



Universidad de Córdoba

MÁSTER EN PRODUCCIÓN, PROTECCIÓN Y MEJORA VEGETAL

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Departamento de Agronomía

Trabajo de Investigación Fin de Máster

Efecto de la temperatura, la humedad y la precipitación sobre la disponibilidad potencial de inóculo de *Polystigma amygdalinum*, agente causal de la mancha ocre del almendro

Por

Andrés Ollero Lara

Director: Prof. Dr. Antonio J. Trapero Casas

Codirector: Dr. Octavio Arquero Quílez

V° B° de los Directores:

Firma del estudiante:

Septiembre 2016

Sure I am that this day -- now we are the masters of our fate; that the task which has been set us is not above our strength; that its pangs and toils are not beyond our endurance. As long as we have faith in our cause and an unconquerable will-power, salvation will not be denied us. In the words of the Psalmist, "He shall not be afraid of evil tidings; his heart is fixed, trusting in the Lord."

Winston Churchill

'Masters of Our Fate' Speech to Joint Session of the U.S. Congress

Delivered 26 December 1941, Washington, D.C.

To Dr. Peter Jennings,

Agradecimientos

Al profesor Antonio Trapero Casas y al Dr. Ing. Agrónomo Octavio Arquero Quílez por concederme, por segunda vez, el privilegio de ser discípulo de ambos y darme la oportunidad de poder aprender todo lo que estoy aprendiendo de ellos.

A D^a María Lovera Manzanares por su incansable ayuda, consejos y paciencia.

A los doctores Luis Roca y Juan Moral por ayudarme a resolver las preguntas y cuestiones que les he planteado.

A todo el personal técnico del laboratorio de Patología Agroforestal de la Universidad de Córdoba y del Departamento de Fruticultura del IFAPA en Córdoba, en especial a Francisco, Paqui, Cristi, Marcelino, Julio y Manolo, por la especial atención y dedicación que han tenido a los trabajos que hemos realizado, más allá de lo que son sus normales obligaciones.

A mis compañeros de laboratorio y del máster por ayudarme a tener éxito en superar las tareas del laboratorio, de campo y del máster.

Llegado a este punto, quiero mostrar mi agradecimiento a las empresas e instituciones que me han proporcionado financiación de mis estudios, ya sea en forma de salario o beca. Por orden cronológico: Excmo. Ayuntamiento de Villaharta (cinco veranos como socorrista), Monsanto Agricultura España (una campaña como promotor de ventas), José Serrano Gutiérrez S.L. (dos campañas como promotor de ventas), BASF Española S.L. (dos campañas como becario) y BASF SE (una campaña como becario). Agradezco al Ministerio de Educación, Cultura y Deporte las becas que me ha concedido.

A mis padres, hermanos y a Bandido, por quererme tanto y ayudarme en seguir avanzando.

Resumen

Los efectos de la temperatura, la humedad y las precipitaciones sobre la disponibilidad potencial de inóculo existente en hojas de almendro procedentes del cultivar Guara naturalmente infectadas por *Polystigma amygdalinum*, el agente causal de la mancha ocre, han sido estudiados en condiciones de campo. Para ello, entre los años 2013 y 2016, se ha estudiado la evolución temporal de la producción y liberación potencial de ascosporas mediante el conteo de muestras obtenidas por trituración de hojas naturalmente infectadas, depositadas en mallas clavadas en el suelo bajo la copa de los almendros de la parcela experimental de la finca experimental del centro Alameda del Obispo perteneciente al Instituto de Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) en Córdoba y se ha estudiado la existencia de relaciones estadísticamente significativas con la temperatura, la humedad y la precipitación, mediante la información generada por una estación agroclimática sita en la misma finca experimental. El inicio de la disponibilidad potencial de inóculo ha sido más temprano cuanto más frío ha ocurrido durante la maduración de los ascocarpos en las hojas, y se ha prolongado más en el tiempo cuantos más periodos de humectación ha habido gracias a la distribución de las precipitaciones a lo largo de la primavera y el verano. La cantidad de inóculo disponible tras un verano suave es más elevada que tras un verano de temperaturas más elevadas. Las temperaturas frías de septiembre a diciembre y las suaves de enero a abril, contribuyen a aumentar el número de ascosporas resultante. Las humedades entre el 40 y el 80% contribuyen al aumento de número de ascosporas disponibles, si bien periodos prolongados con humedades medias al 90% son contraproducentes en el periodo de septiembre a diciembre.

Índice

1. Introducción	1
El cultivo del almendro	1
La mancha ocre del almendro	1
Síntomas y daños.....	2
Agente causal	3
Desarrollo de la enfermedad	3
Métodos de control.....	4
2. Objetivos	5
3. Materiales y métodos	6
Material vegetal y método de extracción de ascosporas	6
Parámetros climáticos	8
4. Resultados	10
Producción y liberación potencial de ascosporas	10
5. Discusión.....	16
6. Conclusiones	21
7. Bibliografía	22

Índice de tablas

Tabla 1. Volúmenes de agua destilada empleados para la extracción de.....	7
Tabla 2. Periodos en los que se divide la campaña según el estado de desarrollo de <i>Polystigma amygdalinum</i>	9
Tabla 3. Parámetros climáticos estudiados para la relación de ascosporas disponibles con el ciclo anual del hongo.	9
Tabla 4. Variables climáticas relacionadas con la detección de ascosporas 7 y 15 días antes.....	9
Tabla 5. Suma de ascosporas detectadas durante cada campaña.....	15
Tabla 6. Valores de las variables climáticas empleadas en el análisis por periodos.	15
Tabla 7. Variables correlacionadas con la cantidad de ascosporas anual.....	15
Tabla 8. Resultados de los parámetros climáticos para la discusión de lo propuesto por Ghazanfari y Banihashemi (1976).....	16

Índice de figuras

Figura 1. Síntomas de mancha ocre en almendro. A, síntomas iniciales. B, síntomas típicos de mancha ocre C, hojas fuentes de inóculo ya esporuladas por mancha ocre.	2
Figura 2. Disposición de mallas con hojas en el campo experimental de Córdoba.	6
Figura 3. Material empleado en la extracción.	7
Figura 4. Suspensión obtenida del extracto de hojas de almendro afectadas de mancha ocre en cámara Neubauer observada en el microscopio a 400x. Las flechas indican las ascosporas de <i>Polystigma amygdalinum</i>	8
Figura 5. Media de ascosporas por gramo de hoja y su error estándar para la campaña 2013/2014.....	11
Figura 6. Media de ascosporas por gramo de hoja y su error estándar para la campaña 2014/2015.....	11
Figura 7. Media de ascosporas por gramo de hoja y su error estándar para la campaña 2015/2016.....	12
Figura 8. Registro de temperaturas mínimas en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16.....	13
Figura 9. Registro de temperaturas medias en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16.	13
Figura 10. Registro de humedades relativas máximas en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16. ..	13
Figura 11. Registro de humedades relativas medias en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16.	14
Figura 12. Registro de humedades relativas mínimas en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16....	14
Figura 13. Registro precipitaciones en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16.....	14

1. Introducción

El cultivo del almendro

El almendro, con unas 500.000 ha, es el segundo frutal con mayor superficie cultivada en España. Tradicionalmente cultivado en zonas con malas condiciones edafoclimáticas y orográficas, ha sido un cultivo frutal marginal con una productividad inferior a los 150 kg/ha de almendra grano, mientras que el máximo potencial productivo de esta especie puede situarse sobre los 3.000 kg/ha. El alza del consumo y, por ende, de los precios de la almendra está auspiciando la expansión del cultivo hacia zonas con suelos más potentes y clima más benignos para el cultivo, con implantación de riego (Arquero *et al.* 2013).

En los últimos años, está teniendo lugar un proceso de reconversión varietal y de expansión a nuevas áreas en el cultivo del almendro en España mediante la sustitución de las variedades tradicionales españolas, autoincompatibles y de floración temprana, por nuevos cultivares obtenidos mediante programas de mejora, casi todos ellos de floración tardía y autofértiles.

Uno de los principales problemas que están presentando las nuevas plantaciones es la incidencia de enfermedades (Ollero, 2015), agravado por el desconocimiento sobre el grado de susceptibilidad a las enfermedades de las nuevas variedades. Para la mancha ocre, este conocimiento es limitado, aunque se han observado diferencias marcadas de susceptibilidad entre algunas variedades en Andalucía (Ollero-Lara *et al.* 2016).

