

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA
I DEL MEDI NATURAL



Seguimiento epidemiológico del moteado del níspero causado por Fusicladium eriobotryae

TRABAJO FIN DE GRADO EN

Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

ALUMNO: D. VICENT MORANT REIG

TUTOR: Dr. JOSEP ARMENGOL FORTÍ

COTUTOR: Dra. MÓNICA BERBERGAL MARTÍNEZ

Curso Académico: 2014/2015

VALENCIA, agosto de 2015

Tipo Licencia



TÍTULO

SEGUIMIENTO EPIDEMIOLÓGICO DEL MOTEADO DEL NÍSPERO CAUSADO POR *Fusicladium eriobotryae*

RESUMEN

El moteado del níspero causado por *Fusicladium eriobotryae* es la principal enfermedad de este cultivo en la cuenca mediterránea, afectando principalmente a hojas y frutos. Recientemente, la biología del patógeno y la epidemiología de la enfermedad han sido estudiadas en profundidad, y los resultados obtenidos han servido para el desarrollo de un modelo epidemiológico (EriScab) para determinar el riesgo de aparición de la enfermedad. El modelo utiliza como inputs variables meteorológicas, y ha sido validado en la principal zona de cultivo de la provincia de Alicante, Callosa d'En Sarrià. En este trabajo se ha validado el modelo en dos zonas de cultivo con cultivares de níspero y condiciones climáticas distintas a las de Callosa d'En Sarrià. Para ello, durante un ciclo de cultivo, se realizó el seguimiento de la enfermedad en una parcela situada en Segorbe (Castellón) del cultivar Tanaka y una parcela situada en Santa María di Gesù (Sicilia) con árboles de los cultivares Algerie, Peluches y Sanfilippara. Los datos observados se compararon con aquellos predichos por el modelo con el objetivo de evaluar su aplicabilidad en zonas geográficas diferentes. Los resultados del seguimiento de la incidencia del moteado del níspero en Segorbe y Santa Maria di Gesù y el uso del modelo epidemiológico EriScab, demuestran que éste es aplicable en otras zonas de cultivo de níspero distintas a la de su desarrollo, Callosa d'En Sarrià. En cuanto a la predicción de riesgo de infección proporcionada por el modelo en cultivares distintos a Algerie, los resultados con los cultivares Peluches y Sanfilippara muestran que sería necesario un ajuste del modelo teniendo en cuenta su fenología. La baja incidencia de moteado en el cultivar Tanaka (Segorbe) no permitió evaluar el ajuste de la predicción del modelo en este cultivar.

Palabras clave: Epidemiología, *Fusicladium eriobotryae*, moteado, níspero

Autor del TFG: D. Vicent Morant Reig

Tutor académico: Dr. Josep Armengol Fortí

Cotutor: Dra Mónica Berbegal Martínez

Valencia, Agosto de 2015

Abstract

Loquat scab caused by *Fusicladium eriobotryae* is the main disease of this crop in the Mediterranean basin, mainly affecting leaves and fruit. Recently, the biology of this pathogen and the epidemiology of the disease have been studied deeply, and the results obtained have been used to develop an epidemiological model (EriScab) to determine the risk of the disease on loquat trees. The inputs of this model are weather variables, and it has been validated in the main area for loquat cultivation in Alicante province: Callosa d'en Sarrià. In this work, the model has been validated in two loquat growing areas with cultivars and weather conditions different from those common in Callosa d'En Sarrià. For this purpose, the disease was monitored during one growing season in a loquat orchard planted with cultivar Tanaka located in Segorbe (Castellón) and one loquat orchard planted with cultivars Algerie, Peluches and Sanfilippara located in Santa María di Gesù (Sicily). The data observed were compared with those predicted by the model, with the final goal of evaluating their applicability in different geographical areas. The results of the monitoring of loquat scab incidence in Segorbe and Santa Maria di Gesù, and the use of the epidemiological model EriScab, demonstrate that this model can be used in loquat cultivation areas different from that where it was developed; Callosa d'En Sarrià. Regarding the prediction of the risk of infection given by the model in cultivars different from Algerie, the results obtained with cultivars Peluches and Sanfilippara show that there is a need to adjust the model considering the phenology of these cultivars. The low incidence of scab in the cultivar Tanaka (Segorbe) did not allow assessing the fit of the model prediction on this cultivar.

Keywords: Epidemiology, *Fusicladium eriobotryae*, loquat, scab

Agradecimientos

Agradecer primero de todo al tutor de este trabajo final de grado, el Dr. Josep Armengol Fortí, por la dedicación, ayuda y su completa disponibilidad para que este trabajo fuera posible.

Agradecer también por la ayuda prestada a la cotutora la Dra. Mónica Berbegal, a la Dra. Elisa González-Domínguez y al técnico de laboratorio Valentín Garrigues.

A José Selma por ofrecernos su campo de nísperos en Segorbe para realizar el seguimiento del moteado, y a Vittorio Farina y Francesca Barone, de la Facoltà di Agraria de la Università degli Studi di Palermo, por su disponibilidad y ayuda con el seguimiento de la enfermedad en Sicilia.

Índice

I.Introducción	1
I.1. El níspero japonés.....	1
I.1.1 Origen Geográfico y Taxonomía.....	1
I.1.2 Aspectos del Cultivo.....	1
a) Estructura general de la planta.....	1
b) Prácticas culturales.....	2
b.1) Poda.....	2
b.2) Aclareo de frutos.....	2
b.3) Estímulo del desarrollo del fruto.....	3
c) Recolección y comercialización.....	3
d) Producción en España e Italia, y cultivares importantes.....	3
I.2 El moteado del níspero.....	4
I.2.1 Síntomas de la enfermedad.....	4
I.2.2 Agente causal.....	5
I.2.3 Descripción del patógeno.....	6
a) Morfología.....	6
b) Germinación y crecimiento.....	6
c) Ciclo del patógeno.....	7
I.2.4 Modelo de predicción del riesgo de infección por <i>Fusicladium eriobotryae</i> basado en condiciones climáticas.....	8
II.Objetivos	9
III.Materiales y métodos	10
III.1.Parcelas experimentales.....	10
III.2.Seguimiento de la infección por <i>Fusicladium eriobotryae</i> en frutos.....	11
III.3.Seguimiento de la severidad del moteado en frutos.....	14
III.4.Comprobación de la infección por <i>Fusicladium eriobotryae</i>	15
III.5.Datos meteorológicos.....	16
III.6.Aplicación y validación del modelo.....	16
IV.Resultados	17
V.Discusión	29
VI.Conclusiones	30
VII.Bibliografía	31

Índice de tablas

Tabla 1. Fechas de seguimiento en el cultivar Tanaka y estado fenológico	12
Tabla 2. Fechas de seguimiento en el cultivar Algerie y estado fenológico	12
Tabla 3. Fechas de seguimiento en el cultivar Peluches y estado fenológico	13
Tabla 4. Fechas de seguimiento en el cultivar Sanfilippara y estado fenológico.....	13
Tabla 5. Evaluación del porcentaje de superficie de frutos afectada por moteado utilizando la escala diagramática para níspero (González-Domínguez <i>et al.</i> , 2014b) o el programa APS ASSESS, en cinco fechas de muestreo.....	19

Índice de figuras

Figura 1. Cultivo del níspero en Callosa d'en Sarrià.....	1
Figura 2. Síntomas de moteado sobre las hojas.....	5
Figura 3. Síntomas de moteado sobre los frutos.....	5
Figura 4. Conidiogénesis de <i>Fusicladium eriobotryae</i>	6
Figura 5. Ciclo patológico del moteado del níspero causado por <i>Fusicladium eriobotryae</i> (González-Domínguez <i>et al.</i> , 2014a).....	7
Figura 6. Imagen de satélite de la parcela de estudio en Segorbe.....	10
Figura 7. A. Localización de la parcela; B. Imagen de satélite del campo de nísperos Lo Giudice.....	11
Figura 8. Frutos etiquetados para el seguimiento de la infección por <i>Fusicladium eriobotryae</i>	11
Figura 9. Escala diagramática de severidad del moteado del níspero desarrollada por González-Domínguez <i>et al.</i> (2014b).....	14
Figura 10. Evaluación de la severidad del moteado con APS ASSES.....	15
Figura 11. Frutos de níspero con manchas de moteado en cámara húmeda.	15
Figura 12. A. Aislamiento de <i>Fusicladium eriobotryae</i> a partir de fragmentos de frutos del cultivar Tanaka con manchas de moteado en medio de cultivo PDAS; B. colonia de <i>F. eriobotryae</i> aislada de frutos con síntomas de moteado en Segorbe.....	17
Figura 13. Evolución temporal de las manchas por moteado en 5 frutos del cultivar Tanaka infectados (Frutos nº 70, 101, 115, 118 y 120) en 5 fechas de evaluación: (16-04-2015, 28-04-2015, 07-05-2015, 21-05-2015 y 28-05-2015).....	18
Figura 14. Relación entre los datos de superficie afectada por moteado obtenidos con la escala diagramática para níspero (González-Domínguez <i>et al.</i> , 2014b) o el programa APS ASSESS.....	19
Figura 15. Riesgo de infección diario por <i>Fusicladium eriobotryae</i> en la localidad de Segorbe indicado por programa “EriScab” en el período del 1 de marzo al 5 de mayo de 2015.....	21
Figura 16. Evolución diaria de horas de agua libre (h), de la precipitación (mm), y la temperatura media (° C), en la localidad de Segorbe en el período del 1 de marzo al 5 de mayo de 2015.....	21
Figura 17. Riesgo de infección diario por <i>Fusicladium eriobotryae</i> acumulado en la localidad de Segorbe indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos nísperos del cultivar Tanaka afectados por moteado.....	22
Figura 18. Riesgo de infección diario por <i>Fusicladium eriobotryae</i> en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” en el período del 1 de enero al 5 de mayo de 2015.....	23

Figura 19. Evolución diaria de horas de agua libre (h), de la precipitación (mm), y la temperatura media (° C) en la localidad de Santa Maria di Gesù en el período del 1 de enero al 5 de mayo de 2015.....	23
Figura 20. Riesgo de infección diario por <i>Fusicladium eriobotryae</i> acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos del cultivar Algerie afectados por moteado.....	24
Figura 21. Riesgo de infección diario por <i>Fusicladium eriobotryae</i> acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos del cultivar Peluches afectados por moteado.....	25
Figura 22. Riesgo de infección diario por <i>Fusicladium eriobotryae</i> acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos del cultivar Sanfilippara afectados por moteado.....	26
Figura 23. Relación entre el riesgo de infección diario por <i>Fusicladium eriobotryae</i> acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos con moteado del cultivar Algerie.....	27
Figura 24. Relación entre el riesgo de infección diario por <i>Fusicladium eriobotryae</i> acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos con moteado del cultivar Peluches.....	27
Figura 25. Relación entre el riesgo de infección diario por <i>Fusicladium eriobotryae</i> acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos con moteado del cultivar Sanfilippara.....	28

I.INTRODUCCIÓN

I. Introducción

I.1. El níspero japonés

I.1.1 Origen Geográfico y Taxonomía

El níspero japonés, *Eriobotrya japonica* (Thumb.) Lindl., pertenece a la familia Rosaceae, subfamilia Maloideae. Es un frutal de clima templado, de hoja perenne, que florece en otoño y cuyos frutos se desarrollan durante el invierno (Badenes *et al.*, 2006). Éstos se utilizan principalmente para consumo en fresco, siendo muy atractivos organolépticamente, al tratarse de una de las primeras frutas recolectadas en primavera en el hemisferio norte (Soler *et al.*, 2006).

El níspero japonés es originario de China, desde donde se extendió a Japón. Fue como especie ornamental como se introdujo en Europa, en 1784, en los Jardines Nacionales de París y más tarde en el Jardín Botánico de Kew, Inglaterra. A partir de entonces, el níspero japonés se introdujo en los países mediterráneos: Argelia, Chipre, Egipto, España, Grecia, Italia, Túnez y Turquía. Paralelamente, la especie se extendió por India, Australia, Madagascar y Sudáfrica. A principios del siglo XX, desde Japón se introdujo en California, desde Europa en Florida y desde allí a Sudamérica. En la actualidad, su cultivo (Figura 1) se extiende normalmente entre las latitudes 20 y 35º Norte y Sur (Martínez-Calvo *et al.*, 2000).



Figura 1. Cultivo del níspero en Callosa d'en Sarrià.

I.1.2 Aspectos del Cultivo

a) Estructura general de la planta

La planta del níspero alcanza una media de 5 a 6 m de altura, la forma de la copa es globosa (condicionada al tipo de poda), posee un tronco derecho con corteza rugosa de color gris pardo, produciéndose un descamado anual. El sistema radicular es superficial y se extiende hasta unos 25 – 30 cm de profundidad.

