



**Universitat de les
Illes Balears**

Escola Politècnica Superior

Memòria del Treball de Fi de Grau

Plagas y patologías emergentes del viñedo: Enfermedad de Pierce & *Empasca Vitis*.

Eros Francisco Tomàs Herráez

Grau de Enginyeria Agroalimentari i del Medi Rural

Any acadèmic 2017-18

DNI de l'alumne: 43183737H

Treball tutelat per José Mariano Escalona Lorenzo y Diego Olmo García
Departament de Biologia.

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	x		x	

Paraules clau del treball:

Vitis vinifera, *Xylella fastidiosa*, enfermedad de Pierce, *Empasca vitis*.

Índice de contenido

Índice de contenido.....	i
Listado de figuras, tablas y gráficos.....	iii
Resumen.....	v
Agradecimientos.....	vi
1. Introducción.....	1
2. <i>Vitis vinifera</i> L.....	2
2.1. Taxonomía.....	2
2.2. Descripción.....	2
2.3. Importancia económico-social.....	3
3. Enfermedad de Pierce.....	5
3.1. Sintomatología.....	5
4. <i>Xylella fastidiosa</i> W.....	7
4.1. Taxonomía.....	7
4.2. Descripción.....	8
4.3. Aparición de <i>Xylella fastidiosa</i> en Europa.....	9
4.4. Control de la entrada de la bacteria en la Unión Europea.....	10
4.4.1. Detección.....	10
4.4.2. Delimitación.....	10
4.4.3. Medidas de Erradicación.....	10
4.4.4. Medidas de Contención.....	10
4.4.5. Plantación.....	11
4.4.6. Circulación de vegetales especificados.....	11
4.5. Especificación de excepcionalidad para las Islas Baleares.....	11
4.6. Hospedadores de <i>Xylella fastidiosa</i> subespecie <i>fastidiosa</i>	11
4.6.1. En Europa.....	11
4.6.2. En las Islas Baleares.....	12
4.7. Vectores asociados a <i>Xylella fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i>	12
4.7.1. Vectores en Europa.....	12
4.7.2. Vectores potenciales en Baleares.....	12
4.8. Mecanismos de colonización del hospedador.....	12
4.9. Respuesta de la planta hospedadora.....	14
4.10. Control Actual de la Enfermedad de Pierce.....	14
4.10.1. Acciones culturales.....	15
4.11. Estudios para el futuro control de la enfermedad de Pierce.....	15
4.11.1. Selección genética.....	15

4.11.2.	Nanotecnología.....	16
4.11.3.	Bacterias transgénicas.....	16
4.12.	Actualidad en el estudio de <i>X fastidiosa</i> en Baleares	17
5.	<i>Empoasca vitis</i> Göethe	17
5.1.	Taxonomía.....	17
5.2.	Descripción.....	17
5.3.	Ciclo estacional	18
5.4.	Síntomas	19
5.5.	Razones que podrían justificar la proliferación de la plaga	20
5.5.1.	El Monocultivo	20
5.5.2.	El factor migración.....	20
5.5.3.	El cambio climático.....	20
5.5.4.	El riego.....	21
5.6.	Grado de afección de <i>Empoasca vitis</i> asociado a la variedad	21
5.7.	Posibles soluciones	23
5.7.1.	Conservación de Enemigos naturales.....	23
5.7.2.	Control de población.....	23
5.7.3.	Bio protección.....	23
6.	Conclusiones	24
6.1.	Enfermedad de Pierce	24
6.2.	<i>Empoasca Vitis</i> Göethe	24
	Referencias	27
	Anexo I	A1

Listado de figuras, tablas y gráficos

Figura 1 Fotografía de <i>Vitis vinifera</i> L. [9].	3
Tabla 1 Producción de vino y superficie de cultivo en Baleares.	4
Tabla 2 Denominaciones de Origen y Vinos de la Tierra.	4
Figura 2 Fotografías de sintomatología de EP. Hojas cloróticas y necróticas, islas verdes en sarmientos y racimo pasificado [3].	6
Figura 3 <i>X. fastidiosa</i> colonizando conductos xilemáticos [17].	7
Figura 4 Fotografía de <i>Xylella fastidiosa</i> , de U.C Berkley [6].	8
Figura 5 Mapa de zonas con presencia de <i>Xylella fastidiosa</i> subespecie <i>fastidiosa</i> . Recuperada de EPPO Global Database, con modificaciones propias [7].	9
Figura 6 Ciclo de la enfermedad de Pierce [17].	14
Figura 7 Adulto y nimfa de <i>E. vitis</i> . [93].	18
Figura 8 Comparativa interanual de los ciclos de población de <i>E. vitis</i> . [5].	19
Gráfico 1 Curva poblacional de <i>E. vitis</i> en parcela monocultivo (convencional) vs parcela tradicional. [99].	20
Gráfico 2 Densidad de puesta de <i>E. vitis</i> en distintas variedades de <i>V. vinifera</i> [95]	21
Gráfico 3 Porcentaje de ovoparasitación de <i>E. vitis</i> por <i>A. atomus</i> en distintas variedades de <i>V. vinifera</i> [95]	21
Gráfico 4 Huevos eclosionados de <i>E. vitis</i> en distintas variedades de <i>V. vinifera</i> [95].	22
Gráfico 5 Curvas de población de <i>E. vitis</i> . Muestra la mayor resistencia de Manto Negro respecto a Cabernet Sauvignon [93].	23

Resumen

El cultivo de la viña para vinificación, de gran importancia en las Islas Baleares, afronta dos nuevos retos en forma de patología (la bacteria *Xylella fastidiosa* subespecie *fastidiosa*) y de plaga (*Empoasca vitis*). Algunos medios han llegado a tildar la entrada de la bacteria como la filoxera del siglo XXI. Lo cierto es que no es un problema nuevo a nivel global ya que los viticultores californianos intentan combatir la llamada enfermedad de Pierce desde el siglo XIX. En cuanto a *Empoasca vitis*, nos encontramos de nuevo con un aumento poblacional, como ya sucedió en Europa en los años 60 y a finales de los 90.

Dado el desconocimiento generalizado de las causas, la acción y los posibles métodos de control y mitigación de dichas plaga y patología, se ha realizado una revisión de conocimiento en aspectos tales como: La aparición de *Xylella fastidiosa* en Europa, los hospedadores y los vectores presentes en Europa y Baleares, mecanismos de colonización de la bacteria y la respuesta del hospedador, ciclos de *E. vitis*, comparativas poblacionales entre cultivos tradicionales/ecológicos y convencionales, con presencia o no de riego, y las posibles soluciones para un control efectivo. De este modo, se trata de dar una explicación de las razones de la mayor o menor severidad de los síntomas en las distintas variedades de *Vitis vinifera*.

Aunque no se obtiene una solución clara y cerrada, se concluyen diferentes líneas de investigación que podrían dar resultados óptimos a corto, medio y largo plazo, tanto para el control de la patología como el de la plaga.

Agradecimientos

Este trabajo pone punto y seguido a cinco largos años de esfuerzos, ilusión, nervios, penas y alegrías, largas noches de estudio y trabajo, experiencias inolvidables, un sinfín de nuevas caras ahora conocidas... Y claro está, nada sería como es si hubiera faltado alguna de estas caras.

Por lo que es mi deber agradecer cada segundo compartido y pedir disculpas por cada segundo perdido. Agradecer a todos los profesores que, desde niño, me han mostrado una infinidad de conocimientos por descubrir y han marcado mi camino hasta el punto en el que me encuentro, en especial a mis tutores del TFG que me han apoyado y guiado en este último reto del grado; a todos mis compañeros, de los que he aprendido mucho y que, quizás sin compartirlas, han aguantado con heroica paciencia mis ganas de aprender más allá de lo que relataban los libros. Pero sobre todo, agradecer a todos aquellos a los que considero mi familia que han aguantado todas mis histerias y han compartido todas mis alegrías.

Ha sido un largo camino, pero siempre marcado por un importante principio:

“Siempre es un buen momento para sonreír”

1. Introducción

El intercambio de material vegetal a nivel global y el cambio climático son las dos causas principales de la aparición de nuevas plagas y patologías, además del aumento del daño económico producido por aquellas ya existentes [1], [2]. Aunque sean pocos los cultivos que se libran de estas eventualidades, este trabajo se centra en las que pertenecen al cultivo de la viña de uva destinada a la vinificación.