La mancha ocre del almendro

La mancha ocre es una micosis de la parte aérea, causada por el hongo *Polystigma amygdalinum*, descrita y extendida por la cuenca Mediterránea y Oriente Próximo, aunque no está descrita en las mayores zonas productoras del mundo donde se cultiva el almendro, como América o Australia (Ollero-Lara *et al.* 2016). En España, la mancha parda o mancha ocre del almendro era común y conocida desde antiguo (González-Fragoso, 1927), aunque de poca importancia, pero actualmente se considera muy relevante por su alta prevalencia e incidencia, sobre todo en zonas de interior. Las causas para el aumento de su importancia se achacan al establecimiento de nuevas plantaciones en zonas no tradicionales con nuevos cultivares más susceptibles a la enfermedad y las condiciones climáticas de las últimas décadas, con temperaturas más

suaves en otoño e invierno (Almacellas, 2014). Debido a la importancia actual de la enfermedad y su escaso conocimiento, recientemente se ha iniciado un estudio conjunto entre el grupo de investigación AGR-216 “Patología Agroforestal” de la Universidad de Córdoba y el grupo “Fruticultura Mediterránea” del IFAPA-Córdoba sobre su epidemiología y medidas de control (Lovera *et al.*, 2014).

Síntomas y daños

Los síntomas de mancha ocre en almendro son muy característicos y se restringen al limbo foliar (**figura 1A**). Las lesiones aparecen tras un periodo de incubación de 30 a 35 días (Banihashemi, 1990), comenzando por manchas diminutas, deformes, elípticas e irregulares (**figura 1B**), hasta llegar a ser manchas extensas coalescentes que pueden cubrir casi la totalidad del limbo foliar. Las infección provoca la hipertrofia de los tejidos foliares, lo que junto al desarrollo de un estroma fúngico en el interior de los mismos, origina la deformación y, a veces, el enrollamiento de la hoja (**figura 1C**). Las manchas son de tonalidad amarillenta al principio y tornan a naranja, rojizo, marrón, oscureciéndose progresivamente hasta negro. En el estroma se desarrollan cuerpos fructíferos asexuales, que se han identificado como picnidios productores de conidios, aunque estos conidios no tienen capacidad germinativa, por lo que los cuerpos fructíferos son realmente espermogonios productores de espermacias para la reproducción sexual del hongo. Cuando las lesiones oscurecen, se forman los cuerpos fructíferos sexuales o peritecios, los cuales crecen y maduran durante el otoño-invierno, después de la caída de las hojas, formando ascas y ascosporas (Teviotdale *et al.*, 2002; Melgarejo *et al.*, 2010; Almacellas, 2014).

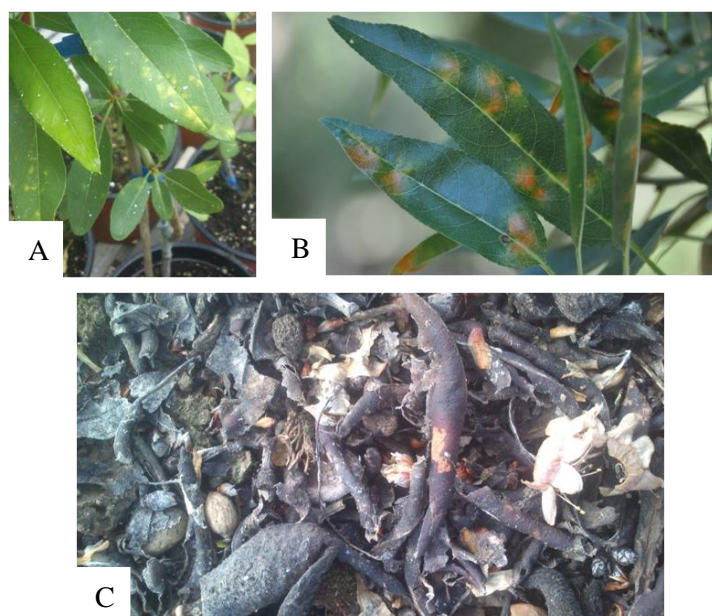


Figura 1. Síntomas de mancha ocre en almendro. A, síntomas iniciales. B, síntomas típicos de mancha ocre C, hojas fuentes de inóculo ya esporuladas por mancha ocre.

Al ser la hoja el único órgano del árbol afectado, la mancha ocre provoca un debilitamiento del árbol por la reducción de la superficie foliar fotosintéticamente activa. Aunque no se ha evaluado el impacto de esta enfermedad sobre el almendro, en situaciones de infecciones severas y prolongadas en años, repercute negativamente en los estados vegetativo y productivo del árbol. Ocasionalmente, infecciones muy severas y condiciones de secano, pueden inducir a una elevada caída de hoja en verano.

Agente causal

El agente causal de la mancha ocre del almendro es un ascomiceto denominado actualmente como *Polystigma amygdalinum* P.F. Cannon, aunque el patógeno es más conocido por alguno de sus sinónimos, como *Polystigma ochraceum* o *Polystigma fulvum*. Se trata de un patógeno biotrofo, específico del almendro (Cannon, 1996; Almacellas, 2014), cuyo estado asexual (conidial/espermogonial) pertenece al género *Polystigma*. La especie *P. amygdalinum* se diferencia de otras especies del género *Polystigma*, las cuales afectan a numerosas rosáceas del género *Prunus*, por la especificidad de huésped, la coloración del estroma y la morfología de los cuerpos fructíferos y esporas (Cannon, 1996). Debido a su especificidad de huésped, a su limitada distribución geográfica y a la imposibilidad de cultivarlo en medios artificiales, las investigaciones sobre este hongo y otras especies del género *Polystigma* son muy escasas (Cannon, 1996), aunque estudios filogenéticos recientes señalan que estos hongos no pertenecen a los *Phyllachorales*, como se había considerado hasta ahora, sino que se clasificarían entre los *Xylariomycetidae* (Habibi *et al.*, 2015).

Desarrollo de la enfermedad

La fuente de inóculo son las hojas infectadas por el hongo en el periodo vegetativo que caen al suelo en el otoño-invierno. En ellas se desarrolla el estado sexual formado por ascomas periteciales o peritecios que albergan ascas y éstas a su vez ascosporas, las cuales se dispersan por el aire e infectan a las nuevas hojas del almendro en la campaña siguiente. En Irán, Ghazanfari y Banihashemi (1976) comprobaron que el mayor número de peritecios maduraron bajo la acción directa del clima en otoño-invierno, tanto en hojas superficiales como en las enterradas a 5 cm de profundidad. Los resultados de estos estudios también les permitieron proponer que, cuando la humedad no es limitante, el inicio de la maduración de los peritecios se produce a 10°C, y que

para su desarrollo y posterior maduración requieren de temperaturas por debajo de 10°C. Banihashemi (1990) demostró que la descarga de ascosporas está relacionada con los periodos de lluvia, comenzando al inicio de la floración y alcanzando el máximo a la caída de los pétalos. En Líbano, la descarga de ascosporas puede ocurrir de forma escalonada entre febrero y mitad de mayo (Saad y Masannat, 1997).

No se ha demostrado la ocurrencia de ciclos secundarios de la enfermedad por acción de los conidios que se producen en los picnidios formados en las hojas infectadas en primavera (Saad y Masannat, 1997; Shabi, 1997; Almacellas y Marín, 2011; Barrios *et al.*, 2011), ya que dichos conidios no tienen capacidad infectiva y sirven como espermacias para la reproducción sexual del patógeno (Cannon, 1996). Se trata, por tanto, de una enfermedad monocíclica, siendo las ascosporas producidas en las hojas caídas al suelo en otoño el único inóculo infectivo para las hojas que se desarrollan en la primavera siguiente.

Métodos de control

Como enfermedad monocíclica, las medidas de control deben ir dirigidas sobre todo a la eliminación o reducción de las ascosporas producidas en las hojas del año anterior que se mantienen en el suelo. Por ello, es fundamental mantener limpia de hojas afectadas la plantación (Arquero *et al.*, 2013; Almacellas, 2014), no picar hojas infectadas y no incorporarlas al suelo, pues como demostró Banihashemi (1990), se mantiene una gran producción de ascosporas incluso a 5 cm de profundidad. Un tratamiento que ha resultado efectivo para reducir la producción de inóculo en las hojas caídas es la aplicación de urea, ya que ello facilita la descomposición más rápida de las hojas evitando el desarrollo del estado sexual del patógeno (Lin y Szeinberg., 1992). La aplicación de fungicidas a las hojas caídas en otoño podría ser otra medida para reducir el inóculo, pero esta alternativa no ha sido investigada.