Las hojas son perennes, de forma oblongo-lanceolada, con bordes aserrados y tamaños que oscilan entre los 18 y 40 cm de longitud. Son de consistencia coriácea, con la cara superior algo rugosa, de un color verde oscuro brillante y la inferior de un color gris ceniza. El níspero tiene tres épocas de brotación vegetativa: en otoño, primavera y verano (Martínez-Calvo *et al.*, 2000).

En el hemisferio Norte, la diferenciación floral tiene lugar durante los meses de Julio-Agosto y la formación de las yemas florales ocurre en los meses de Septiembre-Octubre, extendiéndose la época de floración desde Octubre hasta Enero (dependiendo del cultivar). Las flores están reunidas en racimos (panículas) y son de color blanco o blanco-amarillento. El tamaño de las panículas oscila entre 18 y 25 cm de anchura y longitud, y el número de flores por panícula varía entre 150 y 250, en función del cultivar.

El fruto es un pomo, de tamaño mediano, alcanzando en algunos cultivares hasta los 7 cm, y de diferentes formas según los cultivares (achatado, redondeado, ovalado, elíptico). La coloración de la piel varía desde el amarillo pálido al anaranjado fuerte, mientras que la pulpa, carnosa y muy succulenta, puede ser desde color blanco amarillento a anaranjado intenso. La maduración ocurre, según cultivares, entre los meses de Marzo y Junio. Contiene entre 1 y 5 semillas grandes, con cubiertas marrón oscuro y brillantes, aunque puede albergar hasta 10 semillas (Martínez-Calvo *et al.*, 2000).

b) Prácticas culturales

b.1) Poda.

La tendencia natural del níspero es a crecer verticalmente, con gran desarrollo y copa en forma globosa. De acuerdo con ello, habitualmente se realiza una poda de formación en vaso, con cuatro brazos principales. Otras formas, de eje central con formación de pisos, pueden resultar más aconsejables en el reparto de la cosecha y la calidad del fruto, pero no se emplean en la práctica (Agustí, 2010). Complementariamente, la poda de mantenimiento debe eliminar ramas mal ubicadas y el exceso de “chupones” (brotes muy vigorosos). La poda de fructificación se limita a eliminar, tras la recolección, el eje de las inflorescencias que han aportado la cosecha y alguna rama seca o mal situada (Agustí, 2010). Con la poda, además, deben eliminarse aquellos ramos que presenten focos de infección de enfermedad y quemarlos; además, se favorece una buena ventilación del árbol y facilita que las aplicaciones de fungicidas alcancen a todas las partes de la planta (Rodríguez, 1983).

b.2) Aclareo de frutos.

Se entiende por aclareo de frutos la eliminación de un número de ellos por árbol, para que los que permanezcan alcancen un tamaño mayor. Además, con el aclareo se impide el apolotonamiento de frutos y se dificulta así la proliferación de enfermedades (Rodríguez, 1983). El aclareo manual en el níspero japonés suele llevarse a cabo eliminando selectivamente los frutos recién cuajados, cuando éstos tienen un diámetro de 1-1,5 cm. También puede realizarse mediante el aclareo de panículas, que consiste en partir a ésta por la mitad, con lo que se reduce a la mitad el número de frutos y, así, el coste de aclareo de frutos se reduce. No obstante, con ello las flores primero y los frutos después, quedan muy expuestos a las inclemencias meteorológicas (Agustí, 2010).

La aplicación de ácido naftalenacético (ANA) en el momento en que son visibles dos frutos por panícula (a la concentración óptima de 20 mg l⁻¹) reduce un 30% el número de frutos, y su diámetro en el momento de la recolección se incrementa un 10% (Agustí, 2010).

b.3) Estímulo del desarrollo del fruto.

Se pueden aplicar dos técnicas complementarias y específicas, para incrementar el diámetro final del fruto: el rayado de ramas y la aplicación de auxinas de síntesis.

El rayado se efectúa sobre las ramas secundarias de los árboles adultos y utilizando unas tijeras, de filos curvos, diseñadas al efecto. El corte (rayado) o la eliminación de un anillo (≈ 1 cm) de la corteza (anillado) interrumpe el transporte floemático y mejora la disponibilidad de carbohidratos por parte de los órganos que se desarrollan por la zona superior del rayado. Los mejores resultados se obtienen cuando el fruto alcanza un diámetro de 22-24 cm, esto es, en los estados 702-704 de la escala fenológica BBCH (Martínez-Calvo *et al.*, 1999). La respuesta se presenta rápidamente y va aumentando con el tiempo, de modo que a los 35 días del rayado ésta es máxima, manteniéndose constante hasta la recolección (Cautín *et al.*, 2006).

Otra forma de estimular el crecimiento del fruto es mediante la aplicación de auxinas de síntesis, entre las que destaca el éster butilglicólico del ácido 2,4-diclorofenoxiprónico (2,4-DP). La mejor época de tratamiento se establece cuando el fruto ha alcanzado 12-15 mm de diámetro (estados 703-705 de la escala fenológica BBCH). Para estas condiciones el diámetro final del fruto aumenta en un 10% (3 mm por fruto), aproximadamente. Tratamientos anteriores o posteriores apenas presentan respuesta (Cautín *et al.*, 2006).

c) Recolección y comercialización

Durante la maduración la clorofila se degrada y los pigmentos naranjas o amarillos de la piel comienzan a aumentar su concentración. En el momento de la recolección, el fruto ha de presentar un grado de madurez que le permita soportar la manipulación, transporte, acondicionamiento y exigencias comerciales establecidas para los mismos (Rodríguez, 1983).

En el Mediterráneo, la época de recolección tiene lugar durante la primavera, en los meses de abril a junio, aunque depende de diversos factores como el cultivar, microclima y factores culturales (Rodríguez, 1983). El níspero es un fruto muy sensible a los golpes y al transporte, de ahí que para la recolección se empleen cestos acolchados, para que la fruta no sufra rozaduras ni golpes, y el transporte en la parcela sea muy cuidadoso. Los frutos se recolectan manualmente, cortando con unos alicates los pedúnculos para evitar tocar el fruto y conservar al máximo su vello (Cautín *et al.*, 2006).

La mayor parte de la producción de nísperos se comercializa para consumo en fresco, aunque los frutos también se consumen en almíbar, mermeladas y zumos. La miel uniflora del níspero es muy apreciada en las zonas de cultivo (Cautín *et al.*, 2006).

d) Producción en España e Italia, y cultivares importantes

En España se cultivan unas 2.500 ha, con una producción de unas 29.000 t anuales. Por Comunidades Autónomas, la Comunidad Valenciana, con 1.300 ha (el 51% del total español), es la principal productora. Solamente la provincia de Alicante representa el 42% de la superficie cultivada en España, y el 53% de la producción total. Le sigue en importancia Andalucía con 1.137 ha cultivadas (44%) y, con bastante menos superficie, Murcia, Cataluña y Baleares (MAGRAMA, 2014).

En Alicante, el principal cultivar cultivado es Algerie y sus mutaciones, que representa más del 95% del total de la producción en esta provincia. Este cultivar tiene buenas características vegetativas y muy buenas características organolépticas. De las mutaciones del cultivar Algerie destaca el cultivar Peluches. Es un cultivar autóctono de características vegetativas muy buenas. Sus frutos son excepcionales en cuanto a tamaño, aunque les falta un poco de sabor y tienden a rajarse. Existen algunas parcelas cultivadas de este cultivar en Callosa d'en Sarrià y Altea (Martínez-Calvo *et al.*, 2000).

En la provincia de Castellón el níspero se cultiva en la Comarca del Alto Palancia, en concreto en los municipios de Sot de Ferrer, Soneja, Castellnovo, Segorbe y Altura, en donde el cultivar predominante es Tanaka. Este cultivar es de origen japonés y tradicionalmente ha sido muy cultivado en las zonas de Sagunto (Valencia) y Segorbe (Castellón). Es un cultivar tardío, productivo, de buen tamaño y muy buenas características organolépticas (Martínez-Calvo *et al.*, 2000).

En Italia el cultivo del níspero japonés se concentra en un 96% en Sicilia; el resto se sitúa en Campania, Calabria y Basilicata. La superficie total es alrededor de 503 ha, con una producción total de 4.412 t destinadas, exclusivamente, al mercado nacional. Las variedades más importantes cultivadas son Nespole di Trabia, Nespole Bianco, Vainiglia, Sanfilippara y Virticchiara (Badenes *et al.*, 2006; De Kartzow y Quijada, 2006). El cultivar Sanfilippara es de origen italiano y de maduración muy tardía en nuestras condiciones. Es poco productivo, con problemas de rajado y sensible a la mancha púrpura (Martínez-Calvo *et al.*, 2000).

I.2 EL MOTEADO DEL NÍSPERO

I.2.1 Síntomas de la enfermedad

El níspero es muy sensible al “moteado o roña” y los síntomas aparecen durante el desarrollo del fruto, con los daños más importantes producidos en hojas y frutos. Los frutos manchados son inadecuados para la venta, pudiendo producirse pérdidas económicas de hasta el 50% en algunos años. Esta situación es común en el área mediterránea, donde se localizan las principales zonas de cultivo del níspero (Sánchez-Torres *et al.*, 2009).

Esta enfermedad puede atacar hojas, brotes y frutos, sobre todo en etapas tempranas de su desarrollo (González-Domínguez *et al.*, 2013). Sobre las hojas del níspero (Figura 2), el hongo produce unas manchas pardo-verdosas, que se vuelven amarillentas y, más tarde, de color marrón oscuro. Al principio las manchas son pequeños círculos de medio centímetro de diámetro, pero poco a poco van extendiéndose hasta unirse unas con otras, dañando una gran parte de la hoja que adquiere un color pálido y se encorva (Gisbert *et al.*, 2006). Pero los síntomas de moteado más importantes se producen en el fruto, donde es fácilmente visible (Figura 3), variando de verde oscuro a marrón, y pudiendo aumentar en tamaño hasta cubrir toda su superficie (Gisbert *et al.*, 2006).



Figura 2. Síntomas de moteado sobre las hojas.



Figura 3. Síntomas de moteado sobre los frutos.

1.2.2 Agente causal

La enfermedad del moteado está producida por el hongo imperfecto (ya que solo tiene reproducción asexual) *Fusicladium eriobotryae* (Cavara) Sacc. (Gisbert *et al.*, 2006). Aunque el moteado del níspero es un problema bien conocido desde hace años, la mayoría de citas antiguas sobre el agente causal se refieren a él como *Spilocaea pyracanthae* o *Fusicladium pomi*, agentes causales del moteado en piracanta y manzano, respectivamente. No obstante, Sánchez-Torres *et al.* (2007a y 2009) estudiaron recientemente la etiología del moteado del níspero, determinando que *F. eriobotryae* es el agente causal de esta enfermedad.

I.2.3 Descripción del patógeno

a) Morfología

Los conidios de *F. eriobotryae* son solitarios, rectos, de forma variable, que van de típicamente ovoides a obpiriformes, y pueden presentar en algunos casos un septo. Su tamaño oscila entre $11,63 \pm 2,52 \times 6,30 \pm 0,58 \mu\text{m}$ en etapas jóvenes y $16,30 \pm 2,52 \times 6,30 \pm 0,37 \mu\text{m}$ en etapas adultas. Además se caracterizan por presentar un estrechamiento en la punta y aspecto redondeado en la zona del ápice.

La conidiogénesis (Figura 4) observada más frecuentemente corresponde a una de tipo percurrente si bien también puede observarse en algunos casos proliferación de tipo simpodial. El conidióforo presenta un tamaño que oscila entre $9,59 \pm 2,02 \times 4,57 \pm 0,52 \mu\text{m}$ (adulto). La conidiogénesis percurrente puede ser en algunos casos muy manifiesta, apreciándose claramente las cicatrices de los conidios ya formados y liberados (Sánchez-Torres *et al.*, 2007b).