En un cultivo acostumbrado a las nuevas plagas y patologías, ya sea como resultado de la globalización del mundo en el que vivimos o por el desequilibrio del agrosistema formado en los viñedos, se presentan dos nuevos retos:

En primer lugar, la llegada a Europa de una nueva patología procedente de América, la enfermedad de Pierce, que causa estragos en la zona meridional de los Estados Unidos (de donde se cree que es originaria) desde el siglo XIX. Hablando de forma más precisa, lo que ha llegado a Europa ha sido la bacteria *Xylella fastidiosa*, que de entre las varias subespecies, la subespecie *fastidiosa* es la asociada a esta enfermedad [3]. Esta bacteria ha encontrado aquí lo que parece ser un ecosistema idóneo para su establecimiento en cuanto a temperaturas, plantas hospedadoras e insectos vectores.

Como ya sucedió con la plaga de la filoxera, procedente de América, se espera encontrar una solución en las poblaciones salvajes de *Vitis* americanas, que han evolucionado bajo la presión de esta bacteria, seleccionando genes resistentes a la infección [4].

Por otro lado, en los últimos años, la sociedad vitícola acusa un aumento en los daños económicos producidos por el insecto *Empoasca vitis*, llegándolo a considerar una plaga principal en algunas regiones [5]. Este es un insecto de ciclos estacionales variables en tiempo y espacio, con densidades de población muy marcadas por la temperatura, presencia de hospedadores alternativos, migración y por la presencia de enemigos naturales [6], [7].

2. *Vitis vinifera* L.

2.1. Taxonomía:

Plantae
 Magnoliophyta
 Magnoliopsida
 Vitales
 Vitaceae
 Vitis
Vitis Vinifera L.

2.2. Descripción

Planta trepadora de hasta 20 m, con un tronco sinuoso de hasta 40 cm de diámetro, cuya corteza se desprende longitudinalmente.

- Tallos jóvenes con zarcillos opuestos a las hojas que llegan a lignificarse fuertemente.
- Hojas con limbo de 5 a 13,5 × 5,5 a 15,5 cm, de contorno orbicular, dentada ojivalmente, de casi enteras a palmeadas, con hendiduras (de 1 a 4) que dan lugar a hasta 5 lóbulos, los 2 basales pueden llegar a superponerse. Pecíolo de 1.5 a 10 cm.
- Inflorescencias, opuestas a las hojas, en panícula pedunculada. Flores minúsculas, que son hermafroditas en las plantas monoicas y unisexuales en las dioicas.
- Frutos ovoides, de densidad, tamaño, color y sabor muy variables, con exocarpo de color blanquecino verdoso a morado, pasando por diferentes tonalidades de amarillos y rojos... Pulpa clara o tinta. Semillas de hasta 6 × 4 mm, hasta 2 por carpelo.

Su enorme plasticidad morfológica da lugar a una enorme variabilidad que se manifiesta en las poblaciones silvestres y en el origen de muchas de las variedades cultivadas. Es una planta cultivada desde hace más de 5.000 años de la que, actualmente, se conocen unas 2.000 variedades de cultivo. Estas se distinguen por sus caracteres morfológicos, agronómicos y sus características enológicas [8].

2. *Vitis vinifera* L.



Figura 9 Fotografía de *Vitis vinifera* L. [9]

2.3. Importancia económico-social

El cultivo de la viña en Baleares se potenció por la llegada de la filoxera a Francia y España. Cuando esta plaga llegó a las islas, casi exterminó el cultivo de la vid. En la actualidad, disponemos de una superficie de cultivo total de 1.592 Ha, con una producción total de 8.187 toneladas de uva que se destinan a vinificación, produciendo un total de 52.897 Hl de vino y un beneficio de más de 26,6 millones de €.

2. *Vitis vinifera* L.

La Producción vitivinícola de Baleares se concentra en Mallorca, asumiendo un 95% de la superficie de cultivo [10].

Tabla 3 Producción de vino y superficie de cultivo en Baleares

Isla	Superficie (Ha)	Producción uva (t)	Producción vino (HI)	Producción (€)
Mallorca	1.507	7.752	50.088	25.218.224
Menorca	41	211	1.361	685.234
Ibiza	37	188	1.213	610.719
Formentera	7	36	235	118.317
Total	1.592	8.187	52.897	26.632.494

Información recuperada de Estadístiques de l'agricultura, la ramaderia i la pesca a les Illes Balears Any 2016 [10].

Además, los productores se asocian a diferentes sellos de calidad. 25 bodegas asociadas a Denominación de Origen, produciendo más de 25mil HI, y 82 bodegas a Vinos de la Tierra, con una producción que casi alcanza los 29mil HI [11].

Tabla 4 Denominaciones de Origen y Vinos de la Tierra

Sello de calidad	Superficie (Ha)	Bodegas	Producción (HI)
DO Binissalem	312,72	12	10.126
Do Pla i Llevant	341,18	13	14.792
VT Mallorca	743,00	57	25.344
VT isla de Menorca	40,11	9	1.291
VT Eivissa	57,98	6	1.341
VT Formentera	13,86	2	215
VT Serra de Tramuntana i costa nord	15,87	5	549
VT Illes Balears	4,16	3	130

Información recuperada de Vinos [11].

Para la realización de estos vinos se usan las siguientes variedades:

- Uva tinta

Manto Negro, Callet, Fogoneu, Gorgollassa, Merlot, Pinot Noir, Syrah, Cabernet Sauvignon y Tempranillo Monastrell.

- Uva blanca

Moll, Malvasía, Giró ros, Garnacha, Blanca, Macabeo, Moscatel de Alejandría, Moscatel de Grano Menudo, Parellada, Chardonnay, Riesling, Sauvignon Blanco y Viognier [11].

3. Enfermedad de Pierce

Nombrada en honor a Newton B. Pierce, agente especial de la división de patología vegetal del departamento de agricultura de los Estados Unidos de América. Pierce fue el primero en describir la afección de las viñas californianas y llamarla “The californian vine disease” en 1892.

3.1. Sintomatología

Los síntomas pueden variar según los cultivares. Por lo general, se manifiestan en forma de manchas cloróticas en el perímetro de las hojas y en la zona que se encuentra entre los haces vasculares, de color amarillo pálido en variedades blancas y hacia rojizo en variedades tintas, que acaban con la muerte del tejido; aunque los haces vasculares quedan rodeados de un perímetro verde. Empieza en forma de puntos, se unen en rayas hasta conectar con el borde clorótico que puede haber empezado a enrollarse antes de la senescencia de la hoja. O clorosis perimetral, que deriva a necrosis y avanza hacia el centro de la hoja.

Estos síntomas son más marcados en las hojas basales de un mismo sarmiento. Además, las nuevas hojas de plantas enfermas no llegan a alcanzar el verde característico de la variedad.

Las plantas enfermas suelen generar nuevos sarmientos hacia la zona basal. Estos parecen sanos, pero acaban por presentar la misma sintomatología que el resto de la planta. Cuanto más cercanos a la zona radical son los nuevos sarmientos, más tardan en presentar síntomas.

Los sarmientos de plantas enfermas tienden a ser más cortos en plantas de avanzada enfermedad, con entrenudos también más cortos. Estos pierden las hojas antes de su correcta maduración, dejando el tercio terminal todavía verde, que acaba por necrosar, con roturas en la corteza y crujir la madera por un secado rápido. En ocasiones, también se pueden encontrar parches todavía verdes en la zona madura del sarmiento. En todos los casos, se presenta una clara delimitación en forma de línea negra entre las zonas maduras y las verdes.

En el fruto se puede producir desde la incorrecta formación y maduración de éste hasta la desecación y pasificación de las bayas.

Se observa la reducción del flujo de savia en los cortes realizados en plantas enfermas. Sin embargo, este flujo aumenta así como el corte se realiza en zonas más cercanas a la raíz. Además, este flujo es mayor en el lado norte de la planta. Se relaciona también la falta de clorofila en las nuevas hojas de plantas enferma con este escaso flujo de savia [12].

3. Enfermedad de Pierce



Figura 10 Fotografías de sintomatología de EP. Hojas cloróticas y necróticas, islas verdes en sarmientos y racimo pasificado [3].

