Metil tiofanato:

Pertenece al grupo químico de los tiofanatos (FRAC, 2015). Fungicida sistémico con movilidad por el xilema y por el floema, y actividad fungicida, preventiva y curativa, por vía sistémica y por contacto sobre enfermedades producidas por hongos endo y ectoparásitos. Actúa impidiendo el crecimiento micelar y la germinación de conidios (De Liñán, 2014)

-Piraclostrobin:

Fungicida perteneciente al grupo químico de los metoxicarbamatos (FRAC, 2015). Actividad fungicida de amplio espectro, controla Ascomycetos, Basidiomycetos, Deuteromycetos y Oomicetos, principalmente. Su acción es preventiva, curativa, traslaminar y sistémica. Bloquea la respiración mitocondrial. Impide la formación y penetración de las esporas: acción preventiva, y el desarrollo del micelio en las hojas: acción curativa (De Liñán, 2014).

-Tebuconazol:

Pertenece al grupo de los triazoles (FRAC, 2015). Sistémico con actividad fungicida preventiva, curativa y erradicante (De Liñán, 2014).

Tabla 2: Características de los fungicidas utilizados en la evaluación de tratamientos fungicidas para la protección heridas de poda frente a la infección por Botryosphaeriaceae spp.

Materia activa	Modo de acción ¹	Grupo químico	Producto comercial	Riqueza (%)	Formulación ²
Boscalida	Afecta a la respiración celular	Piridinas-carboxamidas	CANTUS	50	WG
Mancozeb	Efecto multidiana	Ditiocarbamatos	MANSAR-80	80	WP
Metil-tiofanato	Afecta a la mitosis y la división celular	Tiofanatos	Pelt	45	SC
Piraclostrobin	Afecta a la respiración celular	Metoxicarbamatos	Cabrio	25	EC
Tebuconazol	Afecta a la biosíntesis de esteroides en las membranas	Triazoles	Folicur 25WG	25	WG

¹Según FRAC, 2015.

²EC, concentrado emulsionable; SC, suspensión concentrada; WG, granulado dispersable; WP, polvo mojable

III. 1.3 Especies fúngicas inoculadas y preparación del inóculo

Para la inoculación de las heridas de poda en el almendro se eligieron cuatro especies fúngicas pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae: *Neofusicoccum mediterraneum*, *N. luteum*, *N. parvum*, y *Diplodia seriata*. Estas especies se eligieron por ser las más frecuentes detectadas en ramas con síntomas de decaimiento y muerte en la isla de Mallorca (Gramaje *et al.*, 2012), procediendo todos los aislados de diferentes localidades en esta isla. En la Tabla 3 se indican los aislados fúngicos utilizados para la inoculación y su procedencia.

Tabla 3: Aislados fúngicos utilizados en la inoculación.

Especie	Código	Origen
<i>D. seriata</i>	BAL-10	Mallorca
<i>N. mediterraneum</i>	BAL-3	Mallorca
<i>N. luteum</i>	BAL-30	Mallorca
<i>N. parvum</i>	BAL-7	Mallorca

Antes de la preparación del inóculo en primer lugar se seleccionaron los hongos de la colección de especies de Botryosphaeriaceae detectadas en Mallorca conservada a -80°C en el laboratorio de Patología Vegetal del Instituto Agroforestal Mediterráneo de la UPV. A continuación éstos se cultivaron en medio de cultivo patata dextrosa agar (39 g de patata-dextrosa-agar; 1 litro de agua destilada) en una placa petri y se pusieron en incubación a $25-26^{\circ}\text{C}$ durante 5 días.

Para la preparación del inóculo se utilizó medio de cultivo líquido Patata Dextrose Broth (PDB), preparado en unos recipientes de cristal de medio litro y autoclavados. En cada uno de ellos se pusieron trozos (6-7) de micelio del hongo de los aislados seleccionados. Los recipientes se pusieron en un incubador a 25°C de temperatura durante 4 días hasta que el hongo creciera lo suficiente en el medio del cultivo.

Una vez que el hongo creció suficiente se preparó el inóculo siguiendo la metodología de Twizeyimana, *et al.* (2013). Con una batidora se trituró la suspensión de micelio para homogeneizar el contenido por todo el recipiente. Para cada especie fúngica, la suspensión de micelio se ajustó a una concentración de 3×10^4 fragmentos de micelio / ml en un frasco con 200ml mediante una cámara de Thoma.

III. 1.4 Diseño del experimento

Para la evaluación de los tratamientos fungicidas, el ensayo consistió en podar el tronco principal de los plantones del almendro, en los que tras el corte se aplicaron inmediatamente los fungicidas y, luego, estos cortes se inocularon con una suspensión de fragmentos de micelio de

los hongos en dos momentos diferentes 1 y 7 días después del corte y aplicación del fungicida (Twizeyimana *et al.*, 2013).

El experimento se realizó en un invernadero climatizado de la Universitat Politècnica de Valencia, donde estaban los plantones del almendro. Se aplicaron 5 fungicidas (Boscalida, Mancozeb, Metil-tiofanato, Piraclostrobin, y Tebuconazol), inoculando 4 especies de hongos pertenecientes a la familia de la *Botryosphaeriaceae*, uno por cada corte (*Neofusicoccum mediterraneum*, *N. luteum*, *N. parvum*, y *Diploida seriata*), realizando 3 cortes por combinación de hongo y fungicida, e inoculando en dos tiempos diferentes (1 y 7 días después de la poda y la aplicación del fungicida). Eso supone un total de 120 cortes, uno por planta. Como el experimento se repitió dos veces se realizaron 240 cortes en total sin contar los controles. Los controles se inocularon con 4 hongos, realizando 3 cortes por combinación hongo y fungicida, en dos tiempos distintos en la inoculación (1 y 7 días después de la poda) y dos repeticiones, con 24 plantas por repetición, con un total de 48 cortes con ambas repeticiones. En total se utilizaron 288 plantas.