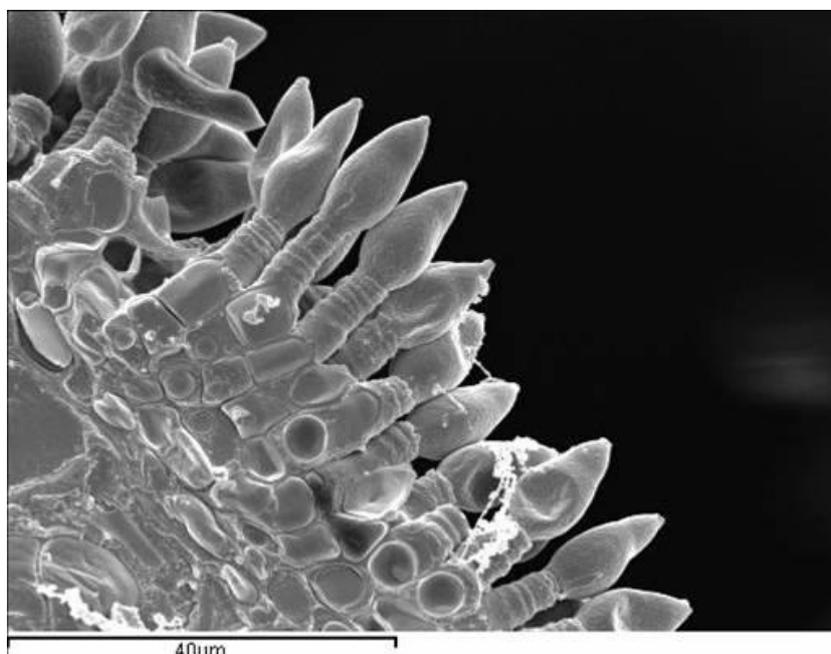


Figura 4. Conidiogénesis de *Fusicladium eriobotryae*.

b) Germinación y crecimiento

Fusicladium eriobotryae es capaz de crecer y los conidios germinar en un amplio rango de temperaturas (5-30°C). La germinación no se produce con humedades relativas menores del 100%, observándose a máxima germinación de conidios después de 24 horas de humectación. Cuando entre dos períodos de humectación se producen más de 10 horas seguidas de secado, la germinación se reduce considerablemente. La infección del níspero se produce a temperaturas comprendidas entre 10 y 20 °C, y la incidencia y severidad de la enfermedad se incrementa con el aumento de la duración del periodo de humectación (González-Domínguez *et al.*, 2013).

d) Ciclo del patógeno

Estudios previos han dilucidado algunos de los aspectos relevantes de la biología y epidemiología de *F. eriobotryae* (Sánchez-Torres *et al.*, 2009; González-Domínguez *et al.*, 2013). La forma sexual de *F. eriobotryae* no ha sido encontrada. Los conidios asexuales de *F. eriobotryae* son abundantes en las lesiones en hojas y aún más abundantes en los frutos (Sánchez-Torres *et al.*, 2007b).

A continuación (Figura 5), se comenta el ciclo del moteado del níspero.

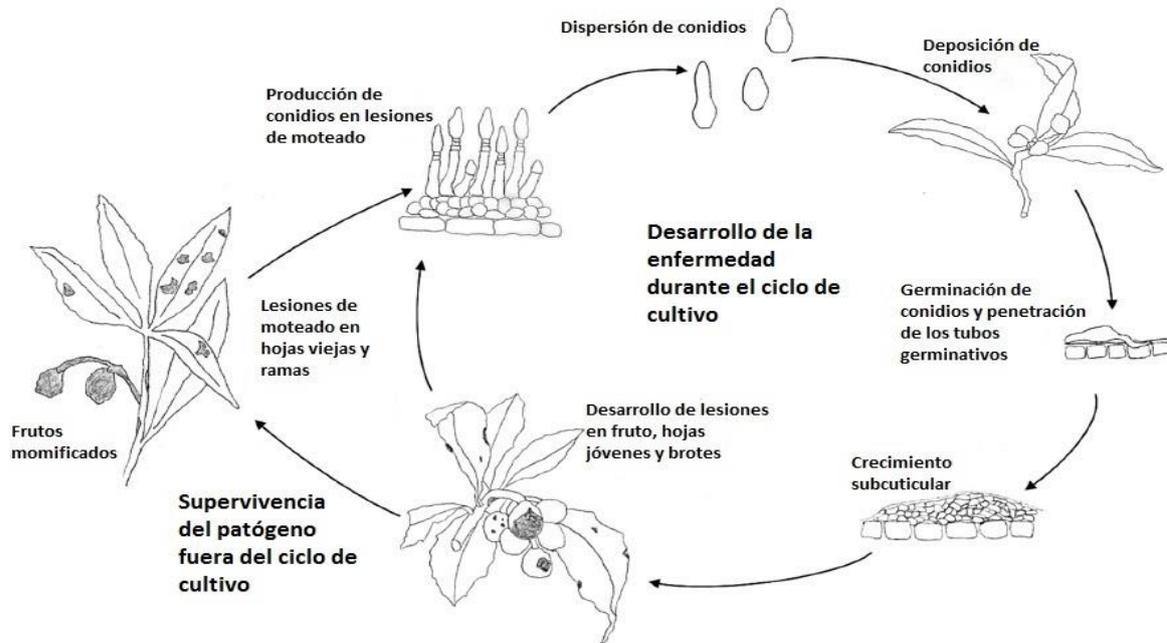


Figura 5. Ciclo patológico del moteado del níspero causado por *F. eriobotryae* (González-Domínguez *et al.*, 2014a).

En el verano, durante la parada vegetativa del cultivo, el hongo sobrevive en las lesiones en ramas, hojas o frutos que se han producido durante ese año. Las altas temperaturas y falta de horas de humectación que se producen durante el verano previenen la esporulación de estas lesiones. En el otoño, cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de la enfermedad, las lesiones del año anterior esporulan, sirviendo de inóculo primario, e infectando las hojas y frutos jóvenes. Los conidios de *F. eriobotryae* son dispersados principalmente por salpicaduras de lluvia a frutos y hojas cercanos; con condiciones favorables de temperatura y humectación, los conidios germinan y penetran los tejidos vegetales, directamente o a través de los estomas. Una vez que la infección se produce, el hongo crece subcuticularmente, los conidióforos rompen la cutícula del tejido y se producen nuevos conidios de *F. eriobotryae*. Estos conidios producirán infecciones secundarias durante todo el ciclo de cultivo, siempre que las condiciones ambientales sean favorable para la germinación, infección y crecimiento micelial (González-Domínguez *et al.*, 2014a).

I.2.4 Modelo de predicción del riesgo de infección por *Fusicladium eriobotryae* basado en condiciones climáticas

González-Domínguez *et al.* (2014a) han desarrollado un modelo epidemiológico en colaboración con la Cooperativa de Callosa d'En Sarrià, para la predicción del riesgo de infección por *F. eriobotryae* en níspero en función de las variables climáticas. En colaboración con el grupo de investigación de riegos del IVIA, el modelo ha sido implementado en un programa informático denominado "EriScab", que permite su uso automatizado. El modelo, de tipo mecanístico, simula periodos de infección del moteado y su severidad a través de los subprocesos de dispersión de esporas, germinación, infección, y latencia; el cambio de un estado al siguiente depende de condiciones ambientales y es un proceso descrito por ecuaciones matemáticas. Estas ecuaciones han sido desarrolladas usando datos publicados de crecimiento del micelio de *F. eriobotryae*, germinación de conidios, infección, y el patrón de dispersión de conidios. El modelo fue validado durante dos campañas de cultivo en Callosa d'En Sarrià (2011-2012), observándose que es capaz de predecir la aparición y severidad de periodos de infección de moteado así como el progreso de incidencia de moteado de níspero en el fruto (con coeficientes de correlación $> 0,95$). Para la validación de los modelos predictivos, además de comprobar su precisión, es decir, que la predicción se aproxima al valor observado, es importante demostrar que es robusto. El modelo será robusto si es aplicable en zonas de cultivo con climatología muy diferente a la de la zona donde se desarrolló.

El uso de este modelo validado para la planificación de tratamientos fungicidas en cultivos de níspero en Callosa d'En Sarrià y su extensión a otras zonas de cultivo puede ayudar a optimizar el control del moteado y reducir las aplicaciones de fungicidas.

II.Objetivos

II.Objetivos

El moteado del níspero causado por *Fusicladium eriobotryae* es la principal enfermedad de este cultivo en la cuenca mediterránea, afectando principalmente a hojas y frutos. Recientemente, la biología del patógeno y la epidemiología de la enfermedad han sido estudiadas en profundidad, y los resultados obtenidos han servido para el desarrollo de un modelo epidemiológico para determinar el riesgo de aparición de la enfermedad. El modelo utiliza como inputs variables meteorológicas, y ha sido validado en la principal zona de cultivo de la provincia de Alicante, Callosa d'en Sarrià.

En este trabajo se propone la validación del modelo en dos zonas de cultivo con cultivares de níspero y condiciones climáticas distintas a las de Callosa d'En Sarrià. Para ello, durante un ciclo de cultivo, se realizará el seguimiento de la enfermedad en dos parcelas situadas en Segorbe (Castellón) y Santa María di Gesù (Sicilia), respectivamente. Los datos observados se compararán con aquellos predichos por el modelo con el objetivo de evaluar su aplicabilidad en zonas geográficas diferentes.

III.MATERIALES Y MÉTODOS

III.MATERIALES Y MÉTODOS

III.1.Parcelas experimentales

En la Comunidad Valenciana el seguimiento del moteado del níspero se realizó en una parcela en el término municipal de Segorbe, provincia de Castellón, cedida por un socio de la Cooperativa San Isidro Labrador de esta localidad (Figura 6). La superficie de la parcela es de 0,5203 ha. El uso mayoritario de la parcela es para cultivo de hortalizas (0,2649 ha) y de frutales como cítricos y nísperos (0,2293ha). Los nísperos están plantados en bancales junto a la ribera del río Palancia y el cultivar es Tanaka, siendo la edad aproximada de los árboles de unos 15 años.



Figura 6. Imagen de satélite de la parcela de estudio en Segorbe.

En Sicilia el seguimiento del moteado del níspero se realizó en una parcela experimental de cultivo de níspero perteneciente a la Facoltà di Agraria de la Università degli Studi di Palermo (Sicilia, Italia) en la localidad de Santa Maria di Gesù (Figura 7), cerca de Palermo. En esta parcela los cultivares de níspero cultivados son Algerie, Peluches y Sanfilippara.

En ambas parcelas, durante la campaña de cultivo no se realizaron tratamientos fungicidas para el control del moteado.

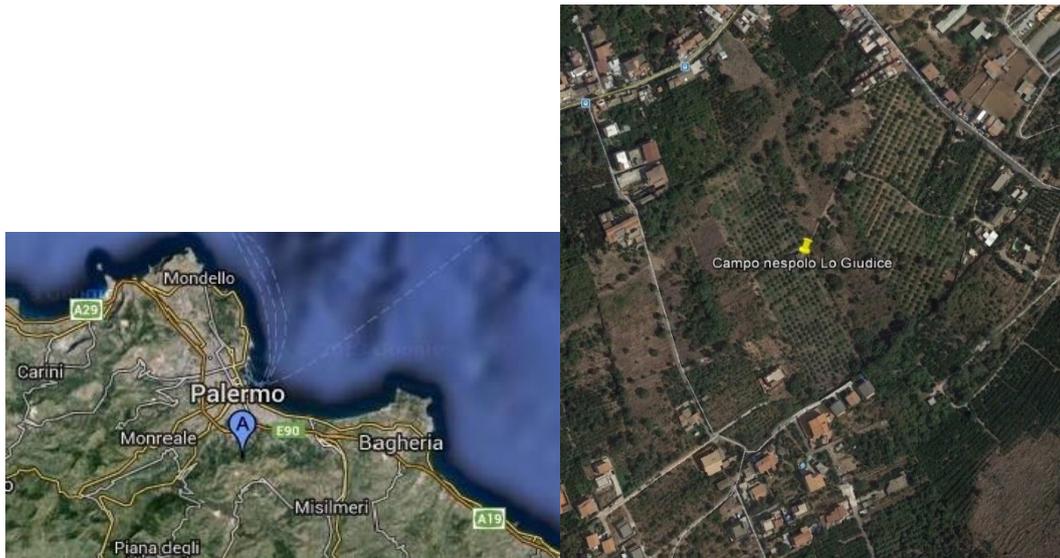


Figura 7. A. Localización de la parcela; **B.** Imagen de satélite del campo de nísperos Lo Giudice.

III.2. Seguimiento de la infección por *Fusicladium eriobotryae* en frutos

En Segorbe el período de estudio fue desde finales de marzo hasta finales de mayo, momento de la cosecha.

Para el seguimiento de la infección de frutos de níspero por *F. eriobotryae* se seleccionaron 10 árboles, en cada uno de los cuales se etiquetaron 20 frutos (200 frutos en total). El etiquetado del fruto se realizó con etiquetas plásticas de color rosa para facilitar su observación y que estaban numeradas del 1 al 200 (Figura 8). Los frutos escogidos se eligieron de manera que estuvieran distribuidos en toda la copa del árbol.



Figura 8. Frutos etiquetados para el seguimiento de la infección por *Fusicladium eriobotryae*.

El seguimiento se realizó mediante visitas periódicas en las que se evaluó la presencia de moteado en los frutos marcados. Esta comprobación se llevó a cabo de un modo sistemático por una persona, en la que observando la cara externa de los frutos etiquetados y, si éstos presentaban síntomas de moteado, se anotaban como infectados.

En la Tabla 1 se muestran las fechas de todas las visitas y el estado fenológico del árbol en ese momento.

Tabla 1. Fechas de seguimiento en el cultivar Tanaka y estado fenológico:

Visita	Fecha	Estado fenológico
1	26-03-15	701
2	16-04-15	705
3	28-04-15	705
4	07-05-15	709
5	21-05-15	801
6	28-05-15	805

En Palermo el período de estudio fue desde mitad de enero hasta finales de abril para los cultivares Algerie y Peluches, y hasta mitad de mayo para el cultivar Sanfilippara.