Los tratamientos fungicidas de los árboles en primavera para proteger o reducir las infecciones foliares deberán hacerse a la salida de la hoja y repetirse si se tiene constancia de elevada prevalencia de la enfermedad en la zona por inóculo de la propia parcela o de zonas cercanas. Aunque en otros países se ha destacado la eficacia de diversos fungicidas, tanto protectores como sistémicos (Arquero *et al.*, 2013; Miarnau y Vargas, 2013; Almacellas, 2014; Bayt-Tork *et al.*, 2014), en España los únicos productos registrados para el control de esta enfermedad son formulados a base de

Captan y Tiram, que son fungicidas de contacto y deben utilizarse de forma preventiva (MAGRAMA, 2016). No obstante, existen fungicidas penetrantes y sistémicos registrados para otras enfermedades del almendro que podrían ser de interés como tratamientos erradicantes o curativos de las infecciones recién establecidas.

2. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es caracterizar el ciclo biológico de *Polystigma amygdalinum* y conocer los factores que determinan dicho ciclo para poder establecer recomendaciones de control fitosanitario en Andalucía. Para alcanzar dicho objetivo se han propuesto los siguientes objetivos específicos:

1. Conocer la disponibilidad potencial de inóculo a partir de hojas naturalmente infectadas de mancha ocre procedentes del cultivar susceptible ‘Guara’, tras su exposición a condiciones naturales y posterior estudio en laboratorio.
2. Conocer qué factores climáticos determinan la aparición de inóculo en el ambiente y su abundancia, mediante el estudio de los parámetros climáticos registrados en la estación agroclimática próxima al campo experimental.

3. Materiales y métodos

Material vegetal y método de extracción de ascosporas

Para realizar este trabajo se recogieron hojas con síntomas de mancha ocre del cultivar Guara procedentes del campo experimental de almendros del IFAPA en Córdoba. En el mes de septiembre de 2013, 2014 y 2015 se prepararon las hojas de almendro en mallas de nylon sobre el suelo y siempre bajo la copa de varios almendros en un campo experimental de Córdoba de coordenadas X: 341.069.45 m e Y: 4.190.752.83 m. Se prepararon 40 bolsas para cada campaña y se colocaron cuatro bolsas por cada árbol (**figura 2**).



Figura 2. Disposición de las mallas con hojas en el campo experimental del IFAPA de Córdoba.

Semanalmente, entre los meses de enero y mayo de 2014, se recogió una bolsa de hojas para su procesado en laboratorio. A partir del 1 de diciembre de 2014 se tomó una bolsa de hojas quincenalmente para procesarlas, como se describe a continuación. Cada muestra se lavó para retirar la suciedad adherida y se dejó secar durante 24 horas a temperatura ambiente. Después se procedió a dividir la muestra en cuatro submuestras de peso similares. Seguidamente se procedió a la extracción de las ascosporas mediante el triturado de las hojas en un mortero de porcelana. El polvo resultante se diluyó en un volumen de agua destilada depositada en un matraz Erlenmeyer, con la proporción indicada en la **tabla 1**. Posteriormente, la suspensión se agitaba durante cuatro horas en

un agitador para, a continuación, filtrar con una gasa de hilo estéril el contenido del matraz Erlenmeyer inicial a uno nuevo, y se colocaba sobre un agitador magnético para mantenerlo en agitación hasta su inmediato conteo con una cámara de Neubauer en el microscopio. Con una micropipeta se cargaron 10µl de suspensión en cada una las dos áreas de conteo de la cámara Neubauer. La observación se realizó con un microscopio YS100 Nikon a 400x. El material empleado en la extracción aparece en la **figura 3**.

Tabla 1. Volúmenes de agua destilada empleados para la extracción de ascosporas mediante triturado en función del peso de la muestra.

Peso (g)	Volumen (ml)
0-0.5	20
0.5-1	30
1-3	40
3-4	60
4-5	80



Figura 3. Material empleado para la extracción de ascosporas de las muestras de hojas.

Las ascosporas de *P. amygdalinum* se identificaron según lo descrito por Cannon (1996). Las características descritas de las ascosporas son: tamaño (13-) 14-16,5 × 5,5-6,5 µm, con forma ovalada, borde ligeramente tintado, hialinas y de contenido granular,. La medida resultante de los conteos se expresó como el número de ascosporas por unidad de peso seco de hoja (en gramos), cuyos valores fueron estimados a partir del peso de las hojas y volumen de agua empleados durante la extracción y conteo de las ascosporas. En la **figura 4** aparece un ejemplo de lo observado en la cámara de Neubauer a 400x.

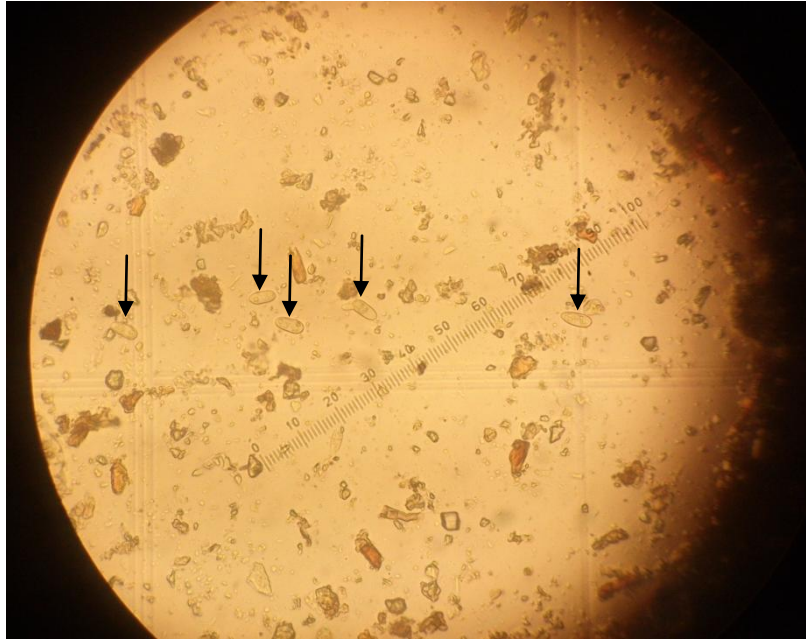


Figura 4. Suspensión obtenida del extracto de hojas de almendro afectadas de mancha ocre en cámara Neubauer observada en el microscopio a 400x. Las flechas indican las ascosporas de *Polystigma amygdalinum*.

Los cálculos empleados para obtener la cantidad de ascosporas por mililitro de submuestra fueron:

$$\text{n}^\circ \text{ ascosporas/ml de la submuestra} = \frac{\sum \text{ascosporas en cada recuadro}}{8} \times 10.000$$

El número de ascosporas por gramo de hoja se calculó del siguiente modo:

$$\text{n}^\circ \text{ ascosporas por gramo de hoja} = \frac{\frac{\text{n}^\circ \text{ ascosporas}}{\text{ml}} \times \text{volumen de agua destilada}}{\text{peso hojas de la submuestra}}$$

Con los cuatros valores obtenidos de cada submuestra se realizó la media aritmética, que fue el valor considerado en los resultados.

Parámetros climáticos

Los datos climáticos se obtuvieron de la Red de Estaciones Agroclimáticas del IFAPA, en concreto de la estación agroclimática sita en la finca experimental de la Alameda del Obispo, con coordenadas X: 341399.0 m e Y: 4191480.0 m. El estudio climático se abordó con dos estrategias para comprobar la existencia de relaciones estadísticamente significativa entre la cantidad de ascosporas detectada en las hojas y los parámetros climáticos. La primera estrategia consistió en estudiar la cantidad de ascosporas disponible en relación con el ciclo anual del patógeno, estableciendo cuatro

periodos en los que se puede dividir el ciclo biológico del hongo, los cuales han sido descritos en la **tabla 2** durante las campañas 13/14, 14/15 y 15/16. Los parámetros climáticos considerados se describen en la **tabla 3**. La segunda estrategia consistió en determinar la existencia o no de relación significativa entre la cantidad de ascosporas disponibles en las hojas y la situación climática que había sufrido la muestra de hojas siete y quince días antes del muestreo. Las variables climáticas creadas para ello se describen en la **tabla 4**. El diseño de todos los parámetros está basado en lo propuesto por Ghazanfari y Banihashemi (1976): días con temperaturas medias inferiores a cero, cinco y diez grados Celsius, efecto de humedades relativas mínimas y máximas días antes de detección de ascosporas, días de lluvia, milímetros acumulados en la campaña, días de lluvia antes de la detección de ascosporas.

Tabla 2. Periodos en los que se divide el ciclo biológico según el estado de desarrollo de *Polystigma amygdalinum*.