En su estudio de la situación, el agente Pierce ofrece tres conclusiones:

Considerar la enfermedad como el resultado de una epidemia causada por un agente externo que surge tras la estación húmeda de 1883-1884, expresándose con mayor virulencia en las cercanías de Anaheim (California).

También propone la facilidad de explicar la enfermedad con la existencia de un microorganismo dentro de la viña que alterara las relaciones fisiológicas normales de la planta con las altas temperaturas, que pudo comenzar a diseminarse en el valle de santa Ana en 1884.

Por último, también explica la posibilidad de un debilitamiento del contenido celular de la vid a nivel local. Aunque descarta esta opción porque aun pudiendo explicar parte de los fenómenos observados, no existe una evidencia clara de la naturaleza y causa de dicha debilidad, además de no explicar la muerte de plantas procedentes de esquejes de plantas no afectadas una vez aparecida la enfermedad [12].

En el año 1942, Hewitt, el mismo que propuso *Pierce's disease* como nombre para la enfermedad de las viñas de California, informa sobre la posibilidad de que esta enfermedad sea causada por un virus, dado que se podían infectar plantas sanas injertando en estas material de plantas enfermas [13].

Finalmente, Davis *et al.* [14] asocian esta y otras enfermedades a una bacteria gram-negativa llevando a cabo los postulados de Koch: ***Xylella fastidiosa* subespecie *fastidiosa*** [15].

4. *Xylella fastidiosa* W.

4.1. Taxonomía

Bacteria

Proteobacteria

Gamma Proteobacteria

Xanthomonadales

Xanthomonadaceae

Xylella

Xyella fastidiosa W.

Subespecie *fastidiosa*

Se consideran 6 subespecies (*fastidiosa*, *multiplex*, *pauca*, *sandyi*, *tashke* y *morus*). Estas, a su vez, están formadas por distintos St (sequence types) que disponen de pequeñas variaciones en el ADN que les otorgan distintas características [16].

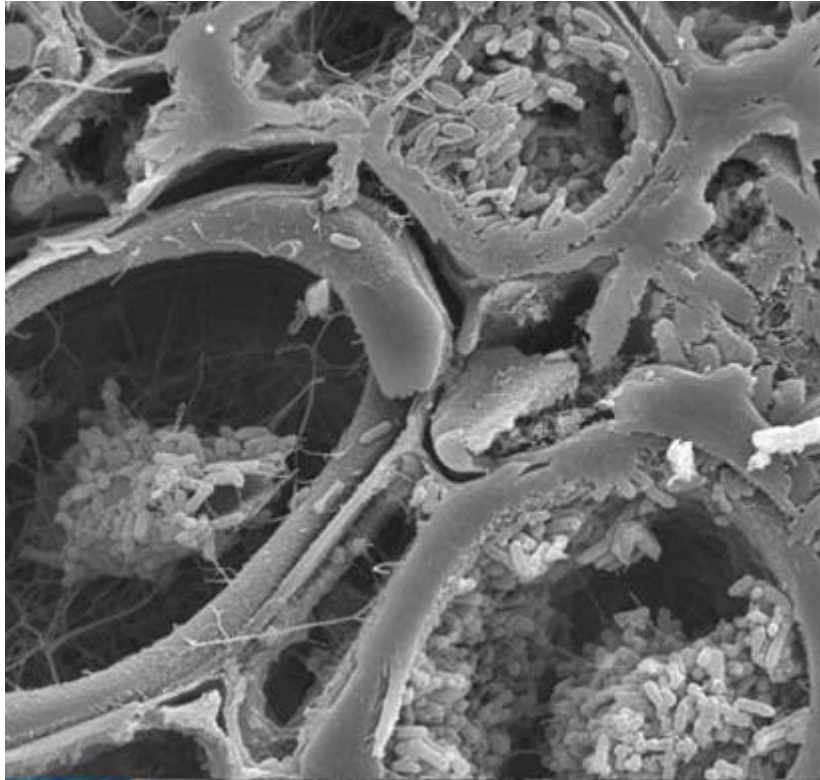


Figura 11 *X. fastidiosa* colonizando conductos xilemáticos [17].

4. *Xylella fastidiosa* W.

4.2. Descripción

Xylella fastidiosa es una bacteria gramnegativa en forma de barra, no flagelada, con medidas entre 0.25-0.35 x 0.9-3.5 μm , movilidad espasmódica mediante pili del tipo IV [17].

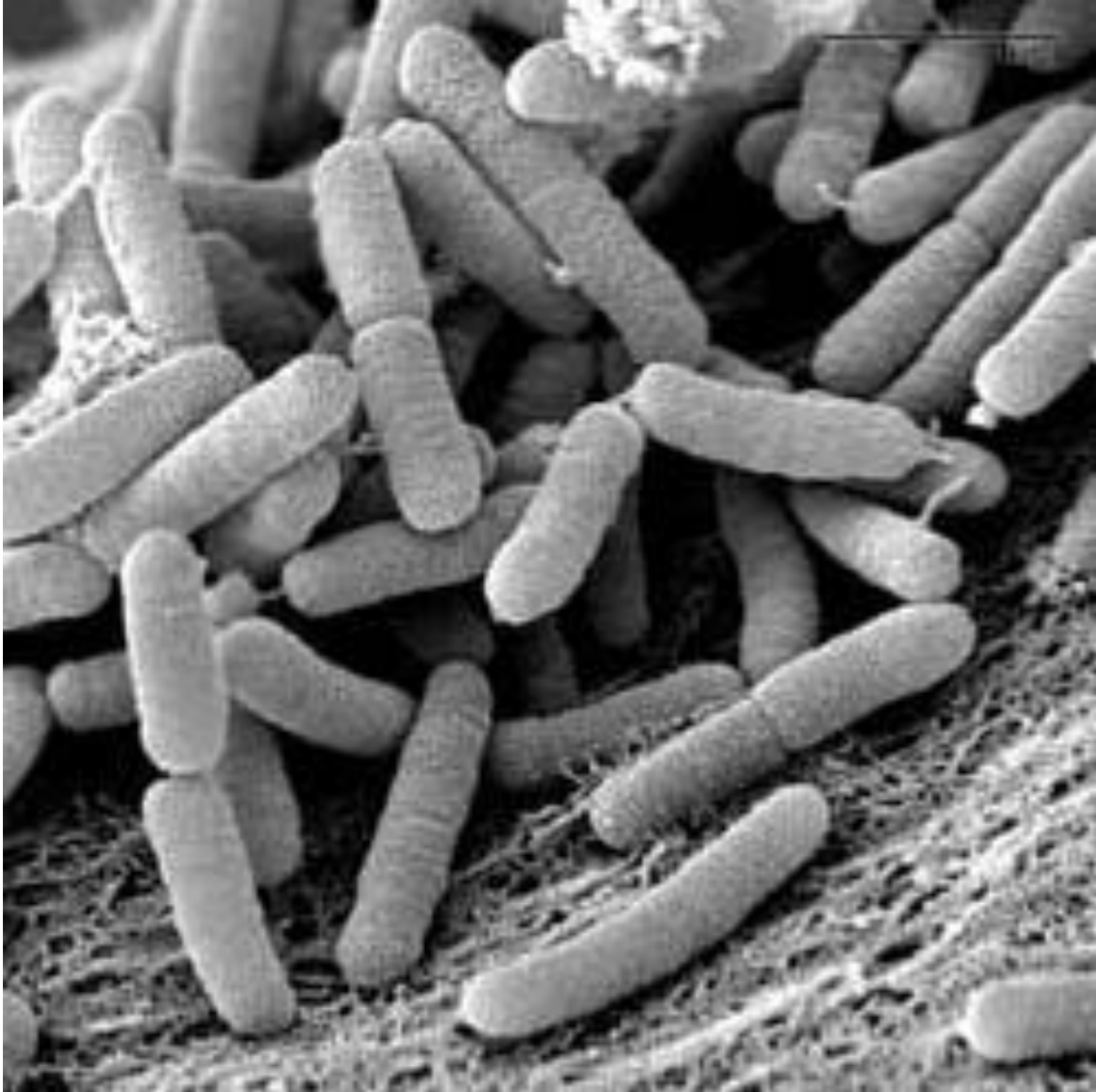


Figura 12 Fotografía *Xylella fastidiosa*, de U.C Berkley [6]

Su presencia se limita al tejido xilemático de las plantas y al sistema digestivo de los insectos vectores de aislamiento y nutrición *ex planta* complicados y con un ratio de duplicación de entre 0.45-1.95 días [15].