En este caso, para el seguimiento de la infección de frutos de níspero por *F. eriobotryae* se seleccionaron 6 árboles por cultivar, siendo el total de frutos etiquetados para el cultivar Algerie de 170, para el cultivar Peluches 141, y para el cultivar Sanfilippara 105. Los frutos escogidos se eligieron en 5 ramas por árbol, siendo una con orientación norte, otra de la parte alta del árbol y las otras 3 que estuvieran distribuidas en toda la copa del árbol.

El seguimiento se realizó anotando el número de frutos etiquetados por panícula de cada rama. En cada visita se anotaba el número de frutos que mostraban síntomas de moteado y su estado fenológico.

En las Tabla 2, 3 y 4 se muestran las fechas de todas las visitas y el estado fenológico del árbol en ese momento.

Tabla 2. Fechas de seguimiento en el cultivar Algerie y estado fenológico:

Visita	Fecha	Estado fenológico
1	12-01-15	701
2	30-01-15	705
3	16-02-15	705
4	27-02-15	705
5	12-03-15	709
6	31-03-15	801
7	15-04-15	805
8	30-04-15	805

Tabla 3. Fechas de seguimiento en el cultivar Peluches y estado fenológico:

Visita	Fecha	Estado fenológico
1	12-01-15	701
2	30-01-15	705
3	16-02-15	709
4	27-02-15	709
5	12-03-15	709
6	31-03-15	801
7	15-04-15	801
8	30-04-15	805

Tabla 4. Fechas de seguimiento en el cultivar Tanaka y estado fenológico:

Visita	Fecha	Estado fenológico
1	12-01-15	609
2	30-01-15	701
3	16-02-15	701
4	27-02-15	705
5	12-03-15	705
6	31-03-15	705
7	15-04-15	709
8	30-04-15	801
9	12-05-15	805

La descripción de los estados fenológicos (Martinez-Calvo *et al.*, 1999) es:

Estado principal 6: Floración

609 Final de la floración: todos los pétalos han caído (cuajado)

Estado principal 7: Desarrollo del fruto

701 El fruto alcanza el 10%, aproximadamente de su tamaño final

705 El fruto alcanza el 50%, aproximadamente de su tamaño final

709 El fruto alcanza el 90%, aproximadamente de su tamaño final

Estado principal 8: Maduración del fruto

801 Los frutos comienzan a colorear (cambio de color)

805 Aumento de la coloración del fruto, específica de cada cultivar

III.3. Seguimiento de la severidad del moteado en frutos

El seguimiento de la severidad del moteado en los frutos de níspero se realizó únicamente en la parcela situada en Segorbe, y de dos formas distintas.

Por una parte, los frutos que presentaban moteado fueron valorados en una escala del 1 al 100% según el porcentaje ocupado por la lesión de la superficie del fruto (únicamente la cara externa). Esta evaluación, realizada siempre por la misma persona durante cada visita, se hizo con la ayuda de una escala diagramática desarrollada por González-Domínguez *et al.* (2014b) (Figura 9).

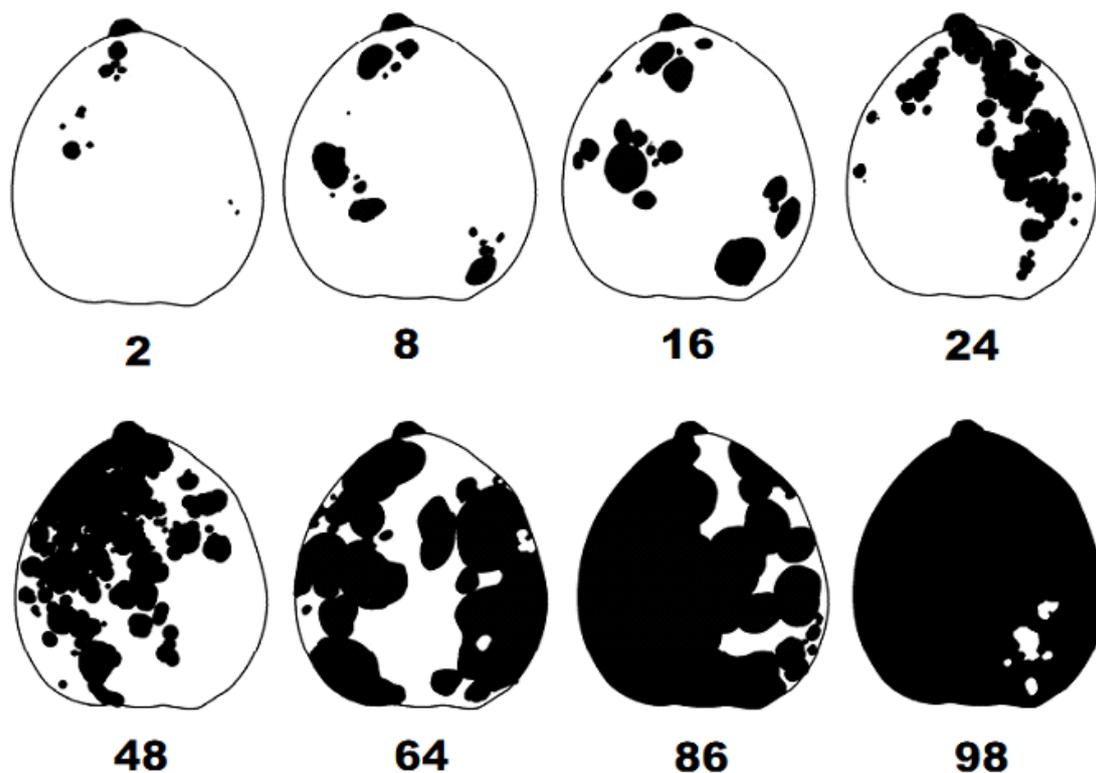


Figura 9. Escala diagramática de severidad del moteado del níspero desarrollada por González-Domínguez *et al.* (2014b).

A continuación, cada fruto con moteado se fotografiaba para, posteriormente, evaluar la superficie total ocupada por la lesión con el programa informático APS ASSES. Este programa permite calcular la superficie ocupada por la lesión respecto a la superficie total del fruto en la imagen evaluada (Figura 10).

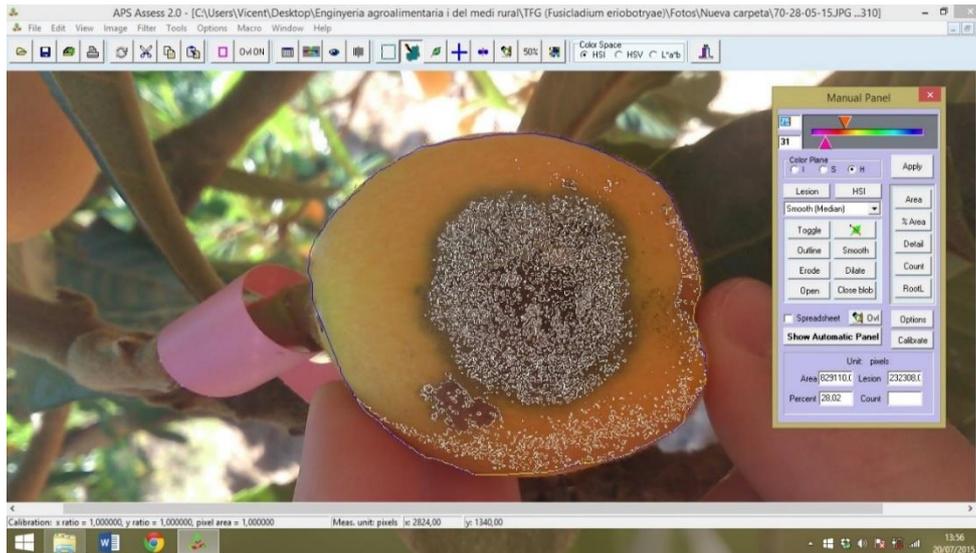


Figura 10. Evaluación de la severidad del moteado con APS ASSES.

III.4.Comprobación de la infección por *Fusicladium eriobotryae*

Para comprobar que en los frutos sintomáticos la infección era debida a *F. eriobotryae* se recogieron frutos infectados de entre los que no estaban etiquetados para realizar el aislamiento del hongo en condiciones de laboratorio. Al ser *F. eriobotryae* un hongo de crecimiento lento, su cultivo en placas Petri presenta cierta dificultad. Para ello, en primer lugar se limpiaron los frutos con alcohol al 70%, para después dejarlos en una cámara húmeda durante 4 días con el objetivo de que el hongo esporulara en las lesiones superficiales (Figura 11). Una vez se producía la esporulación, se seguía el proceso de aislamiento del hongo en una cámara de flujo laminar para mantener condiciones de esterilidad.



Figura 11. Frutos de nispero con manchas de moteado en cámara húmeda.

Con ayuda de una lupa se rascaban con un asa de siembra estéril las zonas de nuevo crecimiento del hongo y se sembraban siete puntos en Placas Petri (Figura) con medio de cultivo patata dextrosa agar (PDA) con la adición de 0,5 g/l de sulfato de estreptomicina (PDAS), realizándose muchas repeticiones debido a la dificultad de cultivar *in vitro* el hongo. Una vez realizada la siembra, las placas se depositaban en un incubador a 20 °C en condiciones de oscuridad. Cada 7 días se retiraban las placas que presentaban contaminaciones, completando un período de incubación de 21 días. A los 21 días se repicaron las colonias crecidas de *F. eriobotryae* a otra placa Petri con medio de cultivo PDA, incubándose también a 20 °C en condiciones de oscuridad.

III.5.Datos meteorológicos

Para el seguimiento de las condiciones ambientales de la parcela de Segorbe, se descargaron los datos meteorológicos de la estación agroclimática del IVIA que se encuentra en Segorbe, provincia de Castellón, a 358 m sobre el nivel del mar. Sus coordenadas son UTMX: 715427.000 y UTM Y: 4410510.000; y el huso 30. Se tomaron los datos diarios de temperatura media (°C), humedad relativa (%), precipitación (mm) y horas diarias con agua libre, correspondientes a los meses de marzo, abril y mayo.

Los datos agroclimáticos diarios correspondientes a los meses de enero a mayo para Santa Maria di Gesù de temperatura media (°C), humedad relativa (%), precipitación (mm) y horas diarias con agua libre, se obtuvieron de la estación agroclimática que posee la Università degli Studi di Palermo (Palermo, Sicilia).

III.6.Aplicación y validación del modelo

Los datos meteorológicos de cada una de las zonas de estudio se introdujeron en el modelo epidemiológico para el moteado del níspero (EriScab), que proporciona indicaciones de nivel diario de riesgo de infección por *F. eriobotryae* en níspero. Los datos de infección por *F. eriobotryae* en frutos predichos por el modelo fueron comparados con aquellos observados en campo mediante el uso de regresiones lineales. Para hacer ambos datos homogéneos, los valores finales de enfermedad fueron reescalados a 1 en ambos casos. En el caso de los datos de infección observados en campo, éstos se retrasaron 21 días, que es período de incubación desde que se produce la infección del fruto, hasta que se observan los síntomas (Sánchez-Torres *et al.*, 2009).

IV.Resultados

IV.Resultados

En la localidad de Segorbe (Valencia) se realizó el seguimiento de 200 frutos marcados del cultivar Tanaka en 6 fechas de evaluación. En la primera fecha de evaluación (26-03-2015) el número de frutos manchados por moteado fue de 0 frutos; en la segunda evaluación (16-04-2015) se observaron 5 frutos manchados, el 2,5 % de frutos del total. El número de frutos afectados por *F. eriobotryae* se mantuvo constante en las evaluaciones posteriores.

Para la comprobación de que el hongo causante del moteado era *F. eriobotryae*, se recogieron frutos con manchas de moteado de entre los que no estaban etiquetados, para su posterior análisis en laboratorio, que permitió confirmar la infección por *F. eriobotryae* (Figura 12).

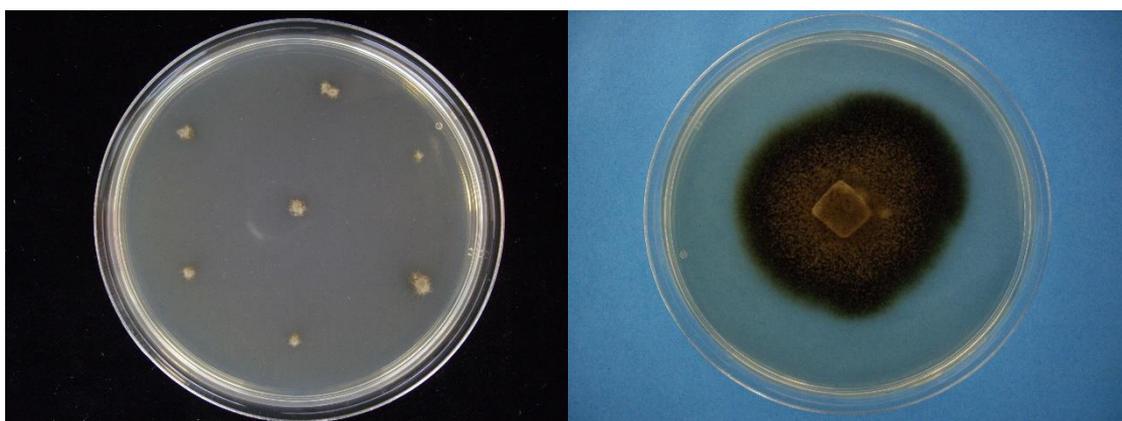


Figura 12. A. Aislamiento de *Fusicladium eriobotryae* a partir de fragmentos de frutos del cultivar Tanaka con manchas de moteado en medio de cultivo PDAS; B. colonia de *F. eriobotryae* aislada de frutos con síntomas de moteado en Segorbe.