Estado de desarrollo del hongo	Época del año
Desarrollo de peritecios=1	Septiembre-Diciembre
Desarrollo de ascas y ascosporas=2	Enero –Abril
Reproducción sexual: formación de peritecios=3	Mayo-Junio
Periodo de reposo=4	Julio-Agosto

Tabla 3. Parámetros climáticos estudiados para la relación de ascosporas disponibles con el ciclo anual del hongo.

Acrónimo	Descripción
mTmed	Media de temperaturas medias
mTmáx	Media de temperaturas máximas
mTmín	Media de temperaturas mínimas
mHmed	Media de humedades medias
mHmáx	Media de humedades máximas
mHmín	Media de humedades mínimas
sumPrep	Sumatorio de precipitaciones
nDprep	Número de días con precipitaciones
nDTmed>30	Número de días con temperatura media superior a 30°C
nDHmed>90	Número de días con humedades medias superiores a 90%
nDTmed<5	Número de días con temperaturas medias inferiores a 5°C
nDTmed<10	Número de días con temperaturas medias inferiores a 10°C

Tabla 4. Variables climáticas relacionadas con la detección de ascosporas 7 y 15 días antes.

Acrónimo	Descripción
mTmed15	Media de temperaturas medias 15 días antes
mTmed15	Media de temperaturas medias 15 días antes
mTmáx15	Media de temperaturas máximas 15 días antes
mTmín15	Media de temperaturas mínimas 15 días antes
mHmed15	Media de humedades medias 15 días antes
mHmáx15	Media de humedades máximas 15 días antes
mHmín15	Media de humedades mínimas 15 días antes
nDprep15	Número de días con precipitaciones 15 días antes
mmPrep15	Sumatorio de precipitaciones 15 días antes

El análisis estadístico de ambas estrategias consistió en el estudio de la significación de los resultados obtenidos tras emplear la correlación de Pearson con el paquete estadístico Statistix®v.10. Para el análisis estadístico anual (primera estrategia) se empleó la suma de las ascosporas detectadas en cada uno de los cuatro periodos en que se dividió la campaña de estudio. Para el análisis estadístico intra-anual (segunda estrategia) se emplearon todos los análisis de detección de ascosporas disponibles hasta el 30 de junio de 2016.

4. Resultados

Producción y liberación potencial de ascosporas

El periodo de medición de ascosporas mediante trituración de hojas comprendió desde enero hasta julio durante los años 2014, 2015 y 2016. En las **figuras 5, 6 y 7** se representa la media de ascosporas obtenidas por gramo de hoja.

En el año 2014 el primer registro de ascosporas se produjo el 23 de enero, si bien el primer pico de importancia se produjo el 6 de febrero con 8×10^6 ascosporas por gramo de hoja. Posteriormente, las hojas presentaron valores elevados de ascosporas hasta un máximo que se alcanzó el 12 de marzo con 11×10^6 ascosporas/g de hoja. Tras este máximo, los valores disminuyeron progresivamente manteniéndose inferiores a 6×10^6 ascosporas/g de hoja. Como resumen de esta campaña, se puede considerar que los valores máximos de ascosporas estuvieron en torno a 10×10^6 ascosporas/g de hoja y se mantuvieron desde el 6 de febrero hasta el 12 de marzo, para luego disminuir progresivamente hasta junio.

En el año 2015, la primera detección de ascosporas ocurrió el 2 de enero, aunque el primer resultado de importancia no se produjo hasta el 2 de marzo, con 20×10^6 ascosporas/g de hoja. El máximo de 2015 se obtuvo el día 1 de mayo con 113×10^6 ascosporas/g de hoja y se dejaron de registrar cantidades importantes de ascosporas el 16 de julio, aunque se encontraron ascosporas hasta el mes de agosto. Como resumen de esta campaña, se puede considerar que los valores máximos de ascosporas estuvieron en torno a 100×10^6 ascosporas/g de hoja y se mantuvieron con grandes oscilaciones desde el 15 de marzo hasta el 15 de mayo, para luego disminuir marcadamente hasta septiembre.

Por último, en el año 2016 el primer registro de ascosporas disponibles aconteció el 1 de marzo y el máximo el 15 de abril con $8,2 \times 10^6$ ascosporas/g de hoja. El día 15 de junio de 2016 aún se encontraron ascosporas en las hojas con $0,5 \times 10^6$ ascosporas/g de hoja. Como resumen de esta campaña, se puede considerar que el valor máximo de ascosporas fue puntual ($8,2 \times 10^6$ ascosporas/g de hoja), correspondiente al registro del 15 de abril, siendo los valores del resto del periodo de producción relativamente bajos, exceptuando el mes de abril.

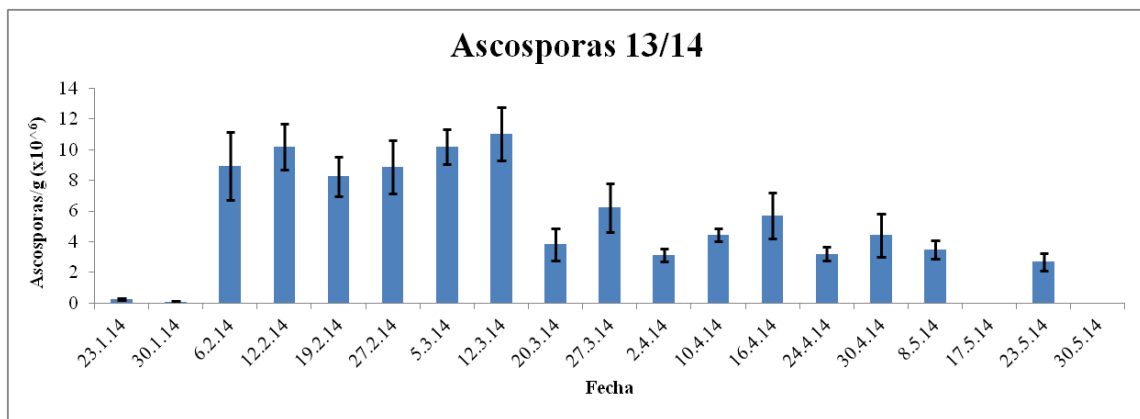


Figura 5. Media de ascosporas por gramo de hoja y su error estándar para la campaña 2013/2014.

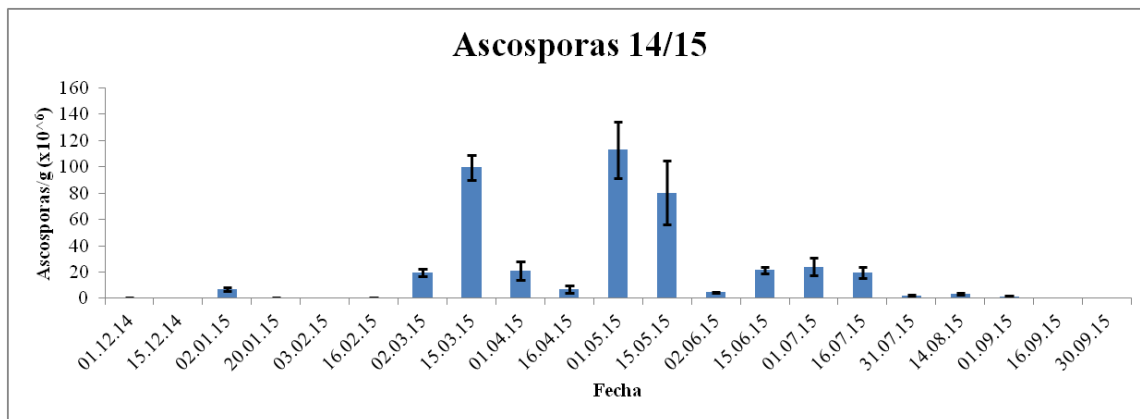


Figura 6. Media de ascosporas por gramo de hoja y su error estándar para la campaña 2014/2015.

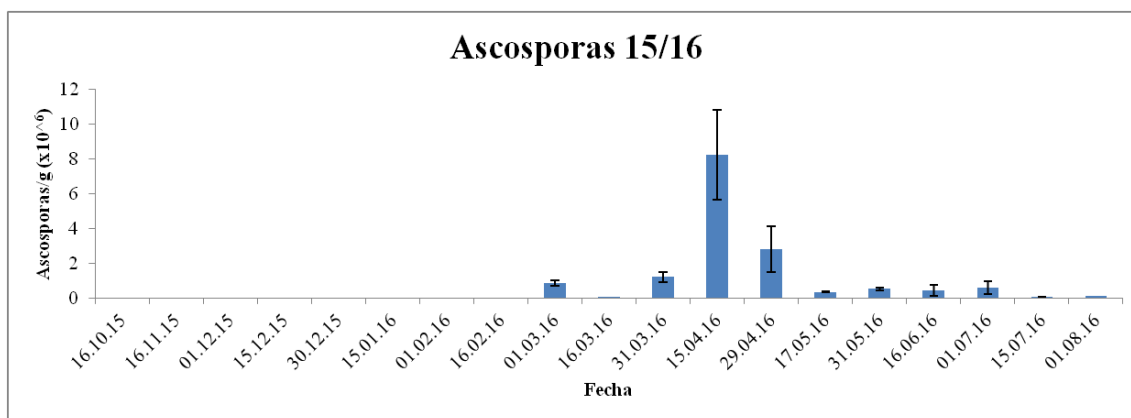


Figura 7. Media de ascosporas por gramo de hoja y su error estándar para la campaña 2015/2016.