En la subespecie *fastidiosa*, tiene temperaturas de crecimiento *in vitro* óptimo entre los 18 y 32°C. Su desarrollo y supervivencia se ven comprometidos por debajo de los 12°C y por encima de los 34°C. *In planta* la afección de la temperatura se ve distorsionada por las características y respuestas fisiológicas de la planta. Así, se pueden delimitar, mediante líneas isotérmicas de temperaturas mínimas invernales, zonas de afección severa, media, baja o sin presencia de la enfermedad de Pierce en *V. vinifera* [18].

4. *Xylella fastidiosa* W.

Es en este tejido xilemático, donde las bacterias se adhieren a las paredes de los conductos y, entre ellas, forman un biofilm que obstruye el paso de agua y savia y llegando a provocar los síntomas asociados a esta enfermedad [19].

La subespecie *fastidiosa* ha sido detectada en la zona meridional de los Estados Unidos de América, México, Costa Rica, Kosovo, Irán, Alemania y España [7].



Figura 13 Mapa de zonas con presencia de *Xylella fastidiosa* subespecie *fastidiosa*. Recuperada de EPPO Global Database, con modificaciones propias [7].

4.3. Aparición de *Xylella fastidiosa* en Europa

En octubre de 2013 se confirma la presencia de *Xylella fastidiosa* en Italia, primer caso en Europa, extraída de ejemplares de *Olea europea* que presentan un complejo sintomático llamado CoDiRO “Complejo dell’Dissecamento Rapido dell’Olivio”, *Prunus dulcis* y *Nerium oleander* [20]. La bacteria pertenece a la subespecie *pauca*, St 53 [21]. En julio de 2015 fue el turno de Francia, que detectó la subespecie *multiplex* en una cuarentena de plantas en las regiones de Córcega y Mónaco. En septiembre del 2016 se detectan tres casos positivos de la subespecie *pauca* en la región de PACA [22]. En septiembre de 2015, en Suiza, se confirman cuatro casos de *Xylella fastidiosa* subespecies *pauca* y *sandyi* en ejemplares de *coffea* spp. asintomáticas, reexportadas de Holanda [23]. En julio de 2016 se detecta una planta sintomática de *Nerium oleander* en Alemania, infectada por la subespecie *fastidiosa* [24]. En octubre de 2016 se lleva a cabo la primera detección en España, en la isla de Mallorca. Se trata de la subespecie *fastidiosa*, en ejemplares de *Prunus avium*. En diciembre del mismo año se confirman las subespecies *fastidiosa* y *multiplex* en plantas de *Polygala myrtifolia* [25]. En enero de 2017 se confirman positivos en ejemplares de *Acacia saligna*, *Polygala myrtifolia*, *Lavandula dentata* y *Nerium oleander* infectados por la subespecie *pauca* en Ibiza y *multiplex* en Menorca [26]. Por último, se dan análisis positivos de la subespecie *multiplex* en la región de Alicante [27].

Xylella fastidiosa es considerada como erradicada en suiza, en proceso de erradicación en parte de España, Francia y Alemania, pero en estado presente en Italia y en las Islas Baleares [7], [26]. Actualmente, en las Islas Baleares se han confirmado un total de 627 ejemplares infectados, 54 de los cuales pertenecientes a la especie *Vitis vinifera*. En las variedades cabernet, callet, chardonnay, macabeu, malvasía, manto negro, merlot, monastrell, moscatel, parellada, prensal blanc, viognier y vinater blanc, que se encontraban sobre pie franco o los portainjertos 161-49 Couderc, 1103 Paulsen, 13-5 Evex Fercal, 161-49 Couderc y 110 Ritcher [28].

4. *Xylella fastidiosa* W.

4.4. Control de la entrada de la bacteria en la Unión Europea

En Europa, en las zonas en las que no se ha establecido la bacteria, se aplican medidas de prevención y erradicación [29]–[31]:

4.4.1. Detección

Los estados miembros llevarán a cabo inspecciones periódicas para detectar la presencia del organismo en los vegetales especificados. Se basan en inspecciones visuales y, en caso de sospecha de infección, se procede a la recogida de muestras.

4.4.2. Delimitación

Zona infectada

Incluye todos los vegetales especificados, aquellos que presenten sintomatología específica de la enfermedad, aquellos que provengan de una fuente de producción común o se hayan desarrollado a partir de estos.

Zona tampón

Espacio que se encuentra en un radio mínimo de 10 km desde la zona infectada.

4.4.3. Medidas de Erradicación

En un radio de 100 m alrededor de vegetales con análisis positivos, se eliminarán *in situ*:

Todas las plantas hospedadoras.

Todos los vegetales infectados.

Todos los vegetales con síntomas de la enfermedad.

Se someterá a muestreo a todos los vegetales especificados presentes en dicha zona. Se llevarán a cabo aplicaciones fitosanitarias contra los posibles vectores y contra las plantas hospedadoras de dichos vectores.

En la zona tampón (radio de 10km) se establecerá una cuadrícula de 100x100m donde se analizarán, anualmente, los vegetales especificados.

4.4.4. Medidas de Contención

Destrucción *in situ* del material infectado.

Muestreo de los vegetales especificados presentes en un radio de 100m.

Análisis anual de la posible presencia del organismo especificados en la zona.

De aplicación exclusiva en la zona infectada serán, en los siguientes casos:

Próximos a plantas de especial valor cultural, social o científico.

A una distancia de 20 km de la zona infectada con el resto del territorio de la UE.

Zonas protegidas físicamente de la propagación de la bacteria por vectores.

Estar rodeado de una zona de 200 m de radio, libre de infección y sometida a tratamientos fitosanitarios contra los vectores.

4. *Xylella fastidiosa* W.

4.4.5. Plantación

Se prohíbe la plantación de plantas hospedadoras en la zona infectada.

4.4.6. Circulación de vegetales especificados

Queda prohibido el traslado de vegetales especificados fuera de la zona demarcada y de zonas infectadas a zonas tampón que hayan sido cultivadas durante todo o parte de su ciclo en las zonas demarcadas.

4.5. Especificación de excepcionalidad para las Islas Baleares

En enero del 2017, en Baleares, dada la especificidad de los acontecimientos se decide adoptar solo las medidas de contención, eliminar, al menos, todos los vegetales infectados por *X. fastidiosa* y prohibir el traslado de material con riesgo de infección entre islas [26].

Además, el Govern de les Illes Balears solicita autorizar la siembra de plantas hospedadoras de *X. fastidiosa* en zonas afectadas en relación a la “DECISIÓN DE EJECUCIÓN (UE) 2017/2352 DE LA COMISIÓN de 14 de diciembre de 2017 por la que se modifica la Decisión de Ejecución (UE) 2015/789 sobre medidas para evitar la introducción y propagación dentro la Unión de *Xylella fastidiosa* (Wells et al.)”. En enero de 2018 se autoriza a la comunidad autónoma de las Islas Baleares a la plantación y replantación ejemplares de *Prunus dulcis*, *Olea europea* y *Vitis vinifera*, aun siendo estos sensibles a la infección de *X. fastidiosa* [32].

4.6. Hospedadores de *Xylella fastidiosa* subespecie *fastidiosa*

4.6.1. En Europa:

Según las bases de datos de la Organización Europea y Mediterránea de Protección Vegetal y de la Comisión Europea de Comida, Agricultura y Pesca, las plantas hospedadoras de la subespecie *fastidiosa* son [7], [33]:

Cistus monspeliensis L.

Coffea L.

Erysimum L.

Nerium oleander L.

Polygala myrtifolia L.

Prunus avium L.

Prunus dulcis Mill.

Rosmarinus officinalis L.

Streptocarpus Lindl.

Vitis vinifera L.

4. *Xylella fastidiosa* W.

4.6.2. En las Islas Baleares:

En Baleares, según Juan [3], los vegetales que padecen la infección de *Xylella fastidiosa* subespecie *fastidiosa* son:

Cistus monpeliensis L.

Polygala myrtifolia L.

Prunus avium L.

Prunus dulcis Mill.

Vitis vinifera L. (Var. Cabernet, Callet, Chardonay, Macabeu, Manto negro, Monastrell, Parellada, Vinyoner y Vinater blanc).