En Segorbe se realizó un seguimiento de la evolución temporal de las manchas de moteado en la cara externa del fruto. Para ello, se evaluó la severidad de la enfermedad en los frutos que presentaban moteado mediante el uso de la escala diagramática desarrollada para níspero, y se fotografió la cara externa de cada fruto con moteado (Figura 13), para su posterior análisis informático y su comparación con los datos obtenidos con la escala diagramática (Tabla 5). La Figura 13 muestra las fotografías de estos frutos, excepto la primera evaluación de los frutos 118 y 120.

El 16-04-2015, que fue el primer día que se encontraron frutos con presencia de moteado (frutos 70, 101, 115, 118 y 120), observándose diferentes niveles de severidad. El fruto 101 era el menos afectado, ocupando la mancha de moteado el 2% de superficie de la cara externa del fruto según la escala diagramática y el 3,44% según el programa APS ASSESS. El fruto más afectado (115) presentaba el 6% de la superficie de la cara externa del fruto afectada según la escala diagramática y el 5,35% según el programa APS ASSESS. En las sucesivas fechas de evaluación, se apreció un crecimiento del tamaño de las manchas de moteado con el tiempo, así como un aumento del tamaño y el cambio de color de los frutos. En la última fecha de evaluación (28-05-2015) el fruto 101 era el menos afectado, ocupando la mancha de moteado el 22% de superficie de la cara externa del fruto según la escala diagramática y el 22,36% según el programa APS ASSESS. El fruto más afectado (115) presentaba el 60% de la superficie de la cara externa del fruto afectada según la escala diagramática y el 33,47% según el programa APS ASSESS.

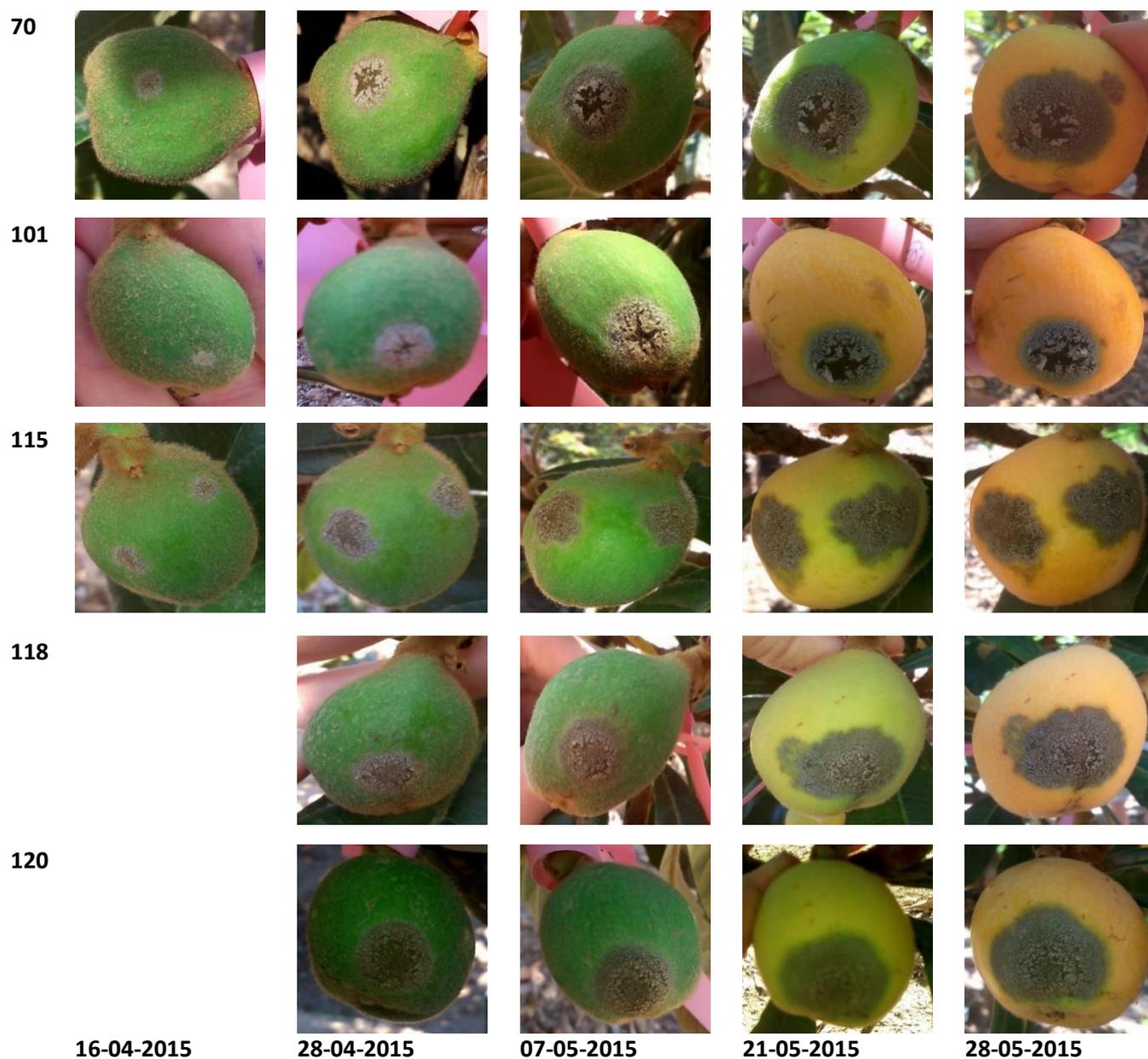


Figura 13. Evolución temporal de las manchas por moteado en 5 frutos del cultivar Tanaka infectados (Frutos nº 70, 101, 115, 118 y 120) en 5 fechas de evaluación: (16-04-2015, 28-04-2015, 07-05-2015, 21-05-2015 y 28-05-2015).

Tabla 5. Evaluación del porcentaje de superficie de frutos nísperos afectada por moteado utilizando la escala diagramática para níspero (González-Domínguez *et al.*, 2014b) o el programa APS ASSESS, en cinco fechas de muestreo.

Fruto	16/04/2015		28/04/2015		07/05/2015		21/05/2015		28/05/2015	
	Escala	APS ASSES								
70	4	4,3	8	9,89	22	19,5	54	27,4	54	28,02
101	2	3,44	7	16,36	18	16,96	30	20,88	22	22,36
115	6	5,35	14	14,22	42	17,57	58	29,6	60	33,47
118	4		12	9,44	20	18,11	46	23,3	48	23,35
120	5		16	18,04	20	21,11	38	36,95	38	38,32

Para comparar ambas valoraciones de la severidad, se realizó una regresión lineal de los datos obtenidos con la escala diagramática (valor estimado por el observador) frente a aquellos obtenidas con el programa APS ASSESS (valor estimado por el programa). En ella (Figura 14) podemos ver que, si la línea roja continua representa la coincidencia entre ambos sistemas de evaluación ($y=x$), con la escala se sobrestimó el valor de la superficie ocupado por moteado. La ecuación de la recta de regresión representada es $y=1,5963x - 3,801$ y su $R^2=0,6597$.

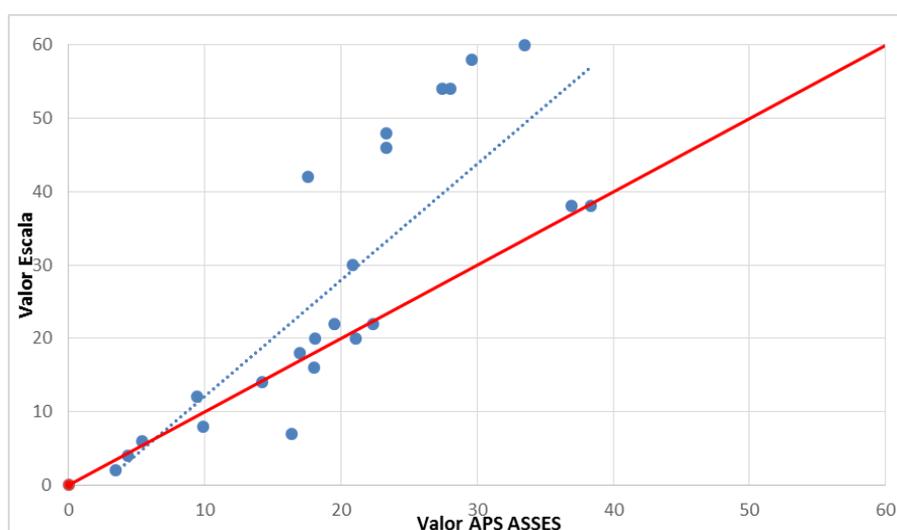


Figura 14. Relación entre los datos de superficie afectada por moteado obtenidos con la escala diagramática para níspero (González-Domínguez *et al.*, 2014b) o el programa APS ASSESS.

Al introducir en el modelo epidemiológico para el moteado del níspero (EriScab) los datos climáticos de temperatura media, horas de agua libre y precipitación diaria (Figura 16) de la estación climática de Segorbe en el periodo comprendido desde el 1 de marzo al 5 de mayo de 2015, éste proporcionó el riesgo diario de infección por *F. eriobotryae* en frutos de níspero para esta localidad (Figura 15).

En el periodo del 18-03-2015 al 24-03-2015, el modelo dio un máximo de riesgo de infección el día 22-03-2015 de 0,449, con una temperatura media de 8,95°C, 24 horas de agua libre y una precipitación de 22,8mm. En el periodo del 06-04-2015 al 12-04-2015, el modelo dio un máximo de riesgo de infección el día 07-04-2015 de 0,395, con una temperatura media de 9,08°C, 9 horas de agua libre y una precipitación de 0mm.

En la Figura 17 se muestra el riesgo de infección diario por *F. eriobotryae* acumulado en la localidad de Segorbe indicado por el programa "EriScab" y la evolución temporal del porcentaje de frutos nísperos del cultivar Tanaka afectados por moteado. El valor de riesgo se presenta como un valor acumulado como porcentaje del riesgo total alcanzado en el período de estudio. De la misma manera, el número de frutos con síntomas de moteado se muestra también como porcentaje del total de frutos que presentaron la enfermedad. Además, en esta Figura los datos de frutos infectados se posicionan 21 días antes de que se observaran síntomas ya que, de acuerdo con lo demostrado por Sánchez-Torres *et al.* (2009), los síntomas de moteado tardan 21 días en aparecer desde el momento en que se produjo la infección. De este modo, aunque los primeros frutos con moteado se encontraron el día 16-04-2015, se corrieron las fechas de las evaluaciones hasta 21 días antes (Figura 17), para obtener la correspondencia real entre el momento de la infección y la observación de los síntomas. Los frutos con moteado se detectaron el periodo de infección del 18-03-2015 al 24-03-2015, que resultó ser cuando se dio mayor riesgo de infección (0,449). Además, hubo un aumento de temperatura los días posteriores, que facilitó el desarrollo del hongo.

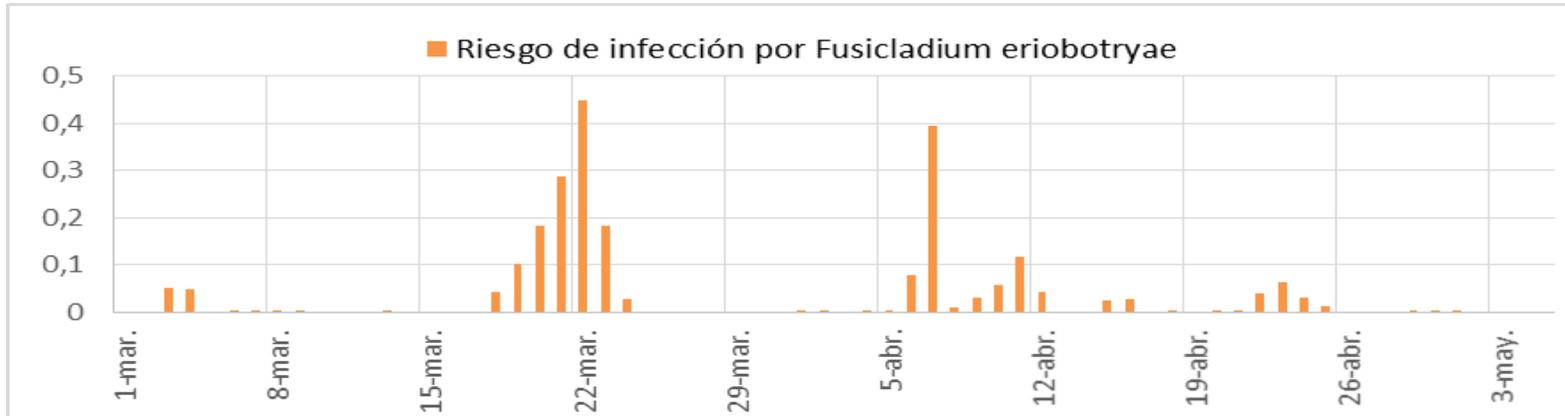


Figura 15. Riesgo de infección diario por *Fusicladium eriobotryae* en la localidad de Segorbe indicado por programa “EriScab” en el período del 1 de marzo al 5 de mayo de 2015.