Los parámetros climáticos; temperaturas mínimas, temperaturas medias, las humedades relativas máximas, medias y mínimas, y las precipitaciones vienen recogidos en las **figuras 8, 9, 10, 11, 12** y **13**. Los periodos considerados para este estudio comprenden desde septiembre a julio de las campañas 2013/14, 2014/15 y 2015/16. Se compararon las tres campañas en estudio para cada parámetro.

Para las temperaturas mínimas (**figura 8**) se observó que en la campaña 2013/2014 las heladas comenzaron en la primera mitad de noviembre y ocurrieron de forma importante hasta comienzos de 2014. En la campaña 2014/2015 las heladas comenzaron hacia finales de diciembre de 2014 y se prolongaron hasta la primera mitad de febrero de 2015. En la campaña 2015/2016 apenas se registraron heladas en comparación con las campañas anteriores, como se recoge en la **tabla 2**.

Las temperaturas medias registradas durante el periodo en estudio aparecen en la **figura 9**. Los datos revelaron que, hasta febrero, el invierno de la campaña 2014/2015 registró temperaturas medias más bajas que el 2013/2014 y que el 2015/2016. El invierno de 2013/2014 registró temperaturas más frías que el 2015/2016.

En las **figuras 10, 11** y **12** aparecen los registros de humedades relativas máximas, medias y mínimas respectivamente. Las humedades relativas máximas que se registraron entre en los meses de marzo y abril fueron cercanas al 100% en las campañas 13/14 y 14/15 mientras que en la campaña 15/16 los registros oscilaron entre el 80 y el 90% la mayor parte del tiempo. Los valores de humedades relativas medias de la campaña 2014/2015 fueron más elevados durante el otoño con respecto a las otras dos campañas y quedaron por debajo durante el invierno. Los datos de las humedades

relativas mínimas recogidas en la figura 9, mostraron que la campaña 2014/2015 fue la más húmeda durante el otoño y la más seca en el invierno frente a las otras dos campañas. En primavera, la campaña 2014/2015 se mantuvo con las humedades relativas mínimas más bajas.

Los datos referentes a precipitaciones vienen recogidos en la **figura 13** y la tabla **2**. Los eventos de lluvia se concentraron en tres periodos; de la segunda quincena de septiembre a la primera de noviembre, de la segunda quincena de diciembre a la segunda de febrero y la segunda de abril. En las campañas 13/14, 14/15 y 15/16 se acumularon 452, 488 y 514 mm respectivamente. El máximo ocurrió el 25 de diciembre de 2014 con 56,4 mm de lluvia.

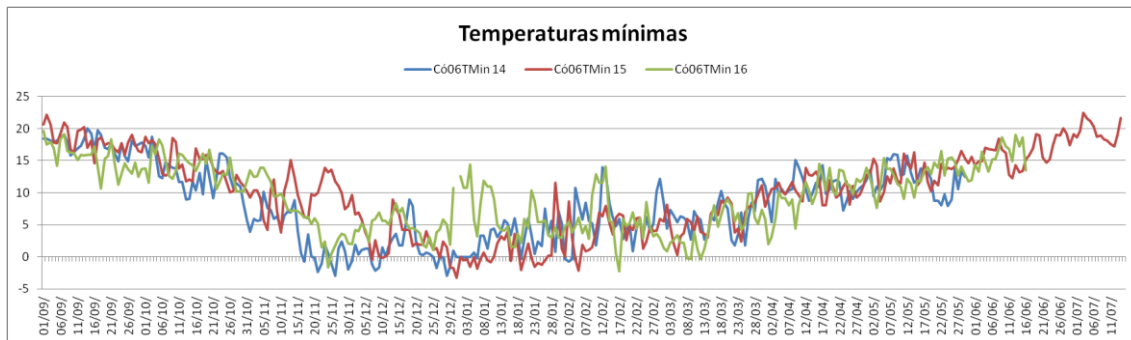


Figura 8. Registro de temperaturas mínimas en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16

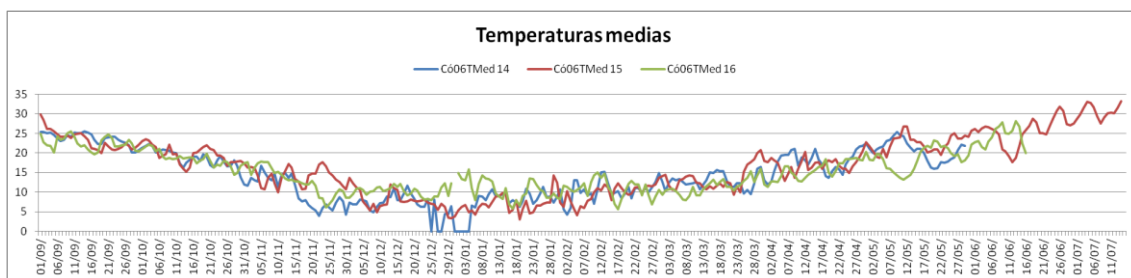


Figura 9. Registro de temperaturas medias en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16.

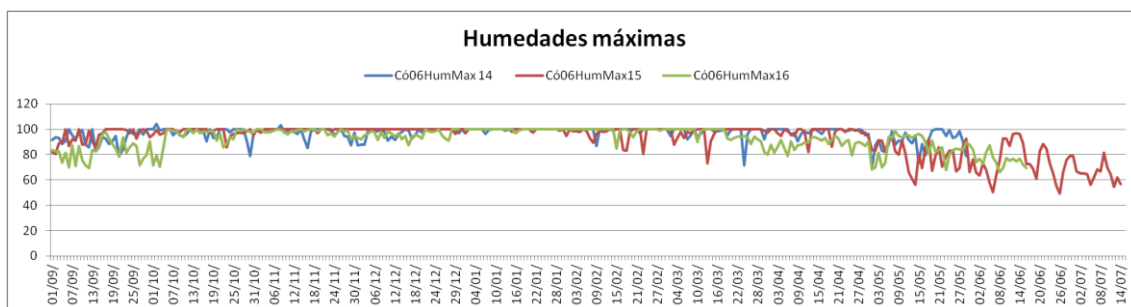


Figura 10. Registro de humedades relativas máximas en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16.

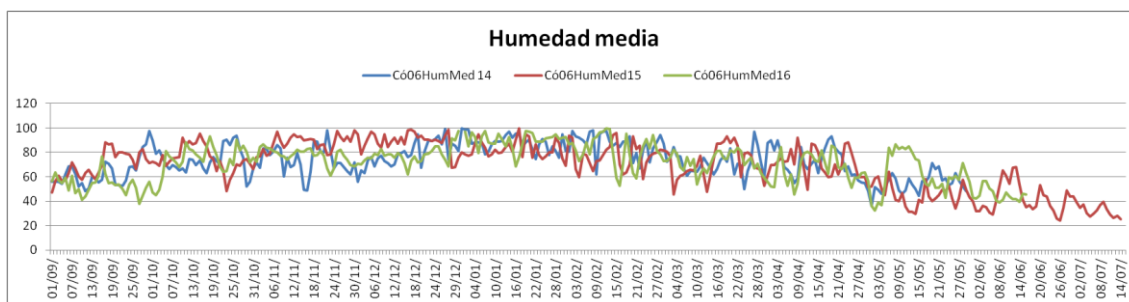


Figura 11. Registro de humedades relativas medias en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16.