Antes de la realización de los cortes de poda se prepararon 5 pulverizadores manuales con un volumen de 180 ml, uno por cada fungicida. Se utilizó la concentración permitida para cada fungicida: Boscalida (120 gr por 100L), Mancozeb (300 gr por 100L), Metil-tiofanato (0,15%), Piraclostrobin (40 cc por 100L), y Tebuconazol (0,075%). Por lo que, en cada recipiente (aerosol) con la ayuda de una pipeta y una balanza de precisión se puso una cantidad de: Boscalida 0,216 gr, Mancozeb 0,54 gr, Metil-tiofanato 0,27 ml, Piraclostrobin 0,072 ml y Tebuconazol 0,135 gr.

Los cortes de poda se realizaron el día 29 de octubre del 2014, mediante tijeras de podar y se aplicaron los fungicidas. El día siguiente, el 30 de octubre del 2014, se inocularon mediante una micro pipeta con un volumen de 100µl de inóculo, los árboles del primer momento de inoculación. La segunda inoculación se realizó 7 días después de realizar los cortes de poda, en el día 05 de mayo del 2014 en ambas repeticiones. Justo después de la inoculación tanto los del día 1 como los del 7, los cortes se sellaron mediante cinta parafilm. En ambas fechas también se inocularon los controles sin tratar.

Una vez realizada la inoculación los árboles se mantuvieron cinco meses en el invernadero hasta su evaluación.

III. 1.5 Evaluación

Para evaluar el efecto de los fungicidas sobre los hongos se determinó el porcentaje de aislamiento de los hongos en las heridas de poda de las plantas inoculadas.

Transcurridos los cinco meses de incubación tras la inoculación, los árboles se cortaron mediante unas tijeras de podar por debajo de las lesiones producidas por los hongos. Los troncos se llevaron al laboratorio para limpiarlos, se eliminaron todos los brotes y hojas.

Después por cada tronco se corto una sección del mismo (de longitud 0,5-2cm) en la zona de avance del hongo o herida 0,5 mm por debajo del punto de corte.

Para hacer el aislamiento de hongos, se realizaba una desinfección externa de las secciones de los troncos. Estas secciones se introducían en un baño con alcohol del 70%, durante 5 segundos y la sección humedecida con el alcohol se pasaba por la llama de un mechero bunsen e inmediatamente se retiraba y se dejaba arder hasta que consumiera todo el alcohol.

A continuación, con la ayuda de unas tijeras y unas pinzas, por cada sección se extraían 7 pequeños fragmentos de la zona necrosada y estos se sembraban en placas de medio de patata dextrosa agar (39 g de patata-dextrosa-agar; 1 litro de agua destilada) al que se añadía 0,5 g de sulfato de estreptomicina (PDAS), una vez sembradas las placas, éstas se ponían en un incubador a temperatura de 25°C. Cada vez que se cambiaba de sección tanto las pinzas como las tijeras se pasaban por la llama bunsen para desinfectar el material.

Posteriormente, las placas se revisaban regularmente hasta que se apreciara crecimiento fúngico. Las diferentes colonias resultantes se repicaban a medio de cultivo PDA, incubándose durante unos días para ver si se trataba de un hongo perteneciente a la familia Botryosphaeriaceae según su morfología. Para la evaluación del aislamiento se contaba el número de fragmentos positivos para el aislamiento de Botryosphaeriaceae spp. del total de 7 fragmentos sembrados.

III. 2.Resultados

En primer lugar, se estudiaron de forma global los datos de los porcentajes de aislamiento de hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae, comparando los resultados obtenidos en los almendros inoculados 1 día después de la poda y tratamiento con fungicidas, frente a los resultados obtenidos en los almendros inoculados 7 días después de la poda y tratamiento con fungicidas, mediante un análisis de la varianza (ANOVA). El resultado mostró que había diferencias estadísticamente significativas entre la media del porcentaje de aislamiento de Botryosphaeriaceae entre 1 y 7 días ($P < 0.05$), con un intervalo de confianza del 95%, siendo la media del porcentaje de aislamiento en los almendros inoculados 1 día después de la poda y aplicación de fungicidas del 31.05% y a los 7 días del 41% (Figura 5).

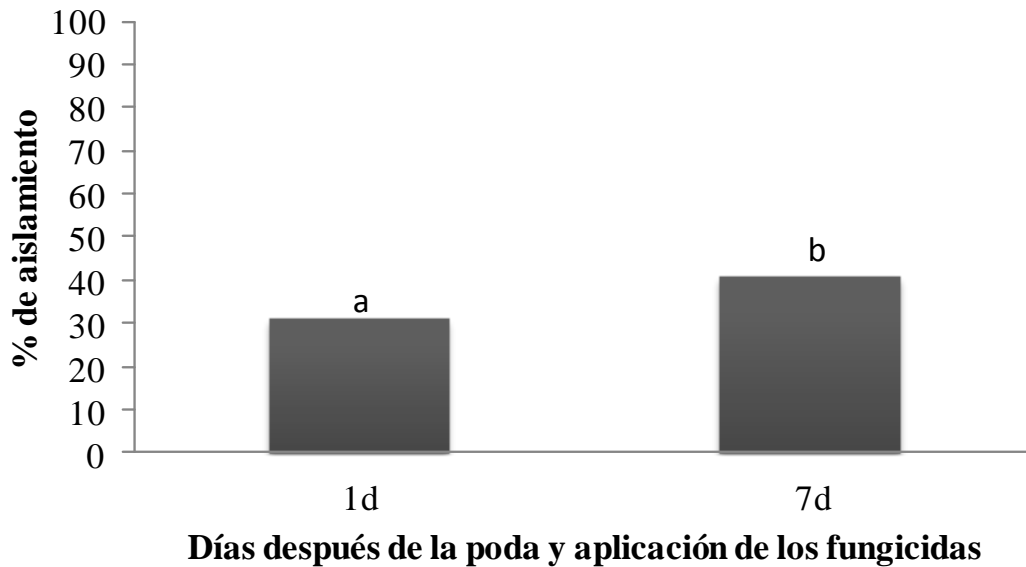


Figura 5: Comparación de las medias del porcentaje de aislamiento de hongos de la familia Botryosphaeriaceae respecto a la inoculación a un día (1d) y a siete días (7d) después de la poda y aplicación de fungicidas.