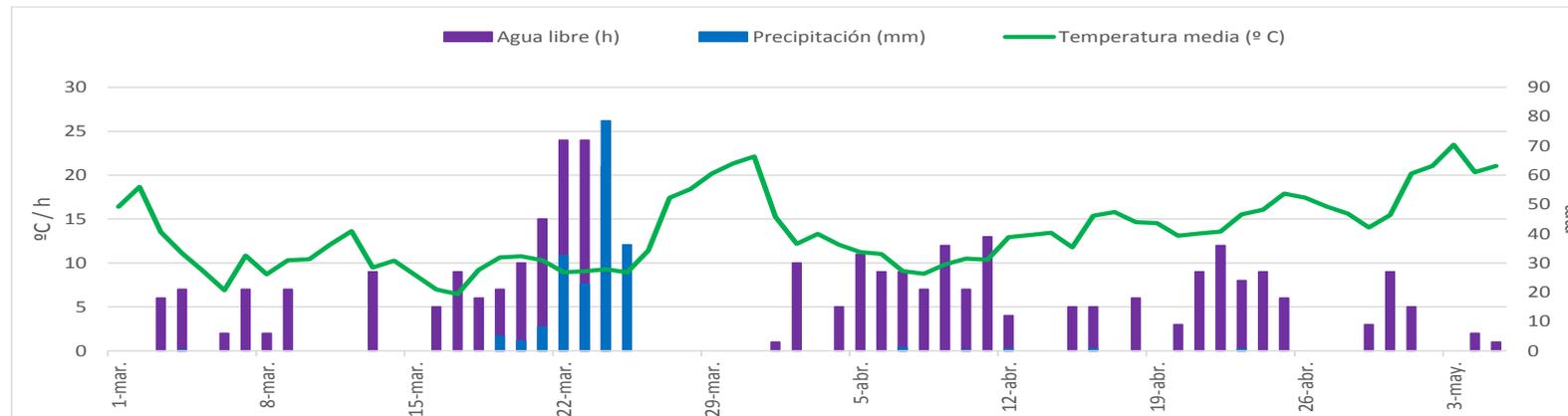


Figura 16. Evolución diaria de horas de agua libre (h), de la precipitación (mm), y la temperatura media (° C), en la localidad de Segorbe en el período del 1 de marzo al 5 de mayo de 2015.

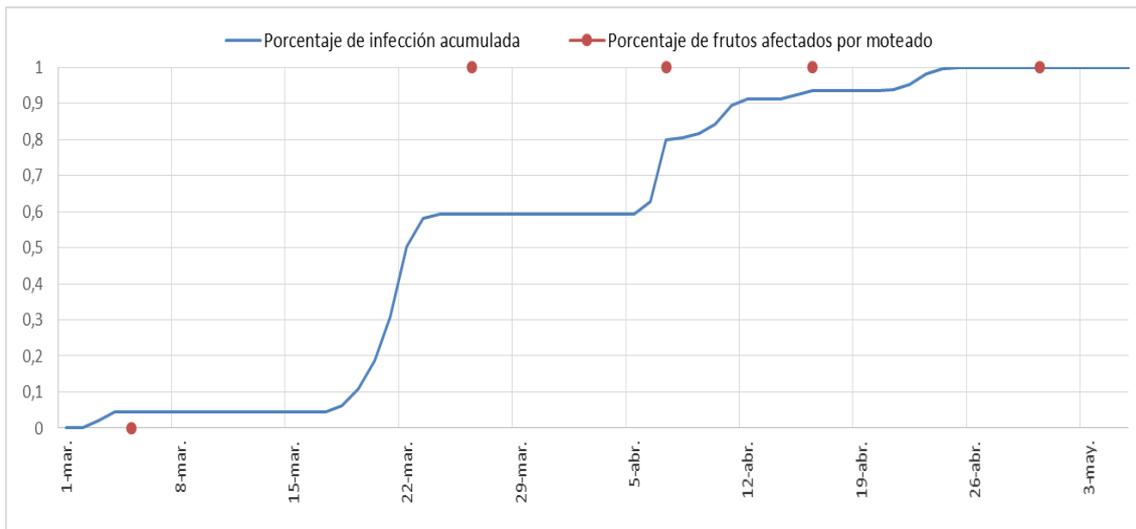


Figura 17. Riesgo de infección diario por *Fusicladium eriobotryae* acumulado en la localidad de Segorbe indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos del cultivar Tanaka afectados por moteado.

Al introducir en el modelo los datos climáticos de temperatura media, horas de agua libre y la precipitación diaria (Figura 19) de la estación climática de la Facoltà di Agraria de la Università degli Studi di Palermo en el periodo comprendido del 1 de enero al 5 de mayo de 2015, éste proporcionó el riesgo diario de infección por *F. eriobotryae* en níspero para la localidad de Santa Maria di Gesù (Figura 18). Como se observa en esta Figura, hubo dos momentos en que el riesgo de infección fue más elevado: En el período del 23-01-2015 al 09-02-2015, el modelo dio un máximo de riesgo de infección el día 31-01-2015 de 1,216, con una temperatura media de 11,75°C, 23 horas de agua libre y una precipitación de 17mm. En el período del 21-02-2015 al 27-02-2015, el modelo dio un máximo de riesgo de infección el día 22-02-2015 de 1,498, con una temperatura media de 12,5°C, 21 horas de agua libre y una precipitación de 2mm.

En las Figuras 20, 21 y 22 se muestra el riesgo de infección diario por *F. eriobotryae* acumulado en la localidad de Santa María di Gesù (Palermo, Italia) indicado por el programa “EriScab” y la evolución temporal del porcentaje de frutos nísperos de los cultivares Algerie, Peluches y Sanfilippara, respectivamente. En todos los cultivares las fechas de evaluación de moteado se corrieron hasta 21 días antes, para así corresponder con el período de infección real de los frutos, tal como se ha comentado anteriormente.

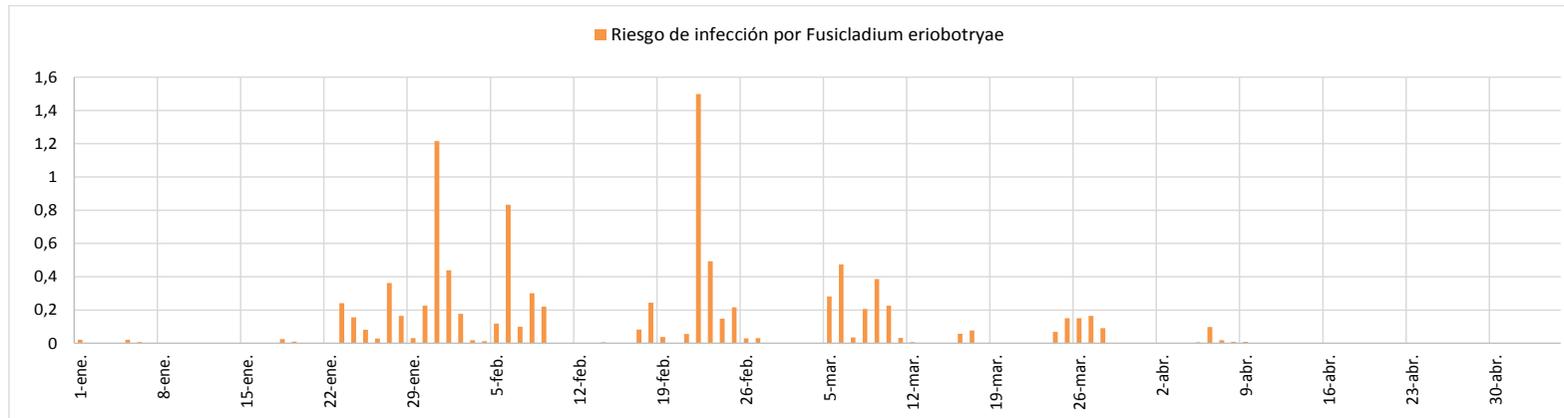


Figura 18. Riesgo de infección diario por *Fusicladium eriobotryae* en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” en el período del 1 de enero al 5 de mayo de 2015.

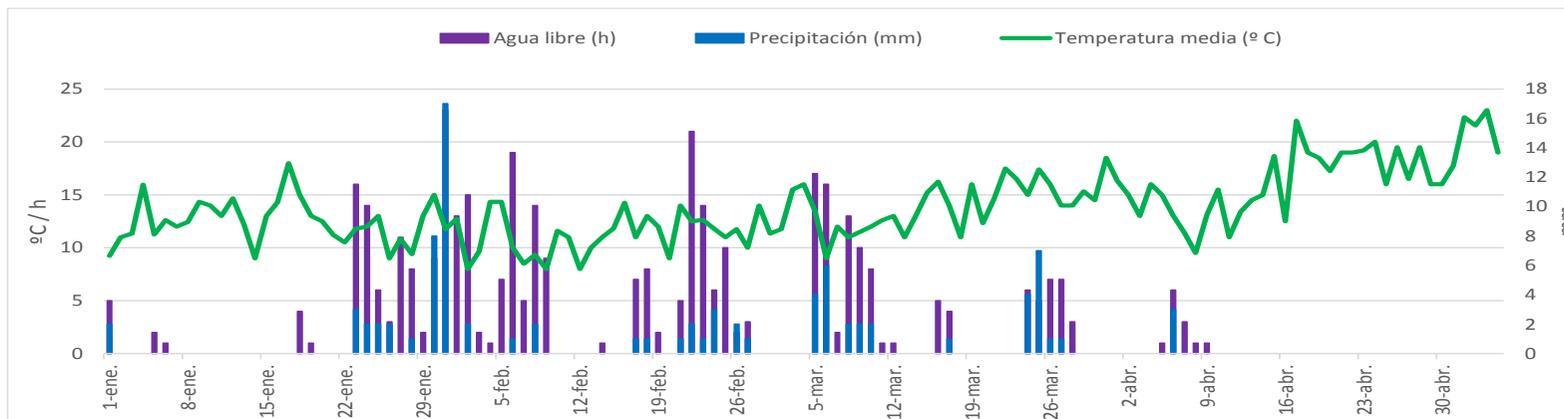


Figura 19. Evolución diaria de horas de agua libre (h), de la precipitación (mm), y la temperatura media (°C) en la localidad de Santa Maria di Gesù en el período del 1 de enero al 5 de mayo de 2015.

Algerie (Figura 20). Los primeros frutos con moteado se observaron el 30-01-2015 (el 6,8% de frutos totales afectados) que se correspondió con el período de infección del 5 al 6 de enero con el máximo de riesgo de infección de 0,021. El 16-02-2015 estaban afectados el 17,7% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 23 de enero al 9 de febrero con el máximo de riesgo de infección de 1,216. El 27-02-2015 estaban afectados el 20,4% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 23 de enero al 9 de febrero con el máximo de riesgo de infección de 1,216. El 12-03-2015 estaban afectados el 71,4% de frutos totales afectados, que correspondió con el período de infección del 17 al 27 de febrero con el máximo de riesgo de infección de 1,498. El 31-03-2015 estaban afectados el 74,8% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 5 al 12 de marzo con el máximo de riesgo de infección de 0,473. El 15-04-2015 estaban afectados el 98,6% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 24 al 28 de marzo con el máximo de riesgo de infección de 0,164. El 30-04-2015 estaban afectados el 86,5% de frutos totales, que se correspondió con el período de infección del 5 al 9 de abril con el máximo de riesgo de infección de 0,098.