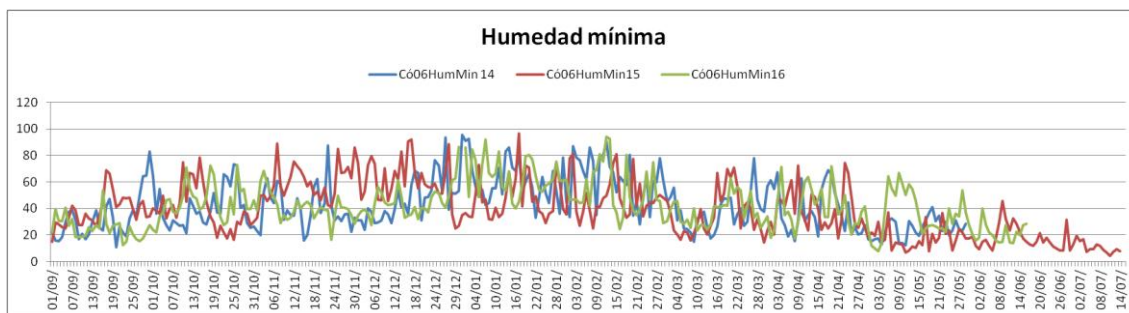


Figura 12. Registro de humedades relativas mínimas en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16.

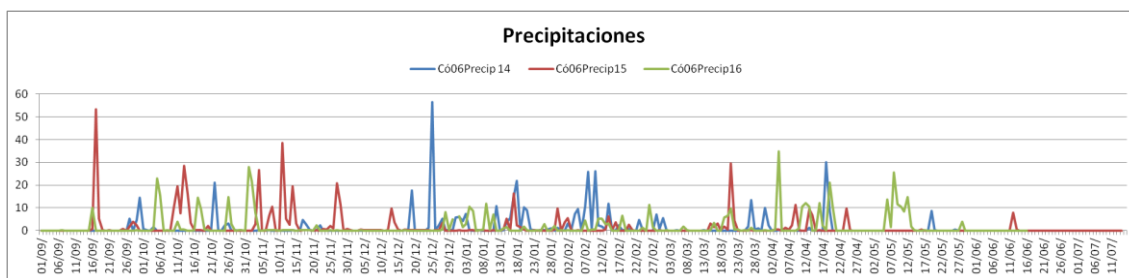


Figura 13. Registro precipitaciones en las campañas 13/14, 14/15 y 15/16.

Para el análisis de correlación entre variables climáticas y cantidad de ascosporas se empleó la interacción entre periodos de desarrollo del hongo con la cantidad de ascosporas de las campañas analizadas, y la cantidad de ascosporas de un análisis y su relación con las variables climáticas a 7 y días antes vista. Los resultados de las correlaciones desde un punto de vista anual mostraron variables climáticas con significación en la correlación con el número de ascosporas acumulado en la campaña de estudio, mientras que las variables climáticas a 7 y 15 días vista no ofrecieron ninguna correlación con la cantidad de ascosporas detectada en cada uno de los análisis de hoja para la detección de ascosporas efectuado a lo largo de todo el estudio.

Los datos empleados en el análisis de las correlaciones desde un punto de vista anual se recogen en las tablas 5 y 6:

Tabla 5. Suma de ascosporas detectadas durante cada campaña.

Campaña	Suma de ascosporas de la campaña
13/14	5,586,989
14/15	34,870,391
15/16	1,411,647

Tabla 6. Valores de las variables climáticas empleadas en el análisis por periodos.

Año/ periodo	mT med	mT máx	mT mín	mH med	mH máx	mH mín	Sum Prep	nD prep	nDT med>30	nDH med>90	nDT med<5	nDT med<10
2013/1	14.8	22.5	8.7	72.3	96.3	39.9	148.2	31	0	11	8	44
2014/2	11.8	18.2	6.3	79.9	98.9	50.6	295.0	59	0	25	6	44
2014/3	22.1	29.8	13.9	55.5	90.2	25.7	24.4	8	0	0	0	0
2014/4	26.5	34.8	17.6	48.4	83.5	20.6	42.4	6	2	0	0	0
2014/1	16.2	22.7	11.2	80.2	98.0	49.4	331.6	63	0	31	3	25
2015/2	11.6	19.1	5.2	75.9	98.0	42.9	150.0	51	0	14	8	46
2015/3	23.8	32.7	14.6	44.3	77.6	18.3	8.9	3	3	0	0	0
2015/4	29.0	37.7	19.7	39.3	68.5	16.4	3.2	1	25	0	0	0
2015/1	16.0	23.7	10.3	70.6	92.7	39.2	174.4	43	0	4	0	19
2016/2	12.1	18.2	6.6	77.7	95.9	49.0	247.8	56	0	27	0	31
2016/3	21.7	29.0	14.4	52.5	79.6	28.0	92.6	12	0	0	0	0

El análisis mediante la correlación de Pearson de las 12 variables climáticas estudiadas dio como resultado que seis de ellas estaban correlacionadas, cuatro de ellas positivamente y dos de ellas negativamente. Los valores de la variable climática del periodo en estudio del que obtuvo una correlación significativa, del coeficiente de Pearson y el *P*-value están recogidos en la tabla 7.

Tabla 7. Variables correlacionadas con la cantidad de ascosporas anual.

Variable significativa (<i>P</i><0.05)	Campaña			Coef. Pearson	<i>P</i>-value
	13/14	14/15	15/16		
Media temperatura mínima de septiembre a diciembre	8.65	11.23	10.27	0.70	0.50
Media humedad relativa media de septiembre a diciembre	72.35	80.16	70.61	0.99	0.03
Media humedad relativa mínima de septiembre a diciembre	39.94	49.39	39.21	0.99	0.03
Media temperatura máxima de enero a abril	18.22	19.08	18.17	0.99	0.04
Media temperatura mínima de enero a abril	6.30	5.17	6.58	-0.99	0.04
Número de días con humedad relativa media superior al 90% de septiembre a diciembre	25	14	27	-0.99	0.01

Para poder realizar la discusión también se calcularon los siguientes parámetros con la información disponible de la estación agroclimática, y se recogieron en la **tabla**

8, para comparar los resultados observados en este estudio con lo observado por Ghazanfari y Banihashemi (1976).

Tabla 8. Resultados de los parámetros climáticos para la discusión de lo propuesto por Ghazanfari y Banihashemi (1976)

Campaña	13/14	14/15	15/16
Parámetros climáticos			
Días con temperatura media <5°C	14	11	0
Días con temperatura media <10°C	75	69	50
Días con heladas <0°C	27	25	5
Humedad mínima >70%	105	27	21
Humedad mínima >80%	67	10	10
Humedad máxima 30 días >95%	30	22	2
Días de lluvia	58	94	95
mm acumulados	452	488	514
Días de lluvia 90 días antes de 1ª detección y mm acumulados	45 días 218,4mm	40 días 71,8 mm	39 días 149,6 mm
Días de lluvia 30 días antes de 1ª detección y mm acumulados	21 días 100,4mm	6 días 11,2 mm	15 días 93,8 mm

5. Discusión

En este trabajo se ha evaluado la disponibilidad de inóculo (ascosporas) de *P. amygdalinum* en hojas de almendro afectadas por mancha ocre y caídas al suelo. Para ello, se dispusieron hojas con síntomas graves de mancha ocre en bolsas de malla de nylon sobre la superficie del suelo y bajo la copa de almendros situados en una parcela experimental del IFAPA en su centro de Alameda del Obispo (Córdoba). Asimismo, se ha estudiado su relación con el clima al que estuvieron sometidas las hojas durante las campañas 2013/2014, 2014/2015 y 2015/2016.

En la campaña 2013/2014 tuvo lugar la fecha más temprana en que se registraba una cantidad de ascosporas reseñable, de las tres campañas en estudio. Atendiendo al registro de temperaturas mínimas, se puede observar que se produjeron antes que en las

campaña 2014/2015, lo que puede justificar un adelanto de la maduración de las ascosporas. También se puede identificar un periodo de incubación a temperaturas frías con 27 días de heladas, y temperaturas medias, con 14 días con medias menores a 5 °C, que comienza casi tres meses antes del primer registro de ascosporas. Este hecho está en concordancia con lo observado con Ghazanfari y Banihashemi (1976), quienes observaron los primeros ascocarpos maduros en las muestras sometidas a 5°C y tres meses de incubación. Ghazanfari y Banihashemi (1976) no descartan la importancia del tiempo de humectación y su influencia en la maduración de las ascosporas, así podría corroborarse con los datos de precipitaciones y humedades relativas mínimas en la campaña 2013/2014. En la campaña 2013/2014 hubo más eventos de lluvia tanto 90 días como 30 días antes del primer registro de ascosporas, así como mayores valores de humedad relativa mínima en comparación con las campañas 2014/2015 y 2015/2016. En los 90 días y 30 días anteriores a la primera detección de ascosporas se habían acumulado 214 y 100 mm de lluvias, lo que habría permitido valores de humedad relativa elevados, que favorecen la maduración de los ascocarpos. La detección de ascosporas se mantuvo hasta el último análisis de hojas en 23 de mayo de 2014.