A partir de aquí, como hubo diferencias significativas entre fechas, éstas se analizaron por separado. Para cada fecha (1 o 7 días después de la poda u aplicación de fungicidas), se estudiaron en primer lugar las diferencias entre repeticiones, y posteriormente las diferencias entre hongos y fungicidas, así como su interacción.

III. 2.1 Resultados de la inoculación a 1 día después de la poda y aplicación de fungicidas.

En primer lugar, para el análisis de la inoculación realizada 1 día después de la poda y aplicación de fungicidas, se hizo una comparativa entre las 2 repeticiones del experimento, en la que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$). Por lo que, se pudo analizar de forma conjunta los datos obtenidos en ambas repeticiones.

A continuación, se realizó un análisis ANOVA multifactorial para determinar el efecto de los fungicidas, las especies fúngicas y su interacción, encontrándose diferencias significativas para los fungicidas evaluados ($F = 9,75$; $n = 5$; $P = 0.0000$), las especies fúngicas inoculadas ($F = 3,14$; $n = 3$; $P = 0.0279$). Sin embargo, la interacción entre ambos no fue significativa.

Las medias del porcentaje de aislamiento de Botryosphaeriaceae spp. en los 5 tratamientos fungicidas fueron significativamente inferiores a los obtenidos en el control sin tratar (65,48 %) (Figura 6). De los 5 fungicidas evaluados, el Metil-tiofanato y la Boscalida fueron los más efectivos para el control de Botryosphaeriaceae spp., con los valores medios de porcentaje de aislamiento más bajos (5,95 % y 22,02 % respectivamente). No obstante, sólo el Metil tiofanato fue significativamente diferente de Piraclostrobin, Tebuconazol y Mancozeb, no

presentando la Boscalida diferencias significativas respecto a estos tres fungicidas. Mancozeb, Piraclostrobin y Tebuconazol fueron los fungicidas menos efectivos para el control de Botryosphaeriaceae spp., siendo la medias del porcentaje de aislamiento mayores que en el caso de Bocalida y Metil-tiofanato (24,40 %; 35,11 %; 33,33 % respectivamente) (Figura 6).

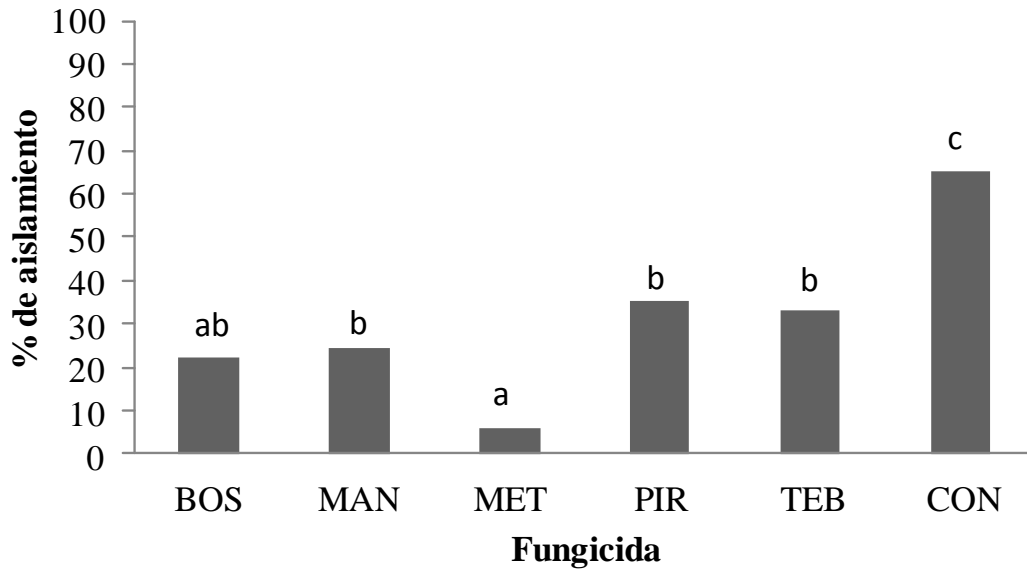


Figura 6: Comparación de las medias del porcentaje de aislamiento de hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae respecto al tipo de fungicida utilizado para la inoculación a 1 día después de la poda y tratamiento con fungicidas. Boscalida (BOS), Mancozeb (MAN), Metil-tiofanato (MET), Piraclostrobin (PIR), Tebuconazol (TEB) y Control (CON).

Respecto a las especies fúngicas pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae inoculadas, *Neofusicoccum luteum* y *N. parvum* presentaron unos valores mayores en las medias de porcentaje de aislamiento (44,04 % y 30,95 %, respectivamente) frente a las especies *Diplodia seriata* y *N. mediterraneum* (con 23,81% y 25,40%, respectivamente). No obstante, solo el reaislamiento de la especie *N. luteum* fue significativamente mayor respecto a: *D. seriata* y *N. mediterraneum*, no presentando *N. parvum* diferencias significativas respecto a estas dos especies (Figura 7).