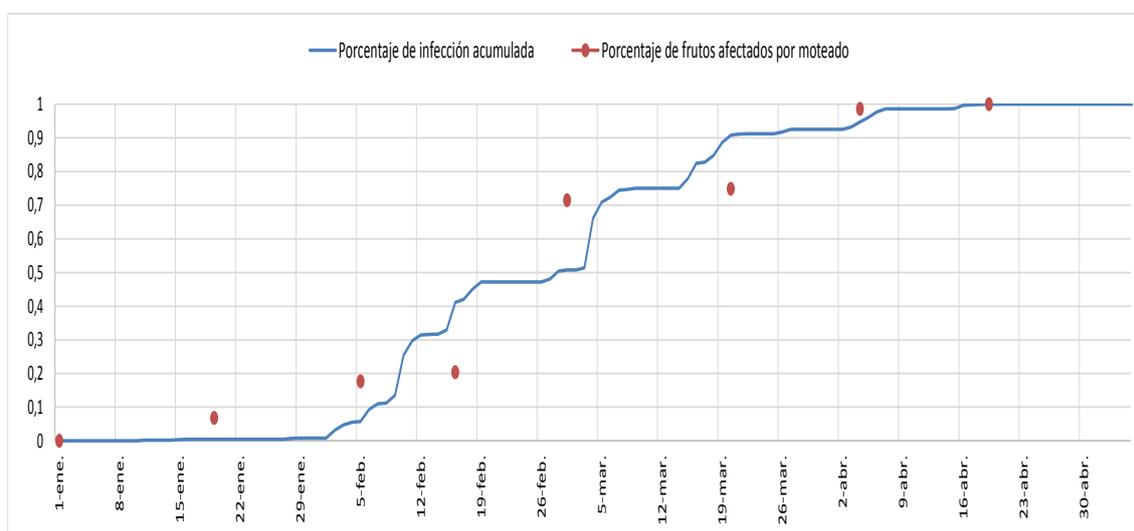


Figura 20. Riesgo de infección diario por *Fusicladium eriobotryae* acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos del cultivar Algerie afectados por moteado.

Peluches (Figura 21). Los primeros frutos con moteado se observaron el 30-01-2015 (el 25,2% de frutos totales afectados) que se correspondió con el período de infección del 5 al 6 de enero con el máximo de riesgo de infección de 0,021. El 16-02-2015 estaban afectados el 32,1% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 23 de enero al 9 de febrero con el máximo de riesgo de infección de 1,216. El 27-02-2015 estaban afectados el 49,6% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 23 de enero al 9 de febrero con el máximo de riesgo de infección de 1,216. El 12-03-2015 estaban afectados el 56,7% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 17 al 27 de febrero con el máximo de riesgo de infección de 1,498. El 31-03-2015 estaban afectados el 58,2% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 5 al 12 de marzo con el máximo de riesgo de infección de 0,473. El 15-04-2015 estaban afectados el 90,1% de frutos totales afectados, que se correspondió con el

período de infección del 24 al 28 de marzo con el máximo de riesgo de infección de 0,164. El 30-04-2015 estaban afectados el 92,9% de frutos totales, que se correspondió con el período de infección del 5 al 9 de abril con el máximo de riesgo de infección de 0,098.

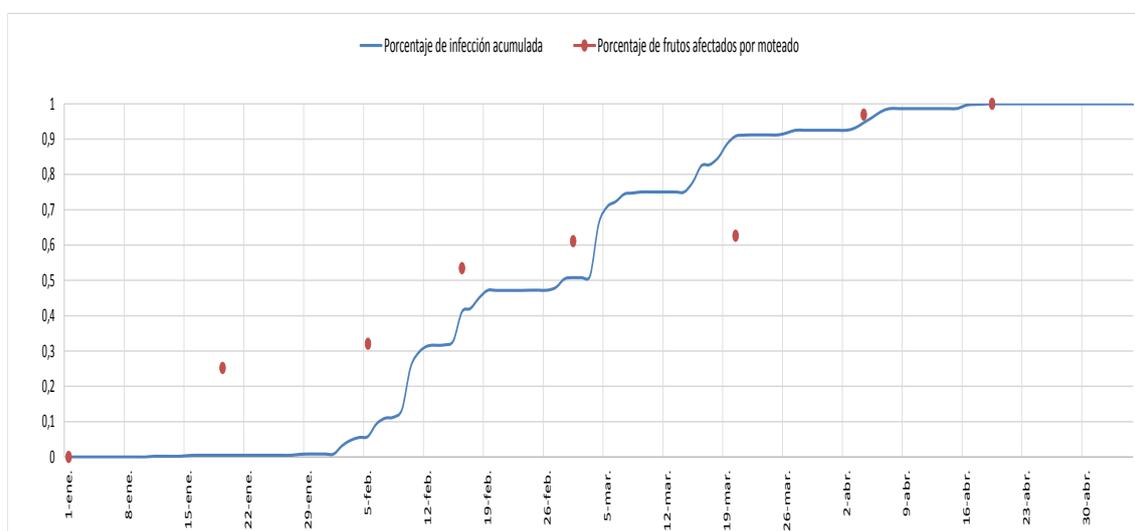


Figura 21. Riesgo de infección diario por *Fusicladium eriobotryae* acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos del cultivar Peluches afectados por moteado.

Sanfilippa (Figura 22). Los primeros frutos con moteado se observaron el 27-02-2015 (el 10,5% de frutos totales afectados) que se correspondió con el período de infección del 23 de enero al 9 de febrero con el máximo de riesgo de infección de 1,216. El 12-03-2015 estaban afectados el 18,4% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 17 al 27 de febrero con el máximo de riesgo de infección de 1,498. El 31-03-2015 estaban afectados el 50% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 5 al 12 de marzo con el máximo de riesgo de infección de 0,473. El 15-04-2015 estaban afectados el 79,6% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 24 al 28 de marzo con el máximo de riesgo de infección de 0,164. El 30-04-2015 estaban afectados el 100% de frutos totales afectados, que se correspondió con el período de infección del 5 al 9 de abril con el máximo de riesgo de infección de 0,098. El 12-05-2015 se mantuvo constante el número de frutos con moteado que es el 98% de frutos totales.

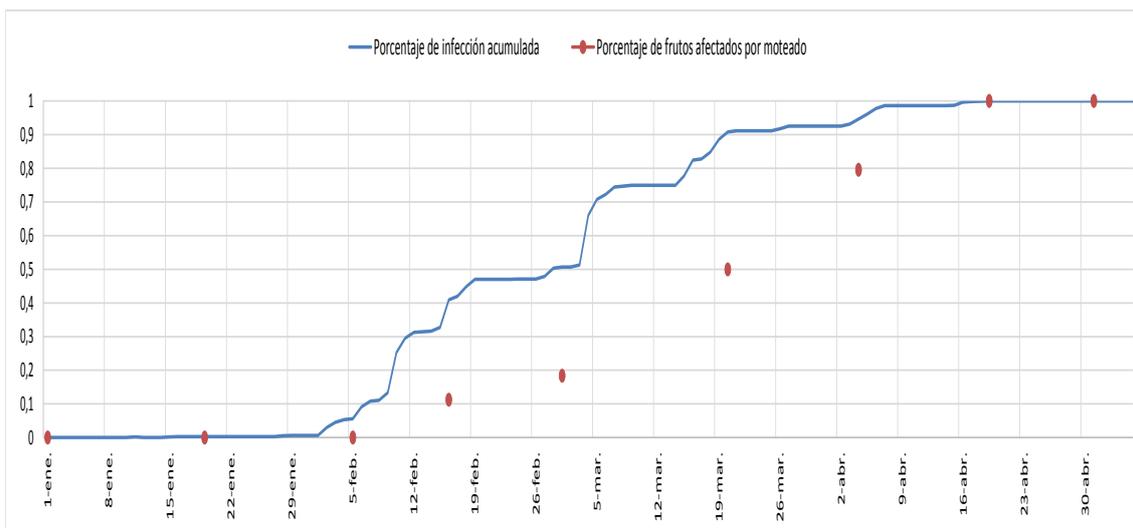


Figura 22. Riesgo de infección diario por *Fusicladium eriobotryae* acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos del cultivar Sanfilippara afectados por moteado.

Se realizó un estudio de regresión para cada uno de los cultivares estudiados con los datos obtenidos por el modelo y los datos del seguimiento para ver la relación entre ellos. En el caso de Segorbe, la baja incidencia de moteado en el cultivar Tanaka no permitió evaluar el ajuste de la predicción del modelo. En las figuras 23, 24 y 25 la línea roja continua representaría la coincidencia entre la infección predicha por el modelo y la observada. Podemos ver que para el cultivar Algerie hubo una buena relación entre los datos predichos por el modelo y los observados en campo. La ecuación de la recta de regresión representada es $y=0,9162x + 0,0479$ y su $R^2=0,9011$ (Figura 23). Para el cultivar Peluches, en general se observó una subestimación por parte del modelo del porcentaje de frutos afectados. La ecuación de la recta de regresión representada es $y=0,7379x + 0,1853$ y su $R^2=0,8588$ (Figura 24). Finalmente, para el cultivar Sanfilippara se observó una sobreestimación por parte del modelo del porcentaje de frutos afectados. La ecuación de la recta de regresión representada es $y=0,842x - 0,0798$ y su $R^2=0,8527$ (Figura 25).

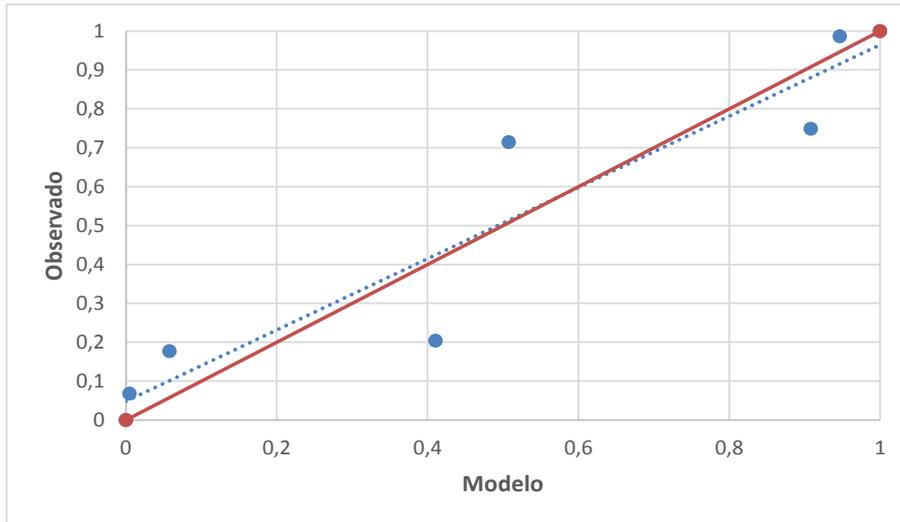


Figura 23. Relación entre el riesgo de infección diario por *Fusicladium eriobotryae* acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos con moteado del cultivar Algerie.

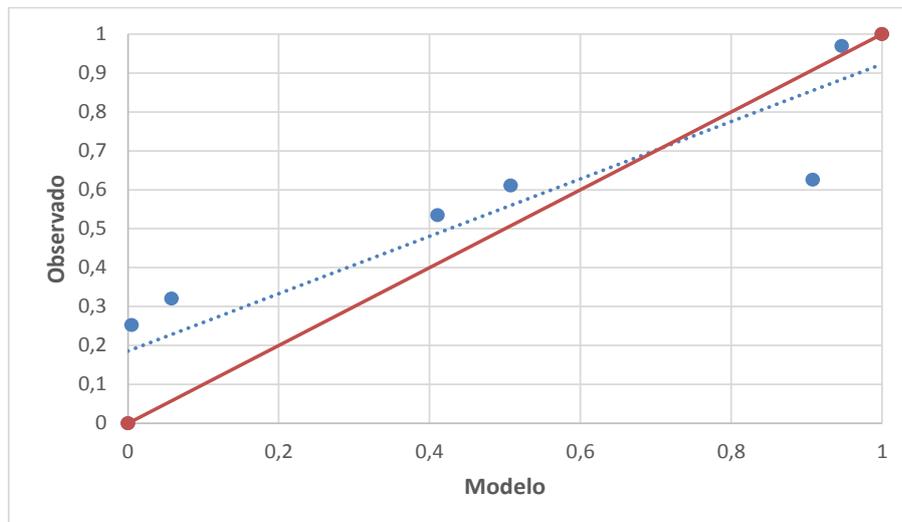


Figura 24. Relación entre el riesgo de infección diario por *Fusicladium eriobotryae* acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos con moteado del cultivar Peluches.

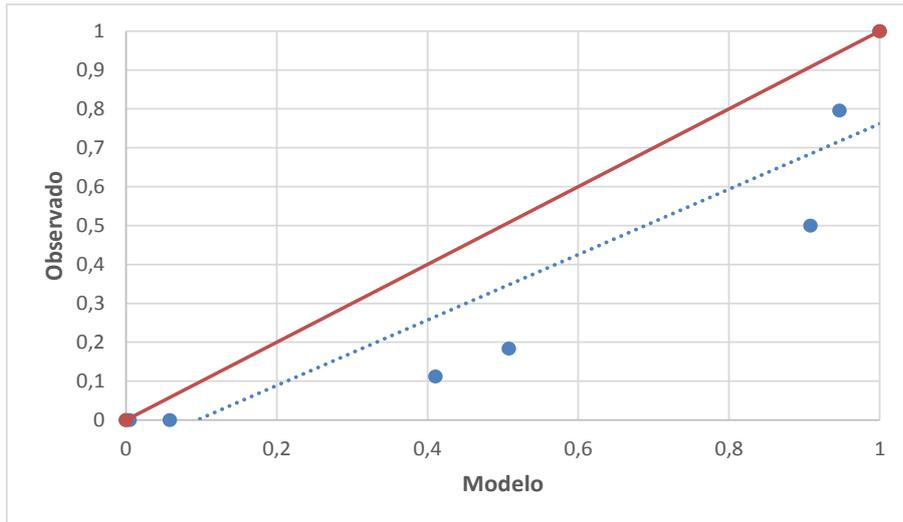


Figura 25. Relación entre el riesgo de infección diario por *Fusicladium erobotryae* acumulado en la localidad de Santa Maria di Gesù indicado por el modelo epidemiológico “EriScab” y evolución temporal del porcentaje de frutos con moteado del cultivar Sanfilippara.