El primer registro importante de ascosporas en la campaña 2014/2015 se produjo casi un mes después que en 2013/2014, y que corresponde con el mes de retraso en el, antes mencionado, periodo de incubación a temperaturas frías donde ocurrieron 25 heladas (dos menos que en 13/14) y 11 días con temperaturas medias inferiores a 5°C (tres menos que 13/14). Los valores registrados de humedades relativas máximas no difirieron entre las campañas 13/14 y 14/15, pero fueron menores las humedades relativas medias y mínimas del invierno y la primavera de la campaña 14/15 que la 13/14. Estos valores de humedades medias y mínimas en la campaña 14/15, pueden justificar el retraso en la primera detección de ascosporas. En la campaña 2014/2015 el número de eventos de lluvia antes de la primera detección los 90 y 30 días antes, fueron 40 y 6 eventos respectivamente. Los milímetros de lluvia acumulados fueron los menores de la terna de años en estudio, con 71 y 11 mm respectivamente. Esta baja frecuencia y acumulado de precipitaciones pueden explicar parte del retraso en comparación con la campaña 13/14. En la campaña 2014/2015 se registró la mayor disponibilidad potencial de ascosporas, con valores de ascosporas por gramo de hoja, 10 veces mayores a los registrados en las otras dos campañas. La hipótesis que se plantea para estas abultadas diferencias en la cantidad de ascosporas disponibles es que el

verano de 2014 fuese de temperaturas suaves, como así fue, con temperaturas medias que sólo superaron los 30°C los días 16 y 17 de julio, y que se hubiesen producido temperaturas que no hubiesen detenido el desarrollo del hongo en las hojas, como suele ocurrir por las altas temperaturas que son normales en nuestra localidad. Además, también se encontraron disponibles ascosporas, aunque en bajas cantidades, hasta el mes de agosto. Esta situación pudo deberse al evento de lluvia ocurrido a comienzos de julio, que hidrató el inóculo disponible y a la gran cantidad de inóculo acumulado del año 2014. Esta última observación, también fue hecha por Zúñiga (2015) en Cataluña, quien concluyó que la pluviometría parece influir positivamente en una mayor liberación de ascosporas entre dos y siete semanas después a lluvias de relevancia.

El 15 de abril de la campaña 2015/2016 ocurrió la detección de ascosporas, comparable en cantidad, más tardía de las campañas analizadas. Los datos de temperaturas mínimas y medias mostraron que el invierno de esta campaña fue más cálido que los dos precedentes. Así, en 2015/2016, sólo hubo cinco heladas en comparación con las más de 20 en los años precedentes, y ningún día con temperaturas medias inferiores a 5°C. La práctica inexistencia de periodo de incubación a temperaturas frías puede explicar la menor producción de ascosporas y el retraso del pico de ascosporas disponibles, comparable en cantidad, con las del año 2013/2014.

El 1 de marzo de 2016 se detectaron las primeras ascosporas disponibles, pero ocho veces menos que en 2013/2014 y más de 20 veces menos que en la misma fecha de la campaña 2014/2015. Si bien durante el invierno, las humedades relativas máximas medias y mínimas son equiparables a las de la campaña 2013/2014, entre la segunda quincena de marzo y el fin de abril, la humedad relativa máxima es hasta 20 puntos porcentuales menor que en las campañas precedentes. Esta ausencia de períodos de humectación al 100% en el ambiente, podrían explicar que, además del retraso, no existiese la cantidad de ascosporas maduras disponibles que existió en la 2013/2014. La cantidad de precipitaciones acumuladas hasta 90 y 30 días antes de la primera detección de importancia son similares a las de la campaña 2013/2014. A similar cantidad de precipitaciones en 13/14 y 15/16, se podría deducir que es el periodo de incubación a temperaturas frías el factor determinante que explica la disponibilidad de ascosporas maduras potencialmente infectivas. La anterior afirmación está apoyada por lo observado por Ghazanfari y Banihashemi (1976) en cuanto a la necesidad de

temperaturas por debajo de 5°C durante tres meses para una maduración rápida de los ascocarpos presentes en las hojas de almendro.

De las dos estrategias que se emplearon para obtener correlaciones entre la cantidad de ascosporas y las variables climáticas, sólo generó resultados la que emplea un punto de vista anual, en el que se tiene en cuenta las fases por las que pasa el ciclo del hongo. El hecho de no haber encontrado variables climáticas que pudiesen afectar 7 y 15 días antes de que se realice un análisis de ascosporas invita a pensar o bien que no son las variables climáticas adecuadas, que el número de ascosporas detectado está marcado por periodos que le precedan más extensos o que las variables climáticas estudiadas no determinan la cantidad de ascosporas detectada.

El estudio de la correlación de las variables climáticas con el número de ascosporas desde un punto de vista anual, en el que se tiene en cuenta el ciclo del hongo, indicó que seis de las doce variables estaban correlacionadas, tres de las cuales relacionadas con la temperatura y tres con la humedad. La media de temperaturas mínimas de septiembre a diciembre se correlacionó positivamente con el número de ascosporas, hecho que coincide sobre la influencia positiva de las bajas temperaturas señalado por Ghazanfari y Banihashemi (1976) en el desarrollo de los ascocarpos. La media de temperaturas máximas de enero a abril estuvo correlacionada positivamente con la cantidad de ascosporas, mientras que, la media de temperaturas mínimas de enero a abril estuvo correlacionada negativamente con la cantidad de ascosporas. De lo anterior se puede deducir que las temperaturas más elevadas contribuyen a la producción de ascosporas y las bajas lo limitan durante el final del invierno y el comienzo de la primavera, por lo que se puede prever que con ascocarpos maduros, éstos verán favorecida la liberación de ascosporas con clima suave que con clima frío durante este periodo.

La influencia de dos variables relacionadas con la humedad fueron la media de humedad relativa media de septiembre a diciembre y la media de humedad relativa mínima durante el mismo periodo, ambas positivamente. Sin embargo, el número de días con humedades medias superior al 90% estuvo correlacionado negativamente. Ghazanfari y Banihashemi (1976) no pudieron atribuir una influencia clara a la humedad sobre la maduración de ascocarpos. Lo que el análisis permite intuir es que la acción de la humedad entre el 40 y el 80% contribuye al desarrollo de las ascocarpos y,

por tanto, al número final de ascosporas, mientras que humedades superiores al 90% resultan contraproducentes. La influencia negativa de septiembre a diciembre del número de días con humedades medias superiores al 90% se podría explicar por la conjunción con temperaturas bajo cero en ese mismo periodo, ya que las hojas están sobre la superficie y podría ocurrir la congelación de los tejidos, muy húmedos por el ambiente, y ocasionar la lisis de los tejidos del hongo.

Este estudio es continuación del comenzado por Lovera *et al.* (2014), y se une al presentado por Zúñiga (2015) en Cataluña, en lo que a estudio de la epidemiología de la mancha ocre del almendro se refiere en dos de las regiones almendricolas más importantes y con más proyección de expansión del cultivo de España. Unido a Ollero-Lara *et al.* (2016) sobre susceptibilidad varietal a esta enfermedad, este trabajo permite tener herramientas para limitar la incidencia de esta enfermedad. Sin embargo, dada la variedad de condiciones edafoclimáticas que existen en España, es necesario extender este método de trabajo a más localidades y durante al menos tres años, que nos permitan establecer los inicios de disponibilidad de ascosporas y su duración en el tiempo. Sólo así se podrán ajustar mejor las técnicas de cultivo que reduzcan el número y la dosis de productos fitosanitarios dentro de las prácticas de control integrado de esta enfermedad fúngica.

6. Conclusiones

- El ciclo biológico de *Polystigma amygdalinum* en almendro está determinado por la temperatura y la humedad.
- Las áreas geográficas con periodos de temperaturas por debajo de cinco grados Celsius marcarán el inicio de la disponibilidad de ascosporas y las temperaturas frías de septiembre a diciembre contribuirán positivamente al número final de ascosporas producidas en el ciclo del hongo.
- Las áreas geográficas donde ocurran periodos de humectación de septiembre a diciembre entre el 40 y el 80% contribuirán a la proliferación del hongo y con periodos largos con más del 90 % de humedad lo perjudica.
- Se ha observado que con las condiciones climáticas adecuadas se puede encontrar inóculo desde enero hasta agosto.
- Se puede apuntar la hipótesis de que las temperaturas suaves durante el verano permiten avanzar las infecciones por mancha ocre, generando varias veces más inóculo de un año al siguiente.
- Para el control de *Polystigma amygdalinum*, dentro de la estrategia de control integrado de enfermedades, está justificado que se promuevan técnicas que destruyan o retiren las hojas de la parcela.
- La ocurrencia de inviernos fríos o cálidos, debe tenerse en cuenta en la planificación de las aplicaciones de tratamientos con materias activas protectoras durante la floración y a la caída de pétalos, que además de proteger para otras enfermedades fúngicas, contribuirá a que las incipientes hojas jóvenes, más susceptibles, estén protegidas frente al inóculo que exista en la parcela o en las colindantes.
- Se ha detectado ascosporas disponibles durante el verano tras eventos de lluvia, por lo que se puede plantear que se repitan los tratamientos de protección durante la primavera, incluso al comienzo del verano, justo después de que el árbol quede seco tras un evento de lluvia, pues se ha observado que en las semanas siguientes habrá inóculo disponible.