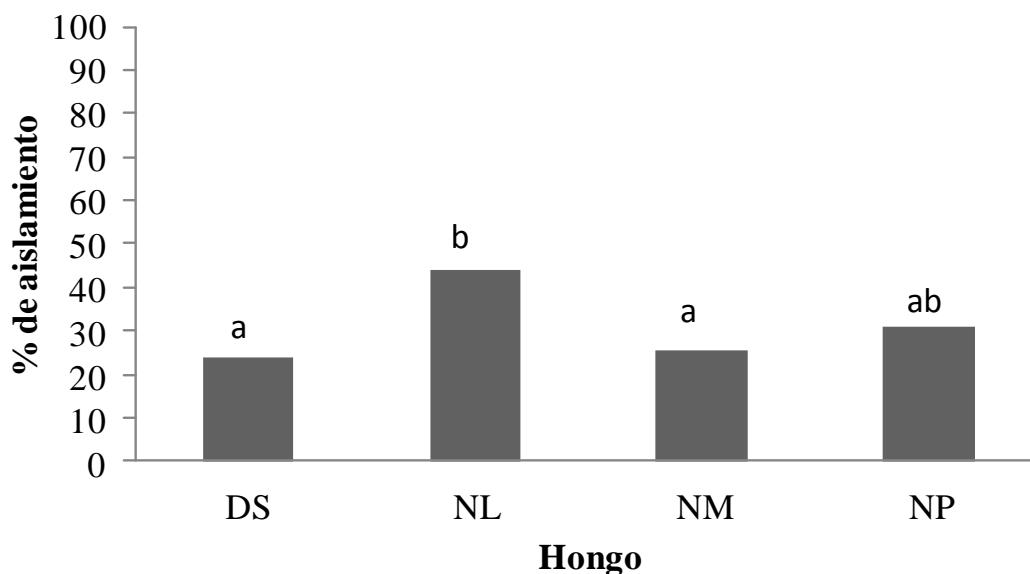


Figura 7: Comparación de las medias del porcentaje de aislamiento de las especies fúngicas pertenecientes a la familia de la Botryosphaeriaceae utilizadas en la inoculación a día 1 después de la poda y aplicación de fungicidas. Hongos utilizados: *Diplodia seriata* (DS), *Neofusicoccum mediterraneum* (NM), *N. luteum* (NL) y *N. parvum* (NP).

III. 2.2 Resultados de la inoculación a 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas.

Del mismo modo que se hizo para analizar los datos de la inoculación 1 día después de la poda y aplicación de fungicidas, para el análisis de la inoculación de hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae realizada a 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas, en primer lugar se hizo una comparativa entre las dos repeticiones del experimento mediante análisis ANOVA, en la que no se encontraron diferencias significativas entre repeticiones ($P > 0,05$). Por ello, se analizaron de forma conjunta los datos obtenidos en ambas repeticiones.

A continuación, se realizó un análisis ANOVA multifactorial para determinar el efecto de los fungicidas, las especies fúngicas y su interacción, encontrándose diferencias significativas para los fungicidas evaluados ($F = 10,22$; $n = 5$; $P = 0,0000$), pero no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las especies fúngicas inoculadas ($F = 0,70$; $n = 3$; $P = 0,5533$). Además, entre ambos factores (fungicidas y especies fúngicas inoculadas) la interacción sí fue significativa ($F = 1,82$; $n = 15$; $P = 0,0393$).

Los valores medios del porcentaje de aislamiento de Botryosphaeriaceae spp. en 4 de los 5 tratamientos fungicidas ensayados (Boscalida [44,04 %], Mancozeb [27,37 %], Metiltiofanato [11,90 %], y Tebuconazol [33,91 %]) fueron significativamente inferiores a los obtenidos en el control sin tratar (69,02 %), sin embargo el tratamiento con Piraclostrobin (con un valor medio del porcentaje de aislamiento del 59,51 %) no presentó diferencias significativas respecto al control. De los fungicidas evaluados, el Metil-tiofanto y el Mancozeb fueron los más efectivos para el control de Botryosphaeriaceae spp., con los valores medios de porcentaje de reaislamiento más bajos. No obstante, sólo el Metil-tiofanto fue significativamente diferente de

Piraclostrobin, Boscalida y Tebuconazol, no presentando el Mancozeb diferencias significativas respecto a los fungicidas Boscalida y Tebuconazol, pero sí con el Piraclostrobin. Menos eficaces para el control de Botryosphaeriaceae spp. fueron los tratamientos de Boscalida y del Tebuconazol, no presentando la Boscalida diferencias significativas con los tratamientos con Mancozeb, Tebuconazol y Piraclostrobin, y el Tebuconazol no presentando diferencias con los tratamientos fungicidas con Mancozeb y Boscalida. El único, tratamiento fungicida que no fue eficaz para el control de Botryosphaeriaceae spp. fue el Piraclostrobin que, como ya se ha comentado no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al control sin tratar (Figura 8).