V.Discusión

V. Discusión

Para evaluar la severidad del moteado en los frutos del cultivar Tanaka en Segorbe, se utilizaron dos métodos distintos: una escala diagramática (González-Domínguez *et al.*, 2014b) y el análisis con un programa informático (APS ASSESS) aplicado a las fotografías de los frutos. Los datos obtenidos con el programa APS ASSESS se consideraron en este trabajo unos porcentajes más ajustados a la realidad de la superficie que ocupa el moteado de la superficie total de la cara visible del fruto. Durante la evaluación de la severidad se observó que con valores estimados por el APS ASSESS de la enfermedad más bajos, había menor diferencia con los valores estimados mediante la escala, teniendo para la primera evaluación una diferencia de $\pm 0,36$. Por el contrario, la diferencia entre el valor del APS ASSESS y el estimado mediante la escala fue mucho mayor en la última evaluación ($\pm 17,38$). Al realizar la evaluación de la severidad de manera visual, se presupone siempre un error, ya que la evaluación es subjetiva e influyen diversos factores en el evaluador (cansancio, condiciones ambientales, etc.). A pesar del error que se obtiene con la escala, se hace necesario el uso de ésta ya que, como comprobaron González-Domínguez (2014b), la evaluación de la enfermedad por personal que no dispone de la escala es peor que con el uso de la escala. El uso del programa APS ASSESS para calcular la severidad de la enfermedad supondría que se tendría que fotografiar cada fruto afectado en cada fecha de evaluación y, posteriormente, analizarlos. Por tanto, para seguimientos en los que se evaluaran muchos frutos, como es el caso del estudio realizado en Sicilia con 411 frutos y un gran número de frutos afectados (376), sería inviable la evaluación de la severidad mediante APS ASSESS. Además, el programa está diseñado para fotografiar cada fruto con un fondo de un color constante, lo que dificulta la evaluación de los frutos en campo mediante este sistema.

Respecto al uso del modelo “EriScab” en la localidad de Segorbe (Castellón) para la predicción de los momentos de infección por *F. erobotryae*, éste dio dos fechas en las que el riesgo de infección por el hongo era elevado, siendo sólo la primera de estas fechas la que se correspondió con la detección de los frutos afectados. Este resultado indica, que el modelo sí que predijo el riesgo de infección de los frutos afectados, por lo que podemos decir que el modelo funciona correctamente. Desafortunadamente, no se detectaron nuevos frutos afectados en la segunda fecha de riesgo y el porcentaje de frutos afectados fue muy bajo (0,025 %). Todo ello podría deberse a que la cantidad de inóculo inicial en la parcela de estudio fuera muy baja. En este sentido, hay que tener en cuenta que la parcela de la localidad de Segorbe, es una parcela comercial y, aunque este año no se trató con fungicidas para no interferir con la evaluación de moteado, sí había sido tratada en años anteriores. Además, en la parcela se realizaron las labores culturales propias del cultivo del níspero, como son podas de ramas viejas y, sobre todo, la eliminación de frutos momificados que son una importante fuente de inóculo (González-Domínguez *et al.*, 2014c). La baja incidencia de moteado en el cultivar Tanaka no permitió evaluar el ajuste de la predicción del modelo en este cultivar. También hay que señalar que tres de los cinco frutos que presentaban moteado se encontraban en el mismo árbol, que colindaba con una parcela vecina y ésta tenía árboles con una elevada cantidad de frutos momificados. Esto encaja con lo indicado por González-Domínguez *et al.* (2014c), que demostraron que *F. erobotryae* es un hongo de dispersión preferente por salpicaduras de lluvia, que se desplaza cortas distancias, normalmente de árboles infectados a árboles colindantes.

En cuanto a los resultados de la aplicación del modelo “EriScab” para la predicción del moteado en la localidad de Santa Maria di Gesù (Palermo), éste dio varias fechas en las que el

riesgo de infección por *F.eriobotryae* era elevado. Además, en este caso, se observaron porcentajes de frutos afectados muy altos al darse varios momentos favorables para la infección y, sobre todo, por tratarse de una parcela no comercial, en la que no se aplica ninguna estrategia para el manejo del moteado del níspero, manteniéndose una elevada presencia de inóculo en los árboles. Todas las fechas con indicación de riesgo por parte del modelo se correspondieron con un aumento progresivo del porcentaje de frutos afectados, por lo que también en esta localidad podemos decir que el modelo funcionó correctamente. Además, se obtuvo un ajuste bastante bueno en la comparación entre la predicción de riesgo dada por el modelo y la incidencia de la enfermedad observada en campo. En concreto, para el cultivar *Algerie* en la localidad de Santa Maria di Gesù, el coeficiente de correlación entre el valor acumulado de riesgo de infección por *F. eriobotryae* y la evolución temporal del porcentaje de frutos con moteado fue cercano a 1. Este resultado encaja perfectamente con lo esperable respecto al comportamiento del modelo, ya que éste fue desarrollado a partir de estudios realizados con el cultivar *Algerie* en la localidad de Callosa d'en Sarrià (Alicante) (González-Domínguez et al., 2014a). En este trabajo se ha puesto de manifiesto que el modelo funciona muy bien en una zona geográfica distinta. En el caso del cultivar *Peluches*, se observó que el modelo subestimó los momentos de riesgo de infección, sobre todo en el período inicial del desarrollo de los frutos. Por tanto, parece que el cultivar *Peluches* es más sensible al moteado que el cultivar de referencia *Algerie*. En el caso de la variedad *Sanfilippa* se observa lo contrario, ya que el modelo sobrestimó los momentos de riesgo de infección. Que no se correspondan los momentos en los que el modelo predice el riesgo, podría ser debido a que el cultivar *Sanfilippa* es más tardío y, mientras que los frutos de los otros cultivares estaban en el desarrollo del fruto con el 50% del tamaño final en uno de los momentos de mayor riesgo de infección, los frutos de *Sanfilippa* estaban en los últimos estadios de la floración y los primeros de desarrollo de fruto.

Por tanto, podemos decir que el modelo funciona para otras localizaciones geográficas en las que se cultive níspero, distintas de la localidad en la que se desarrolló, Callosa d'En Sarrià. Sin embargo, para la utilización en otros cultivares distintos a *Algerie* deberían realizarse ajustes que tuvieran en cuenta las particularidades sobre su desarrollo fenológico y su sensibilidad a moteado.

El modelo predice los riesgos de infección y puede ser de gran ayuda para posicionar correctamente los tratamientos fungicidas para el control de la enfermedad. Frente a una estrategia de tratamientos a calendario, es decir, tratando cada 10-15 días, el uso del modelo puede suponer una reducción en el número de aplicaciones sin aumentar el número de frutos con moteado. Todo ello debe ir acompañado de estrategias para disminuir la cantidad de inóculo presente en las parcelas realizando las labores culturales correspondientes, sobre todo la eliminación de frutos momificados afectados por *F. eriobotryae* en la campaña de cultivo anterior.

VI.Conclusiones

VI. Conclusiones

-Los resultados del seguimiento de la incidencia del moteado del níspero en Segorbe y Santa Maria di Gesù (Sicilia) y el uso del modelo epidemiológico EriScab, demuestran que éste es aplicable en otras zonas de cultivo de níspero distintas a la de su desarrollo, Callosa d'En Sarrià.

-En cuanto a la predicción de riesgo de infección proporcionada por el modelo en cultivares distintos a Algerie, los resultados con los cultivares Peluches y Sanfilippara muestran que sería necesario un ajuste del modelo teniendo en cuenta su fenología. La baja incidencia de moteado en el cultivar Tanaka (Segorbe) no permitió evaluar el ajuste de la predicción del modelo en este cultivar.

VII. Bibliografía

VII. Bibliografía

- AGUSTÍ, M. (2010). Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 507 pp.
- AGUSTÍ, M.; REIG, C.; UNDURRAGA, P. (2006). El cultivo del níspero japonés. Edita Manuel Agustí Fonfría y Carmina Reig Valor. Alcoi. 302 pp.
- BADENES M.L.; CASTRO M.; GISBERT A.D.; MARTÍNEZ-CALVO J.; LLÁCER G. (2006) Clasificación botánica. Variedades y patrones. En: AGUSTÍ, M.; REIG, C.; UNDURRAGA, P. (Eds.). El cultivo del níspero japonés. Edita Manuel Agustí Fonfría y Carmina Reig Valor. Alcoi: 27-48.
- CAUTÍN R.; CASTRO M.; REIG C.; AGUSTÍ M. (2006) Técnicas de cultivo. En: AGUSTÍ, M.; REIG, C.; UNDURRAGA, P. (Eds.). El cultivo del níspero japonés. Edita Manuel Agustí Fonfría y Carmina Reig Valor. Alcoi: 163-174.
- DE KARTZOW A.C.; QUIJADA A.V. (2006) Mercado y producción. En: AGUSTÍ, M.; REIG, C.; UNDURRAGA, P. (Eds.). El cultivo del níspero japonés. Edita Manuel Agustí Fonfría y Carmina Reig Valor. Alcoi: 285-302.
- GISBERT A.D.; BESOAIN X.; LLÁCER G.; BADENES M.L. (2006) Protección del cultivo II: Enfermedades. En: AGUSTÍ, M.; REIG, C.; UNDURRAGA, P. (Eds.). El cultivo del níspero japonés. Edita Manuel Agustí Fonfría y Carmina Reig Valor. Alcoi: 227-250.
- GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; ARMENGOL, J.; ROSSI, V. (2014a). Development and validation of a weather-based model for predicting infection of loquat fruit by *Fusicladium eriobotryae*. *PLoS One* 9, e107547: 1-12
- GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; BRAINER MARTINS, R.; MEDEIROS DEL PONTE, E.; JORGE MICHEREFF, S.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; ARMENGOL, J. (2014b). Development and validation of a standard area diagram set to aid assessment of severity of loquat scab on fruit. *European Journal Plant Pathology*: 413-422.
- GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; ROSSI, V.; ARMENGOL, J.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J. (2013). Effect of environmental factors on mycelial growth and conidial germination of *Fusicladium eriobotryae*, and the infection of loquat leaves. *Plant Disease*, 97: 1331-1338.
- GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; ROSSI, V.; MICHEREFF, S.J.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; ARMENGOL, J. (2014c). Dispersal of conidia of *Fusicladium eriobotryae* and spatial patterns of scab in loquat orchards in Spain. *European Journal Plant Pathology*, 139: 849-861.
- MAGRAMA, 2015. Anuario de estadística 2014 (Datos 2013 y 2014) AVANCE, visto el 24 de Junio de 2015 (<http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2014/default.aspx?parte=3&capitulo=13&grupo=9&seccion=5>).
- MARTINEZ-CALVO, J.; BADENES, M.L.; LLÁCER, G. (2000). Descripción de variedades de níspero japonés. *Sèrie Divulgació Tècnica*, 46. 119 pp
- MARTINEZ-CALVO, J.; BADENES, M.L.; LLÁCER, G.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; MEIER, U. (1999). Phenological growth stages of loquat tree (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.). *Annals of Applied Biology*, 134: 353-357.

RODRIGUEZ, A. (1983). El cultivo del níspero y el valle de Algar-Guadalest. Sociedad Cooperativa de Crédito de Callosa De Ensarriá. 262 pp.

SÁNCHEZ TORRES, P.; HINAREJOS, R.; TUSET, J.J. (2007a). *Fusicladium eriobotryae*: hongo causante del moteado del níspero en el Mediterráneo español. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 33: 87-98.

SÁNCHEZ TORRES, P.; HINAREJOS, R.; TUSET, J.J. (2007b). Identification and characterization of *Fusicladium eriobotryae*: fungal pathogen causing Mediterranean loquat scab. *Acta Horticulturae*, 750: 343-347

SÁNCHEZ TORRES, P.; HINAREJOS, R.; TUSET, J.J. (2009). Characterization and pathogenicity of *Fusicladium eriobotryae*, the fungal pathogen responsible for loquat scab. *Plant Disease*, 93: 1151-1157.

Páginas web consultadas

<http://riegos.ivia.es/listado-de-estaciones/segorbe>

<http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>

<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>