Aunque la capacidad de recombinación intercepas bacterianas podría facilitar la capacidad de acceder a nuevos hospedadores [34].

4.7. Vectores asociados a *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*

La transmisión de *X. fastidiosa* se limita a insectos que se alimentan de sabia procedente del xilema [35]. Las bacterias se aferran y replican en el precibarium [36]. El éxito en la adquisición de la bacteria por parte del vector no solo se debe al propio vector, sino a la densidad poblacional de la bacteria en la planta hospedante y al tiempo de alimentación [37]. Del mismo modo, el éxito de la inoculación será proporcional al tiempo de alimentación y al número de insectos vectores [38].

4.7.1. Vectores en Europa

De las más de 42 especies de vectores potenciales que se encuentran en Europa, no se ha confirmado la presencia de ningún vector infectado de *X. fastidiosa* subespecie *fastidiosa*. El único vector infectado confirmado en Europa es *Philaenus spumarius* en Italia para la subespecie, *pauca* [39].

4.7.2. Vectores potenciales en Baleares

En el estudio de Miranda et al. [40] se proponen los siguientes insectos como vectores potenciales de la transmisión de *Xylella fastidiosa*.

Philaenus spumarius Linnaeus.

Neophilaenus campestris Fallén

Neophilaenus lineatus Linnaeus.

Ninguno de ellos ha dado positivo a la infección de *X. fastidiosa*.

4.8. Mecanismos de colonización del hospedador

Xylella fastidiosa tiene la capacidad de adherirse a las paredes del xilema de la planta y del sistema digestivo del vector, pero a la vez, de entrar en un estado explorador que le permite colonizar el hospedador planta, ser absorbida por los insectos vectores y reinsertada en nuevas plantas. [41].

Una vez introducida en el tejido xilemático de la planta, se desplaza a través de los vasos del xilema. Al ser demasiado grande como para pasar entre los poros de la

4. *Xylella fastidiosa* W.

membrana de pit de forma pasiva [42] utiliza endo-poligalacturonasa para degradar esta membrana, agrandar los poros y poder continuar con la colonización de la planta, pero se ha demostrado que necesita de la combinación con al menos una endoglucanasa [43], [44].

Al poder acceder a nuevos vasos la bacteria puede moverse de forma pasiva por el flujo de la savia hacia los estomas, o de forma activa, a contracorriente, mediante movimientos espasmódicos y gracias a los pilus tipo IV. Además, la presencia de calcio en la savia mejora el movimiento espasmódico, la adhesión a la pared del vaso y la formación de biofilm. [45].

X. fastidiosa produce una gran cantidad de diferentes sustancias en sus vesículas de la membrana externa que le permiten controlar la adhesión a las paredes del xilema y entre bacterias, pasando del modo explorador al de adhesión [46], [47]. Son estas sustancias de adhesión o liberación las que controlan la dinámica de colonización y la virulencia de la cepa [48].

Sustancias como los lipopolisacáridos que permiten la conservación de oligosacáridos y variables de un O-antígeno, que controla el inicio de la agregación de bacterias. [49]. O los exopolisacáridos (goma fastidiosa) que, aunque no se encuentran en los estados iniciales del biofilm, se encuentran entre capas de células, manteniendo la estructura 3D del biofilm y la estabilidad de este [43].

Se cree que solo un 10-15% de los vasos están fuertemente poblados ya que el bloqueo de la savia bloquearía también el paso de nutrientes para las bacterias [50]. En los vasos muy poblados se estimula la pegajosidad de las bacterias, lo que las prepara para ser adquiridas por el insecto vector y así poder colonizar una nueva planta. [51].

En el insecto también es muy importante la adhesión de la bacteria a las paredes del cibarium y precibarium, asociados al reservorio y la transmisión de la bacteria respectivamente [36], [52], ya que se calcula que el flujo de savia alcanza los 8cm/s dentro del vector [53].

Una vez en el insecto, la bacteria puede ser transmitida de inmediato, no tiene periodo de latencia [54], además es persistente en adultos y semipersistente en ninfas y se pierde la infección con cada muda [52].

4. *Xylella fastidiosa* W.

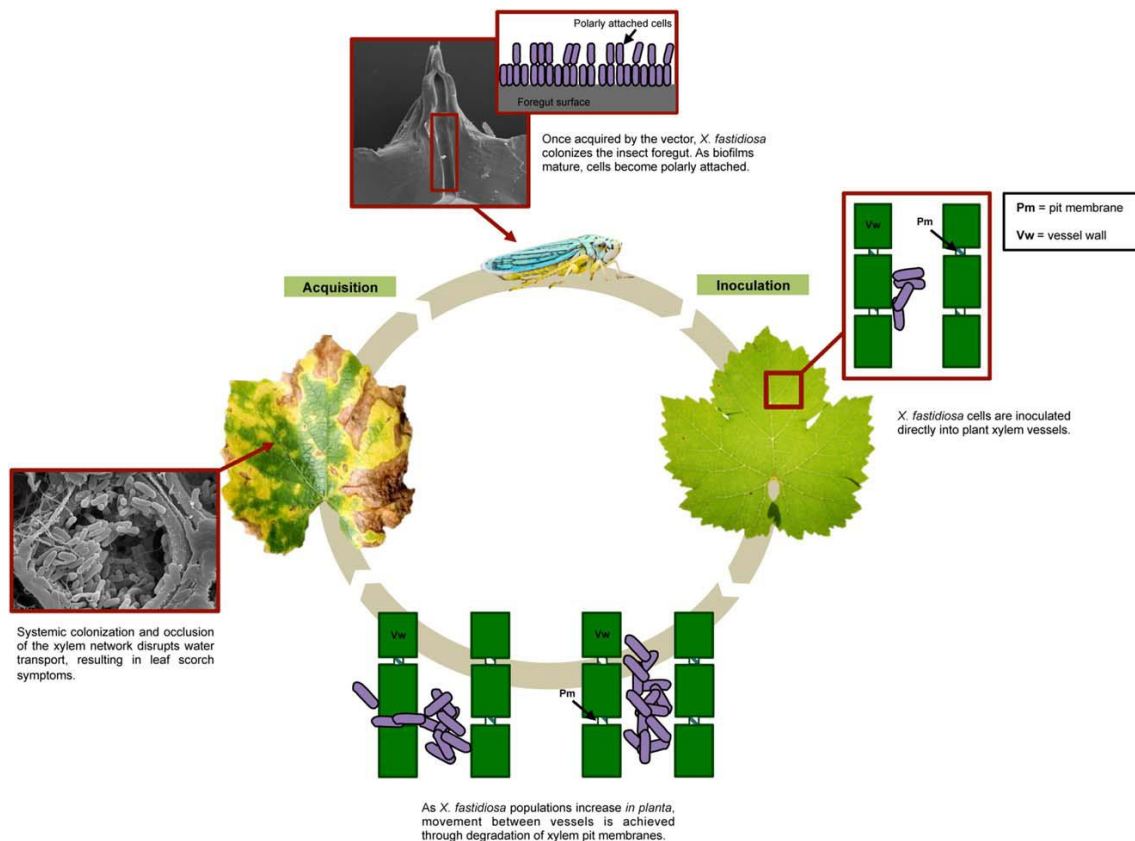


Figura 14 Ciclo de la enfermedad de Pierce [17].

4.9. Respuesta de la planta hospedadora

En plantas infectadas con *X. fastidiosa* se han encontrado grandes niveles de etileno, lo que explica, parcialmente, la formación de tilosas, gomas y geles amorfos en los vasos xilemáticos para intentar bloquear el movimiento de la [55], [56]. Entonces, si la producción de tilosas es más rápida que la degradación de las membranas de pit, se puede bloquear de forma eficiente la infección, como sucede en *Vitis rotundifolia* y *Vitis arizonica*. [57]. En cambio, en las variedades de *Vitis vinifera*, donde la degradación de la membrana de pit es más rápida y las tilosas no pueden contener la infección, el bloqueo de los vasos tiene un efecto negativo en cuanto al flujo de agua y savia [58], llegando a empeorar los síntomas de la enfermedad [55], [57].

Por otro lado, varios estudios demuestran el aumento de sustancias fenólicas en el tejido xilemático y en los tejidos cercanos como respuesta a la infección de *Xylella fastidiosa*. La producción o no, la concentración y la continuidad en la producción de estas proteínas es lo que determina la sensibilidad, tolerancia o resistencia a la enfermedad de Pierce [59]–[61].