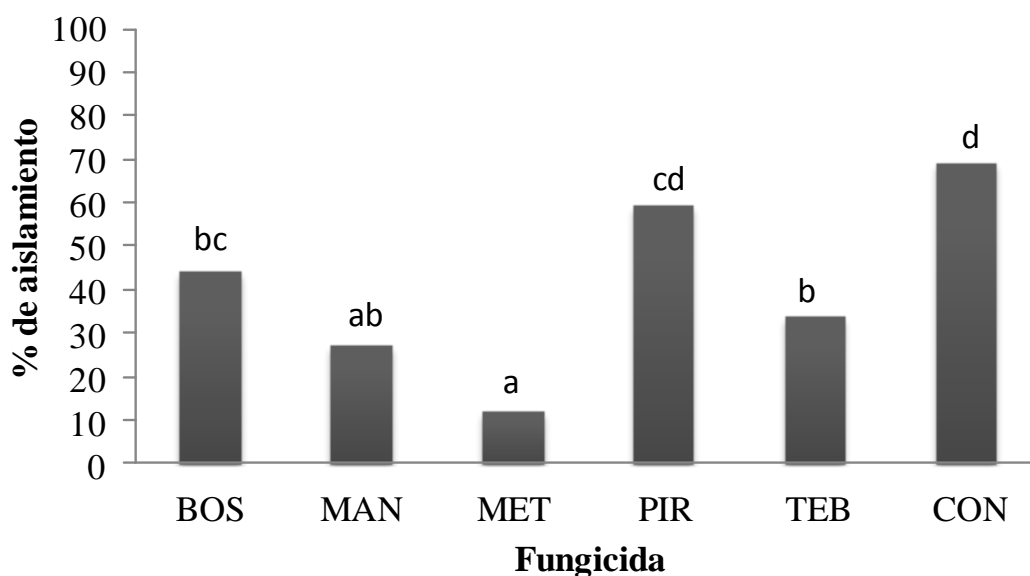


Figura 8: Comparación de las medias de porcentaje de aislamiento de hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae respecto al tipo de fungicida utilizado para la inoculación a 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas. Boscalida (BOS), Mancozeb (MAN), Metil-tiofanato (MET), Piraclostrobin (PIR), Tebuconazol (TEB) y Control (CON).

Respecto a las especies fúngicas inoculadas pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae, como ya se ha comentado anteriormente, no se observaron diferencias significativas entre ellas ($P > 0,05$), siendo los valores medios de los porcentajes de aislamiento de hongos los siguientes: *D. seriata* = 45,22 %; *N. luteum* = 44,43 %; *N. mediterraneum* = 36,5 % y *N. parvum* = 37,69 % (Figura 9).

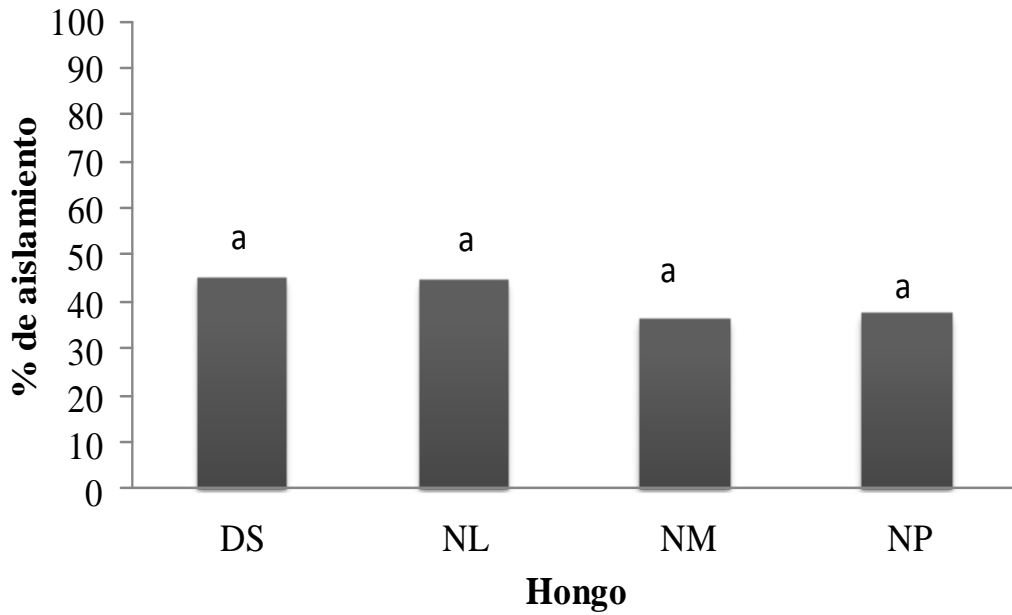


Figura 9: Comparación de las medias de porcentaje de aislamiento de las especies fúngicas pertenecientes a la familia de la Botryosphaeriaceae utilizadas en la inoculación a 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas. Hongos: *Diplodia seriata* (DS), *Neofusicoccum mediterraneum* (NM), *N. luteum* (NL), y *N. parvum* (NP).

Finalmente, en la Figura 10 se muestra la interacción entre los factores fungicida-especie fúngica inoculada sobre el porcentaje de aislamiento, que fue estadísticamente significativa ($P < 0,05$).