7. Bibliografía

- Almacellas J. 2014. Síntomas, daños y métodos de control de la mancha ocre. *Vida Rural* 389: 28-32.
- Almacellas, J.; Marín J.P. 2011. Control de plagas y enfermedades en el cultivo del almendro. *Vida Rural* 334: 68-74.
- Arquero, O. 2013. Manual del almendro. Junta de Andalucía-Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Sevilla. 80 pp.
- Banihashemi, Z. 1990. Biology and control of *Polystigma ochraceum*, the cause of almond red leaf blotch. *Plant Pathology* 39: 309-315.
- Barrios, G., Mateu, J., Aymamí, A. 2011. Sanidad vegetal en producción ecológica del almendro y del avellano. Unidad de Producción Agraria Ecológica-Generalitat de Catalunya. Tarragona. 12 pp.
- Bayt-Tork, D.; Taherian, M.; Divan, R. 2014. Evaluation of some fungicides for controlling almond red leaf blotch (*Polystigma amygdalinum*). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2: 1011-1016.
- Cannon, P.F. 1996. Systematics and diversity of the Phyllachoraceae associated with Rosaceae, with a monograph of *Polystigma*. *Mycological Research* 100: 1409-1427.
- Ghazanfari, J., Banihashemi, Z. 1976. Factors influencing ascocarp formation *Polystigma ochraceum*. *Transactions of the British Mycological Society* 66: 401-406.
- González Fragoso, R. 1927. *Botánica Criptogámica Agrícola*. Espasa-Calpe, Madrid. 321 pp.
- Habibi, A., Banihashemi, Z., Mostowfizadeh-Ghalamfarsa, R. 2015. Phylogenetic analysis of *Polystigma* and its relationship to *Phyllachorales*. *Phytopathologia Mediterranea* 54: 45-54.
- Lin A., Szeinberg A., 1992. Control of the almond disease *Polystigma* by urea treatments. *Alon Hanotea* 47: 15-21. <http://agris.fao.org/aos/records/IL9311006>.

- Lovera, M., Luque, F., Roca, L.F., Arquero, O., Trapero, A. 2014. Las ascosporas como inóculo primario para las epidemias de la mancha ocre del almendro causada por *Polystigma amygdalinum*. Actas Congreso de la SEF, Lérida.
- Melgarejo, P., García-Jiménez, J., Jordá, M.C., López, M.M., Andrés, M.F., Duran-Vila, N. 2010. Patógenos de plantas descritos en España 2ª edición. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid. 854 pp.
- Miarnau, X., Vargas, F.J. 2013. Susceptibilidad varietal a dos de las principales enfermedades del almendro, “fusicoccum” y “mancha ocre”. Boletín agrícola el Arbolar. S.A.T. Arboreto y Crisol de frutos secos S.A.T. Lérida. 10-13 pp.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente (MAGRAMA). 2016. Registro de productos fitosanitarios. <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/productos/conaplipla.asp>
- Ollero, A. 2015. Evaluación de la susceptibilidad de variedades de almendro a las principales enfermedades de la parte aérea. Proyecto fin de carrera, Dpto. de Agronomía, Universidad de Córdoba y Dpto. de Fruticultura Mediterránea, IFAPA, Junta de Andalucía.
- Ollero-Lara, A., Lovera, M., Roca, L.F., Arquero, O., Trapero, A. 2016. Susceptibilidad varietal del almendro a la mancha ocre en Andalucía. Vida Rural 412: 14-22.
- Saad, A.T., Masannat, K. 1997. Economic importance and cycle of *Polystigma ochraceum*, causing red leaf blotch disease of almond, in Lebanon. EPPO Bulletin 27: 481-485.
- Shabi, E. 1997. Disease management of the almond pathogens *Glomerella cingulata*, *Polystigma ochraceum* and *Tranzschelia pruni-spinosae*. Bulletin OEPP/EPPO. 27: 479-480.
- Teviotdale, B.L., Michailides, T.J., Pscheidt, J.W. 2002. Compendium of nut crop diseases in temperate zones. APS Press, St. Paul, MN. 89 pp.
- Zúñiga, E. 2015. Producción y liberación de ascosporas de *Polystigma amygdalinum* P.F. Cannon, agente causal de la mancha ocre del almendro, en Cataluña. Trabajo fin de máster. Facultad de Biociencias, Universidad Autónoma de Barcelona.

AGRADECIMIENTOS. Estos trabajos han sido financiados por el Proyecto Transforma de Fruticultura Mediterránea del IFAPA (Consejería de Agricultura, Junta de Andalucía) y la colaboración de las OPFHs Crisol/Arboreto y Mañán y la empresa Almendras Francisco Morales.

Estos trabajos se están llevando a cabo en colaboración con el Dr. Jordi Luque i Font del IRTA de Cataluña, quién es responsable de un seguimiento similar de la enfermedad en varias zonas de Cataluña.

FE DE ERRATAS

Trabajo de Investigación Fin de Máster: “Efecto de la temperatura, la humedad y la precipitación sobre la disponibilidad potencial de inóculo de *Polystigma amygdalinum*, agente causal de la mancha ocre del almendro”

-Resumen. Dice: “Las temperaturas frías de septiembre a diciembre y las suaves de enero a abril, contribuyen a aumentar el número de ascosporas resultante.”

Debería poner: Las temperaturas suaves de enero a abril, contribuyen a aumentar el número de ascosporas resultante.”

-págs. 7 y 8. Dice: “...400x...”

Debería poner: 40x

-pág. 7. Dice: “forma ovalada, borde ligeramente tintado, hialinas y de contenido granular,.”

Debería poner: forma ovalada, borde ligeramente tintado, hialinas y de contenido granular.

-pág. 15. Dice: “El análisis mediante la correlación de Pearson de las 12 variables climáticas estudiadas dio como resultado que seis de ellas estaban correlacionadas, cuatro de ellas positivamente y dos de ellas negativamente.”

Debería poner: El análisis mediante la correlación de Pearson de las 12 variables climáticas estudiadas dio como resultado que cinco de ellas estaban correlacionadas, tres de ellas positivamente y dos de ellas negativamente.

-pág. 15. Dice en la tabla 7: “Media temperatura mínima de septiembre a diciembre *P-value* 0.50”

Debería poner: nada, porque no es significativo según la correlación de Pearson.

-pág. 17. Dice: “la maduración de las ascosporas, así podría corroborarse con los datos de precipitaciones y humedades relativas mínimas”

Debería poner: la maduración de las ascosporas, así podría corroborarse con los datos de precipitaciones y humedades relativas mínimas

-pág. 19. Dice: “...desde un punto de vista anual, en el que se tiene en cuenta el ciclo del hongo, indicó que seis de las doce variables estaban correlacionadas, tres de las cuales relacionadas con la temperatura...”

Debería poner: desde un punto de vista anual, en el que se tiene en cuenta el ciclo del hongo, indicó que cinco de las doce variables estaban correlacionadas, dos de las cuales relacionadas con la temperatura

-pág. 19. Dice: “La media de temperaturas mínimas de septiembre a diciembre se correlacionó positivamente con el número de ascosporas, hecho que coincide sobre la influencia positiva de las bajas temperaturas señalado por Ghazanfari y Banihashemi (1976) en el desarrollo de los ascocarpos.”

Debería poner: Nada, por proceder de un resultado erróneo.

-pág. 21. Dice: “Las áreas geográficas con periodos de temperaturas por debajo de cinco grados Celsius marcarán el inicio de la disponibilidad de ascosporas y las temperaturas frías de septiembre a diciembre contribuirán positivamente al número final de ascosporas producidas en el ciclo del hongo.

Debería poner: Las áreas geográficas con periodos de temperaturas por debajo de cinco grados Celsius marcarán el inicio de la disponibilidad de ascosporas.