4.10. Control Actual de la Enfermedad de Pierce

En la actualidad, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente solo permite el uso de oxiclورو de cobre contra patologías bacterianas, no estando autorizado y no siendo eficaz contra *X. fastidiosa* [62].

4. *Xylella fastidiosa* W.

4.10.1. Acciones culturales

El control de la Enfermedad de Pierce en zonas donde se ha establecido la bacteria *Xylella fastidiosa* se basa en dos puntos:

La retirada del material infectado

Podas agresivas que intentan sanear la planta.

Destrucción completa de los individuos afectados y replantación.

El control del vector

Fitosanitarios de contacto y sistémicos, como el imidacloprid [63].

Autorización excepcional para el uso de piretrinas (2 y 4%) en las regiones de Valencia y Baleares en los cultivos de almendro y vid para la temporada 2018 [64].

4.11. Estudios para el futuro control de la enfermedad de Pierce

4.11.1. Selección genética

La comunidad científica ha intentado transmitir la resistencia de algunas especies del género *Vitis* a variedades de gran importancia económica de *Vitis vinifera*.

Material genético resistente a PD

Se realizan búsquedas de material genético resistente a la enfermedad de Pierce en viñas salvajes en la zona sur de Estados Unidos y en México [4]:

Vitis girdiana Munson.

Vitis arizonica Engelm.

Vitis berlandieri Planch.

Vitis cinerea Engelm.

Vitis mustangensis Buckley.

Vitis riparia Michx.

Vitis acerifolia Raf.

Vitis rupestris Scheele.

A partir de poblaciones de estas especies se llevan a cabo estudios de transmisión genética con distintas finalidades.

Portainjertos

El uso de portainjertos resistentes puede reducir la severidad de la PD en algunos casos, pero en ninguno llegar a proporcionar total resistencia a la variedad injertada [12], [65], [66].

Cruces genéticos

La cantidad de recursos genéticos extraídos de poblaciones resistentes es extensa, pero estas resistencias deben dividirse en monogénicas o multigénicas.

4. *Xylella fastidiosa* W.

Por ejemplo, PdR 1 a/b, b43-17, b40-14 son genes que otorgan resistencia a la enfermedad de Pierce de forma monogenética. En cambio, Anu67, b41-13, T03-16, b42-26... participan de forma multigenética en dicha resistencia. Además, no solo se estudia la genética del núcleo. Por marcación de cloroplastos se han encontrado más de 10 líneas maternas resistentes [67]–[69].

Se ha logrado introducir resistencia monogenética en variedades comerciales de *Vitis vinifera* de los genes pdR1 a y b, y b43-17, con cruces sexuales (no OMG) mediante selección asistida por marcadores. En la actualidad, se están analizando las calidades vinícolas de estas vides resistentes a PD, con hasta un 97% de ADN procedente de *Vitis vinifera*. Pero este proceso es costoso en tiempo y dinero, unos 12 años [4], [68].

Transféresis

Son varios los estudios que proponen hacer uso de la transféresis para modificar genéticamente las variedades sensibles, ya sea con los genes resistentes antes mencionados, de péptidos antimicrobiales o de la misma bacteria [70]–[73].

Dada la situación político-social actual de los organismos modificados genéticamente, algunos proponen el uso de los OMG como portainjertos que transfieran las sustancias resistentes a la variedad injertada [71], [73]. Aunque ya se ha comprobado que los intentos con pies transgénicos con el gen PdR1 dan resultados negativos [74].

4.11.2. Nanotecnología

Según informa “La opinión de Málaga”, la empresa BH solutions GmbH afirma recuperar el 100% de los olivos infectados por *X. fastidiosa* de la región de Puglia (Italia), que han sido tratados con partículas de nanoplata dando lugar a nuevas y más vigorosas brotaciones en árboles completamente afectados. Este producto, que no es tóxico, no requiere de plazo de seguridad y puede utilizarse como método curativo y preventivo, requiriendo tan solo 1 litro (60 €) para tratar hasta una hectárea [75].

Los nanoproductos han sido estudiados por su acción inhibitoria del crecimiento microbiano [76] y por la degradación de la capa externa de las bacterias [77]. Los iones de Ag⁺ actúan como antimicrobiano y como descomponedor del etileno [78]. Este hecho podría explicar la recuperación de los olivos italianos que habían taponado sus conductos xilemáticos con tilosas, con la intención de bloquear el movimiento de la bacteria [55], [56].

4.11.3. Bacterias transgénicas

En el año 2000 se secuenció el genoma de esta bacteria, lo que está permitiendo el estudio de la funcionalidad de sus genes, la diferencia entre cepas y cómo combatirla [79].

En el estudio de la funcionalidad de los genes (a través de la eliminación de estos del ADN de la bacteria) se han obtenido un gran número de posibilidades de obtener cepas bacterianas no patogénicas e intransferibles (que no pueden ser adquiridas por los insectos vectores). Colonizan la vid, compiten con las cepas salvajes que son introducidas posteriormente y disminuyen la afección de la enfermedad de Pierce. Se ha demostrado la eficacia de estas bacterias frente a infecciones posteriores, pero son incapaces de controlar una población de bacteria salvaje ya establecida [43], [47]–[49], [72], [80]–[90].

4. *Xylella fastidiosa* W.

4.12. Actualidad en el estudio de *X fastidiosa* en Baleares

“La Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca” ha puesto en marcha dos invernaderos de bioseguridad en la finca experimental de Sa Granja con el fin de estudiar la patogenicidad de *Xylella fastidiosa* en los cultivos de 17 variedades de almendro, 19 de viña y 29 de olivo, así como en las especies forestales...” [91].

Se ha tenido la oportunidad de hacer llegar un pequeño cuestionario (Anexo I) al encargado de las inoculaciones de *X. fastidiosa*, el biólogo Eduardo Moralejo, quien nos da una idea de los datos que persigue este experimento.

Se pretende analizar el grado de tolerancia a *X. fastidiosa* de las variedades de almendro, olivo y vid cultivadas en las islas, además de algunas especies forestales. Las inoculaciones, llevadas a cabo entre mayo y junio, se realizan con la subespecie *fastidiosa*, ST1, la bacteria aislada de viñas, almendros y forestales, y se va a analizar el desarrollo de los síntomas durante dos años. En viña, las variedades utilizadas son: Gorgollassa, Mandó, Premsal, Argamussa, Giró ros, Manto Negro, Callet, Vinater blanc, Mancés, Giró negre, Esperó de gall, Cabernet sauvignon, Chardonnay, Macabeu, Merlot, Sauvignon blanc, Syrah, Tempranillo y Viognier.

Aprovechando la instalación, se lleva a cabo un experimento paralelo de insectos vectores del que se espera confirmar el papel de *Philaenus spumarius* como principal vector, y otros insectos, como *Neophilaenus campestris*, como vectores residuales.

Se esperan los primeros resultados de las inoculaciones a finales del 2018 y a lo largo del verano de los experimentos con los vectores potenciales.

5. *Empoasca vitis* Göethe

5.1. Taxonomía

Animalia

Arthropoda

Insecta

Rhynchota

Cicadellidae

Empoasca

Empoasca vitis G.

5.2. Descripción

El insecto adulto es de unos 2-3 mm de longitud y de color verde claro. Tiene alas traslúcidas y de élitros con coloraciones de verdes a amarillentas.

Las larvas, de aspecto parecido a los adultos, son de color blanquecino y tegumentos blandos en el primer estadio. En los siguientes estados pasa a tonalidades amarillo-verdosas, conservando siempre una forma alargada. El segundo estadio de ninfa ya alcanza la longitud del adulto [92].