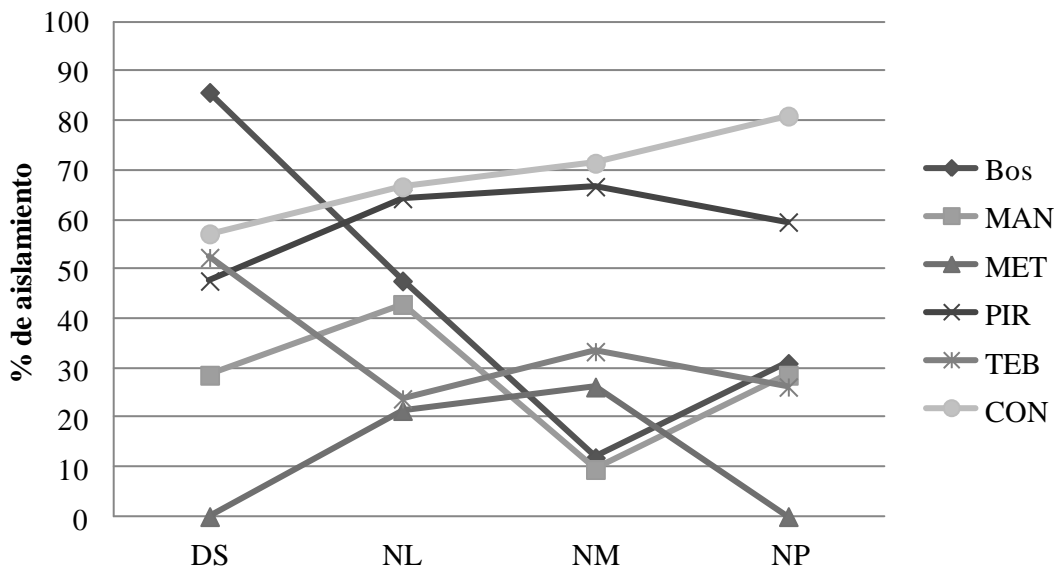


Figura 10: Interacción hongo-fungicida respecto al porcentaje de aislamiento de hongos pertenecientes a la familia de la Botryosphaeriaceae en la inoculación a 7 días después de la poda y la aplicación de fungicidas. Fungicidas: Boscalida (BOS), Mancozeb (MAN), Metil-tiofanato (MET), Piraclostrobin (PIR), Tebuconazol (TEB) y Control (CON). Hongos: *Diplodia seriata* (DS), *Neofusicoccum mediterraneum* (NM), *N. luteum* (NL), y *N. parvum* (NP).

III. 3 Discusión

Frente al problema de la seca de ramas y la muerte de almendros provocada por especies pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae que infectan a los árboles penetrando preferentemente por las heridas de poda, una posible solución para su control sería la protección de esas heridas con fungicidas. Para ello, se ha realizado una evaluación para comprobar la eficacia de cinco materias activas fungicidas y su persistencia, mediante la inoculación de cuatro especies fúngicas en dos fechas distintas, 1 día y 7 días después de realizar la poda y la aplicación de fungicidas.

Los resultados obtenidos en esta evaluación de tratamientos fungicidas muestran que hay diferencias estadísticamente significativas entre la inoculación realizada a 1 día y a 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas. Por tanto, esto nos indica que la eficacia de los fungicidas ha ido disminuyendo a lo largo del tiempo, probablemente debido a su degradación, mostrando diferencias en la actividad residual del fungicida para el control de las especies fúngicas inoculadas. De este modo, el porcentaje de aislamiento de Botryosphaeriaceae spp. para la inoculación a 1 día fue inferior respecto al obtenido 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas. Estos resultados contrastan con el estudio de Twizeyimana *et al.* (2013), en el cual no se encontraron diferencias significativas entre la inoculación a 1 día y 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas para la protección de heridas de poda en aguacate en California, no mostrando los fungicidas diferencias en su actividad con el transcurso del tiempo.

En la inoculación a 1 día después de la poda y la aplicación de los tratamientos fungicidas, los tratamientos con Metil-tiofanato y Boscalida fueron los fungicidas que mejor resultados proporcionaron, dando un menor porcentaje de reaislamiento de Botryosphaeriaceae spp.. En cambio, para la inoculación a 7 días después de la poda y aplicación de los tratamientos fungicidas, los fungicidas que dieron mejores resultados para el control de Botryosphaeriaceae spp. fueron el Metil-tiofanato y el Mancozeb. Tanto en la inoculación a 1 día como a 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas, el fungicida que mejor comportamiento tuvo fue el Metil-tiofanato, que mostró una persistencia y eficacia elevadas. De hecho, en los estudios existentes de evaluación de tratamientos fungicidas para el control y protección de heridas de poda frente Botryosphaeriaceae spp. en condiciones de campo de Amponsah *et al.* (2012) para viña en Nueva Zelanda; Luque *et al.* (2007) para *Quercus suber* L. en Cataluña; y Rolshausen *et al.* (2010) para viña en California, el tratamiento con Metil-tiofanato fue el más efectivo, con lo que estos estudios respaldan los resultados obtenidos en nuestro trabajo.

Por otra parte, en nuestro trabajo el Mancozeb no fue tan eficaz como la Boscalida y el Metil-tiofanato en la inoculación a 1 día después de la poda y aplicación de fungicidas, pero sí que el resultado del porcentaje de aislamiento a los 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas se mantuvo en un nivel similar al anterior, por lo que se trata de un fungicida con una degradación baja respecto al tiempo. Según los estudios existentes realizados utilizando la misma materia activa para *Protea magnifica* en Sudáfrica (Denman *et al.*, 2004) y para vid en Nueva Zelanda (Amponsah, *et al.*, (2012), de los tratamientos fungicidas iguales o similares a los utilizados en nuestro trabajo, el tratamiento con Mancozeb en *P. magnifica* y Prochloraz mc con Mancozeb para viña fueron los tratamientos más efectivos. Ahora bien, la Boscalida

presentó una eficacia elevada en el control de Botryosphaeriaceae spp. para la inoculación a 1 día después de la poda y aplicación de fungicidas pero no fue así a los 7 días, no presentando buenos resultados, por lo que se puede decir que es un fungicida poco persistente y con el tiempo pierde eficacia. En los estudios existentes para la evaluación de tratamientos fungicidas para la protección de heridas de poda frente a Botryosphaeriaceae spp. realizados con la misma materia activa para el cultivo de vid en Sudáfrica (Bester *et al.*, 2007) y para viña en Australia (Pitt *et al.*, 2012), en ambos casos el tratamiento con Boscalida para el control de Botryosphaeriaceae spp. *in vitro* fue ineficaz, por lo que no fue probado posteriormente en campo.

Respecto al Piraclostrobin, este producto apenas fue eficaz para 1 día y no lo fue a 7 días después de la poda y aplicación de fungicidas. Según Pitt *et al.* (2012) para vid en Australia y Twizeyimana *et al.* (2013), para aguacate en California, el Piraclostrobin en ensayos *in vitro* fue eficaz para el control de especies fúngicas pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae, en cambio en condiciones en campo y probados en plantas resultaron poco efectivos para la protección frente Botryosphaeriaceae spp.. Sin embargo, según Rolshausen, et al., (2010) el Piraclostrobin fue eficaz para el control y protección de la heridas de poda frente Botryosphaeriaceae spp. en el cultivo de la vid en Sonoma (California), en condiciones de campo.

Nuestros resultados indican que el Tebuconazol no fue tan eficaz como el Mancozeb y el Metil-tiofanato, pero mantuvo un porcentaje de reaislamiento similar y constante tanto a 1 día y 7 días después de la poda y aplicación de los fungicidas, por lo que aparece como un fungicida persistente. Los estudios para la evaluación de tratamientos fungicidas para la protección de heridas de poda frente a Botryosphaeriaceae spp. en condiciones de campo realizados por Bester *et al.* (2007) en Sud Africa; Pitt *et al.* (2012) en Australia; y Amponsah *et al.* (2012), en Nueva Zelanda; mostraron que los tratamientos con Tebuconazol fueron eficaces para el control de Botryosphaeriaceae spp.. Sin embargo, en el estudio de Denman *et al.* (2004), el Tebuconazol fue eficaz en el control de Botryosphaeriaceae spp. en condiciones *in vitro*, pero poco efectivo en condiciones de campo.

Respecto a la mayor o menor sensibilidad de los hongos frente a las distintas materias activas, los resultados mostraron que para la inoculación a 1 día después de la poda y la aplicación de los tratamientos fungicidas hubo diferencias significativas entre las distintas especies fúngicas pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae, siendo la especie *N. luteum* la menos sensible a la acción de los tratamientos fungicidas con un mayor porcentaje de aislamiento. Según el estudio de Amponsah *et al.* (2012), de evaluación de fungicidas para el control de Botryosphaeriaceae spp. en el cultivo de la vid en Nueva Zelanda, de las especies probadas *N. luteum* fue también la menos sensible a los tratamientos fungicidas, lo que confirma los resultados obtenidos en nuestro trabajo. En este caso, para la inoculación a 1 día después de la poda y aplicación de fungicidas, no fue significativa la interacción de la especie fúngica utilizada en la inoculación y el tratamiento fungicida.

En cambio, los resultados mostraron que para la inoculación a 7 días después de la poda y aplicación de los fungicidas, las cuatro especies fúngicas no mostraron diferencias

estadísticamente significativas frente a los diferentes fungicidas, siendo el porcentaje de aislamiento similar entre ellas. Hay que indicar que en este caso sí que hubo una interacción significativa entre las especies fúngicas utilizadas en la inoculación y los tratamientos fungicidas utilizados, incluido el control sin tratar, por lo que ciertas especies fúngicas tuvieron más resistencia a ciertas materias activas que otras, esto puede ser debido a la pérdida de actividad de los fungicidas a lo largo del tiempo y la menor o mayor actividad de cada uno.

Los resultados de la interacción mostraron que para la especie *D. seriata* el tratamiento fungicida con Boscalida resultó con un porcentaje de reaislamiento elevado, por lo que no fue eficaz para su control, en cambio para la misma especie los tratamientos con Mancozeb y Metil-tiofanato presentaron un porcentaje de aislamiento bajo, por lo que fueron adecuados para su control. Por otro lado los tratamientos con Tebuconazol y Piraclostrobin fueron pocos efectivos para esta especie. En la evaluación de tratamientos fungicidas para la protección de heridas de poda frente a Botryosphaeriaceae spp. en vid de Rolshausen *et al.* (2010) en California, entre las especies inoculadas se encontraba *D. seriata*, en la que se obtuvieron resultados similares, siendo el fungicida más efectivo frente a esta especie el Metil-tiofanato. En cambio, en la evaluación de tratamientos fungicidas para protección de heridas de poda en viña realizado por Pitt *et al.* (2012), de los tratamientos fungicidas evaluados fue el Tebuconazol el que presentó mejor resultado, mientras que en los tratamientos en condiciones de cultivo *in vitro* los más efectivos fueron tanto el Tebuconazol como el Piraclostrobin.

En la interacción de la especie *N. luteum* con los tratamientos fungicidas utilizados, los fungicidas con menor porcentaje de reaislamiento y que mejor resultado obtuvieron fueron el Metil-tiofanato y el Tebuconazol, seguidos del Mancozeb y con menor eficacia la Boscalida. El tratamiento con Piraclostrobin fue muy similar al control sin tratar, por lo que éste no resultó eficaz. En Nueva Zelanda, en el estudio de protección de heridas de poda en viña e inoculadas por *N. luteum* (Amponsah *et al.*, 2012), los tratamientos fungicidas más eficaces para el control de esta especie fueron el Tebuconazol, el Metil-tiofanato y el Mancozeb, por lo que estos resultados concuerdan con los nuestros. Por otra parte, en el estudio de Twizeyimana *et al.* (2013) en California para el control de Botryosphaeriaceae spp. en las heridas de poda realizadas en el aguacate, el Piraclostrobin fue efectivo *in vitro*, pero no lo fue en los experimentos en campo.

Para la especie *N. mediterraneum*, los tratamientos con menor porcentaje de aislamiento fueron el Mancozeb y la Boscalida, seguidos del Metil-tiofanato y el Tebuconazol, en cambio el Piraclostrobin no fue muy efectivo, con el mayor número de porcentaje de aislamiento. En esta especie no se han encontrado estudios publicados para comparar con nuestros resultados.

Para *N. parvum* el fungicida con menor porcentaje de aislamiento fue el Metil-tiofanato, siendo el Tebuconazol, el Mancozeb y la Boscalida también eficaces en el control de *N. parvum*, siendo además el Piraclostrobin el fungicida que presentó un porcentaje de aislamiento más alto y, por tanto, menor eficacia. En la evaluación de tratamientos fungicidas para la protección de heridas de poda en viña realizada en Sudáfrica por Bester *et al.* (2007), el Tebuconazol fue el fungicida más efectivo. En cambio, en la evaluación de tratamientos *in vitro* para el control de esta especie, la materia activa Boscalida no fue efectiva. En un estudio *in vitro* similar realizado

en el mismo cultivo en Australia por Pitt *et al.* (2012), para *N. parvum*, los tratamientos con Tebuconazol y Piraclostrobin fueron eficaces para su control, en cambio esta especie no fue probada en campo. Pero en el estudio de Twizeyimana *et al.* (2013), en California el Piraclostrobin fue también eficaz para el control de esta especie, pero en cambio, en condiciones de campo para la protección de heridas de poda en aguacate este fungicida no resulto eficaz. En estos estudios no utilizaron ni el Mancozeb ni el Metil-tiofanato para esta especie, por lo que no se pueden comparar.