5. *Empoasca vitis* Göethe

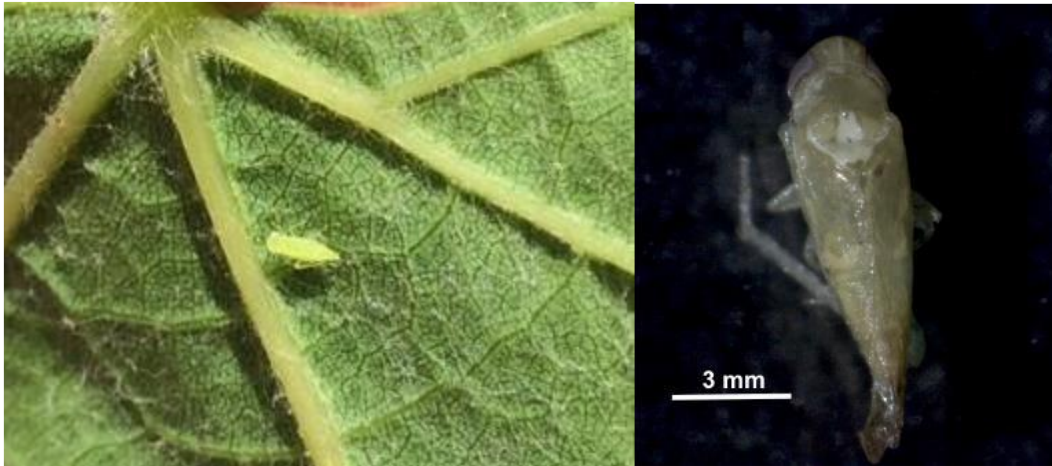


Figura 15 Adulto y ninfa de *E. vitis*. [93].

5.3. Ciclo estacional

A partir de las primeras brotaciones del mes de mayo, *Empoasca vitis* migra hacia los viñedos, entonces las hembras hacen sus puestas en el haz de las hojas de *Vitis vinifera*, llegando a completar de 1 a 4 generaciones. En el mes de Noviembre, con la senescencia de las hojas de la viña, los adultos migran buscando otros hospedadores hasta el descenso de la temperatura, cuando entran en hibernación [93]–[97].

En Francia se ha encontrado una posible relación entre la acumulación de grados-día y la frecuencia de picos adulto-ninfa con la acumulación de 250-300 grados-día a partir de una temperatura umbral de 7.4°C. En cambio, no se ha podido relacionar los grados-día con la frecuencia de picos adulto-adulto [94].

Reineke y Hauck [97] han demostrado la relación entre la velocidad del desarrollo de las larvas y las temperaturas diurnas y nocturnas. El desarrollo más veloz de las larvas se produce con temperaturas nocturnas entre 13-15°C y diurnas 23-25°C. En cambio, la mortandad de huevos y primeros estadios larvarios alcanzan el 100% de mortandad a temperaturas nocturnas entre 18-28°C y diurnas entre 20-30°C.

Desde los años 60, *Empoasca vitis* se ha convertido en una plaga importante, según Vidano (1958, 1963) en Italia, y según Schwester *et al.* (1962), Moutos & Fos (1973) en Francia [98]. Aunque, como podemos ver en la figura 8, las poblaciones, y por ende los daños en los viñedos, siguen curvas de fluctuación que se podrían asociar a los cambios anuales de la meteorología [5].

5. *Empoasca vitis* Göethe

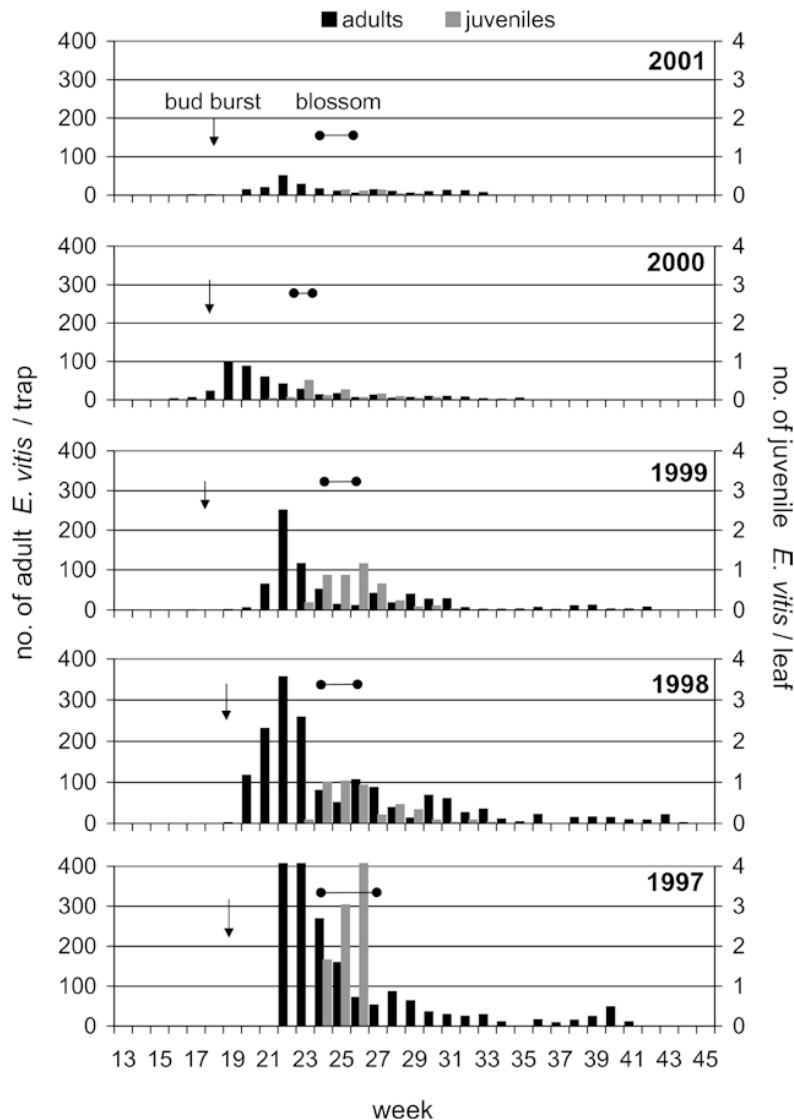


Figura 16 Comparativa interanual de los ciclos de población de *E. vitis*. [5].

5.4. Síntomas

Según varios autores: Arzone *et al.*, 1988; Baggiolini *et al.*, 1968; Cerutti *et al.*, 1988, 1989a, 1989b, 1990, 1991; Vidano 1963; Vidano *et al.*, 1987 [98], *Empoasca vitis* se alimenta mediante picadas nutricionales del tejido floemático de las hojas, más concretamente del que se encuentra entre los haces vasculares secundarios y terciarios, iniciando una clorosis en el borde de las hojas que avanza hacia la zona central, y dejando manchas angulares características en las hojas, de una coloración rojiza en variedades tintas y amarillentas en variedades blancas. Además, en estadios avanzados de la plaga, las hojas se secan por el borde y se enrollan.

El grado de afección en las hojas está relacionado de forma directamente proporcional con el número de *E. vitis* día/hoja. Disminuyendo el procesamiento de CO₂, no solo en la zona afectada de la hoja, sino también en la zona no clorótica de las hojas afectadas. Aunque gracias a la adaptación de la planta (compensa la afección generando nuevos brotes y hojas laterales), si la plaga no es demasiado intensa, las

5. *Empoasca vitis* Göethe

reservas de carbohidratos no estructurales no se ven afectadas. Tampoco la cantidad de sólidos solubles ni la acidez total presente en la uva [98].

En años de afección intensa se puede alcanzar la defoliación temprana de la planta, afectando a la calidad de la uva y provocando una reducción en la vigorosidad de la brotación de la campaña posterior [95], [97].

5.5. Razones que podrían justificar la proliferación de la plaga

5.5.1. El Monocultivo

En las zonas donde predomina el monocultivo se reduce la presencia de depredadores y parasitoides. Este hecho se podría asociar a la aplicación excesiva de fitosanitarios y a la falta de refugios para los enemigos naturales [93], [99]. En el gráfico 1 se puede apreciar como la densidad de ninfas es mayor en zonas de monocultivo frente al cultivo tradicional en Portugal, donde podemos encontrar árboles frutales, plantas hortícolas y zonas boscosas junto a pequeños viñedos.

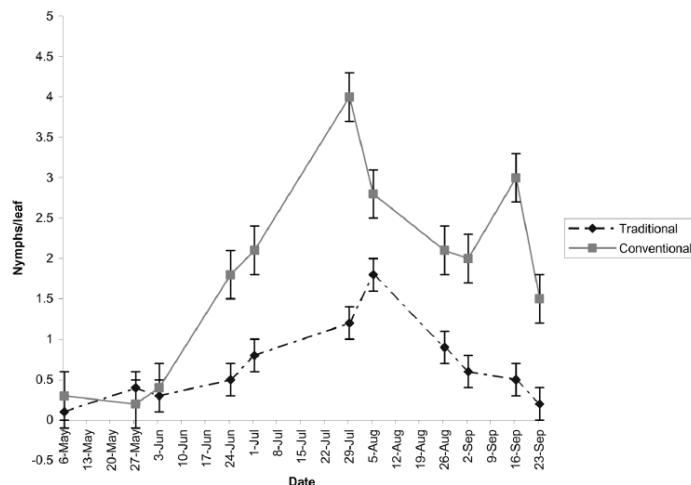


Gráfico 6 Curva poblacional de *E. vitis* en parcela monocultivo (convencional) vs parcela tradicional. [99].