En resumen, respecto a la eficacia y persistencia de los fungicidas evaluados en nuestro estudio, de los 5 tratamientos fungicidas evaluados, los que mostraron mejores resultados para el control y la protección de las heridas de poda frente a las especies fúngicas de la familia Botryosphaeriaceae tanto a 1 día como 7 días después de la poda y aplicación de los fungicidas fueron el Metil-tiofanato y el Mancozeb. También y en menor medida para ambos días el Tebuconazol mostró una buena eficacia en el control de Botryosphaeriaceae spp..

IV. CONCLUSIONES

IV. Conclusiones

De los resultados obtenidos se extraen las siguientes conclusiones:

- Se ha comprobado que, en general, todos los fungicidas aplicados para la protección de heridas de poda frente la infección por Botryosphaeriaceae spp. han perdido eficacia con el tiempo transcurrido desde el momento del tratamiento.
- De las cinco materias activas evaluadas para la protección de heridas de poda frente la infección por Botryosphaeriaceae spp., los fungicidas Metil-tiofanato y Mancozeb fueron los más eficaces, seguidos en menor medida por el Tebuconazol. El resto de materias activas Piraclostrobin y Boscalida fueron las menos eficaces.
- De las cuatro especies fúngicas inoculadas, *Neufusicoccum luteum* fue la menos sensible a los tratamientos fungicidas cuando la inoculación se realizó 1 día después de la poda y aplicación de fungicidas, mientras que a los 7 días no se observaron diferencias entre especies fúngicas.

V. BIBLIOGRAFÍA

V. BIBLIOGRAFÍA

- AGUSTI, M.** (2010). Fruticultura (2ª ed.). Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- AMPONSAH, N. T.; JONES, E.; RIDGWAY, H. J. and JASPERS, M. V.** (2012). Evaluation of fungicides for the management of *Botryosphaeria* dieback diseases of grapevines. *Pest Management Science*; 68: 676–683.
- ANONIMO.** (1985). Integrated pest management for almonds and University of California, publication 3308.
- BESTER, W.; CROUS, P.W. and FOURIE, P.H.** (2007). Evaluation of fungicides as potential grapevine pruning wound protectants against *Botryosphaeria* species. *Australasian Plant Pathology* 36:73–77.
- DE LIÑAN, C.** (2014). Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. Ed. Tecnoagrícola de Mexico. Madrid, España.
- DENMAN S; CROUS P.W.; SADIE A and WINGFIELD M.J.** (2004). Evaluation of fungicides for the control of *Botryosphaeria protearum* on *Protea magnifica* in the Western Cape province of South Africa. *Australasian Plant Pathology* 33, 97–102.
- FAO.** (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://faostat.fao.org>. Fecha de consulta: 09/06/2015.
- FRAC.** (2015). Fungicide Resistance Action Committee, <http://www.frac.info>. Fecha de consulta: 10/06/2015.
- GRAMAJE, D.; AGUSTÍ-BRISACH, C.; PÉREZ-SIERRA, A.; MORALEJO,E.; OLMO,D.; MOSTERT, L.; DAMM, U. and ARMENGOL, J.** (2012). Fungal trunk pathogens associated with wood decay of almond trees on Mallorca (Spain). *Persoonia* 28: 1–13.
- LUQUE J; PERA J and PARLADE J.** (2008). Evaluation of fungicides for the control of *Botryosphaeria corticola* on cork oak in Catalonia (NE Spain). *Forest Pathology* 38:147–155.
- MAGRAMA.** (2013). Anuario de estadística del 2013 del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, <http://www.magrama.gob.es>. Fecha de consulta: 09/06/2015.
- MATEO, G. Y CRESPO, M.** (2009). Manual para la determinación de la flora valenciana (4ªed). Ed. Librería compas. Alicante, España.
- MELGAREJO, P. Y SALAZAR, D.** (2002). El cultivo del Almendro. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- MONTESINOS, E.; MELGAREJO, P.; CAMBRA, M. A. y PINOCHET, J.** (2000). Enfermedades de los frutales de pepita y de hueso. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- MUNCHARAZ, M.** (2003). El almendro. Manual técnico. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.

NAVARRO, A. (2002). El almendro: Variedades y técnicas de cultivo (2ª ed.). Ed. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y pesca. Andalucía, España.

PITT, W. M.; SOSNOWSKI, M. R.; HUANG, R.; QIU, Y.; STEEL, C. C. and SAVOCCHIA, S. (2012). Evaluation of fungicides for the management of *Botryosphaeria* canker of grapevines. *Plant Disease*. 96:1303-1308.

ROLSHAUSEN, P. E.; URBEZ-TORRES J. R.; ROONEY-LATHAM S.; ESKALEN A.; SMITH R.J. and GUBLER W.D. (2010). Evaluation of pruning wound susceptibility and protection against fungi associated with grapevine trunk diseases. *American Journal of Enology and Viticulture* 61:113–119.

TWIZEYIMANA, M.; MCDONALD, V.; MAYORQUIN, J. S.; WANG, D. H.; NA, F.; AKGÜL, D. S. and ESKALEN, A. (2013). Effect of fungicide application on the management of avocado branch canker (formerly *Dothiorella* canker) in California. *Plant Disease*. 97:897-902.