5.5.2. El factor migración

Las migraciones de verano de *Empoasca vitis* son decisivas a la hora de determinar el daño potencial de la plaga [94], ya que según Cerutti *et al.* (1989), la migración de poblaciones provenientes de hospedantes invernales o de brotación más temprana produce una mayor población inicial en la primera generación presente en viña [5].

5.5.3. El cambio climático

Las temperaturas, tanto nocturnas como diurnas, afectan a la velocidad del desarrollo de las larvas. Entonces, las variaciones en dichas temperaturas que resultan del cambio climático pueden aumentar el número de generaciones de *Empoasca vitis* en *Vitis vinifera* [97]. Además, este cambio en las condiciones climáticas puede acelerar la acumulación de grados-día asociados a la distancia temporal entre picos de adultos y ninfas [94]. Por último, los inviernos de temperaturas suaves podrían permitir la

5. *Empoasca vitis* Göethe

supervivencia de una mayor población de *E. vitis* y un inicio de la plaga más virulento [93].

5.5.4. El riego

El aporte de agua a las vides en los meses más secos, permite una mayor transpiración y fotosíntesis de las vides lo que, sumado a las temperaturas, resulta en una mayor densidad poblacional de *E. vitis* [93], [100].

5.6. Grado de afección de *Empoasca vitis* asociado a la variedad

Pavan & Picotti [95] obtuvieron los siguientes datos de una región del Noreste de Italia tomando las muestras en agosto, cuando se supone encontrar la segunda puesta en *Vitis vinifera*. Además, se identifica el ovoparasitoide *Anagrus atomus* como especie prevalente en viña.

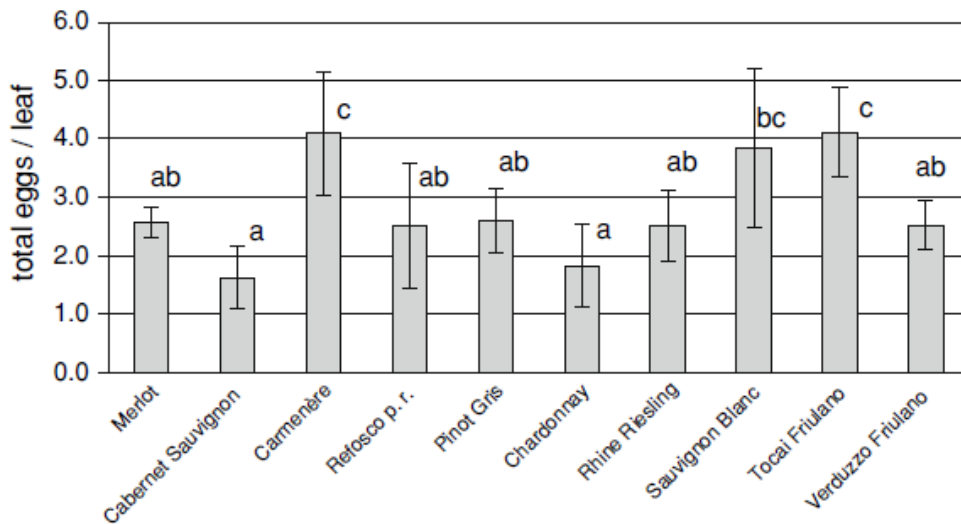


Gráfico 7 Densidad de puesta de *E. vitis* en distintas variedades de *V. vinifera* [95].

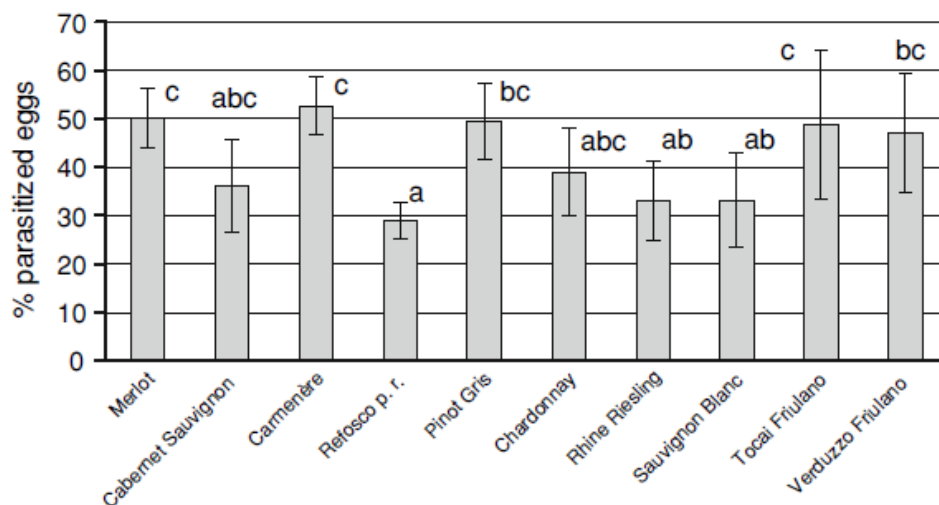


Gráfico 8 Porcentaje de ovoparasitación de *E. vitis* por *A. atomus* en distintas variedades de *V. vinifera* [95].

5. *Empoasca vitis* Göethe

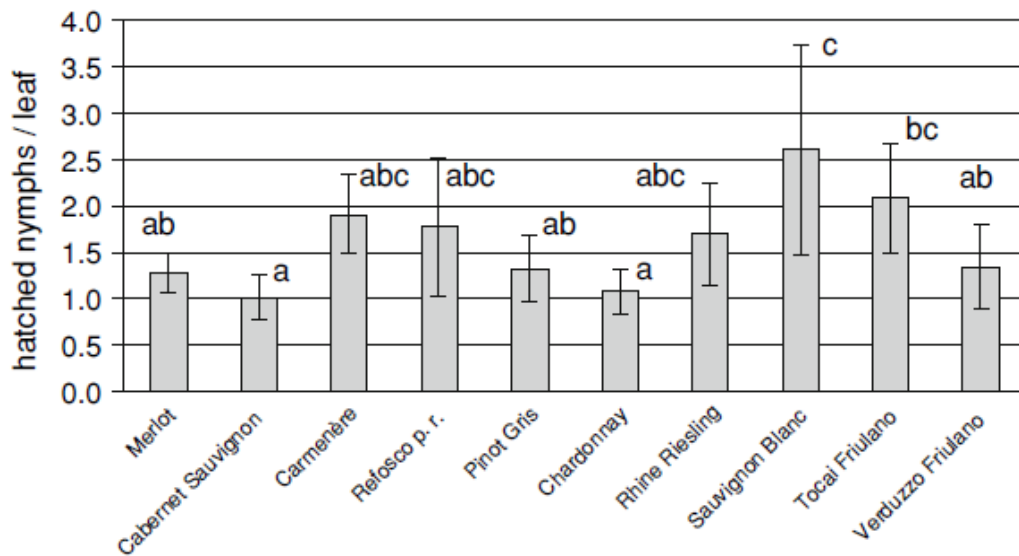


Gráfico 9 Huevos eclosionados de *E. vitis* en distintas variedades de *V. vinifera* [95].

En los gráficos se demuestra la mayor sensibilidad de variedades como Sauvignon Blanc a padecer dicha plaga. Esto es debido a la mayor cantidad de huevos de *E. vitis* y el menor porcentaje de parasitismo por parte de *Anagrus* spp. En cambio, las variedades Chardonnay y Cabernet Sauvignon presentan menores puestas del insecto plaga pese a tener porcentajes de ovoparasitismo similares a Sauvignon Blanc.

Por otro lado, las variedades Merlot y Pinot Gris presentan una baja densidad de puesta que se podría relacionar con el alto porcentaje de ovoparasitismo y la baja cantidad huevos eclosionados.

La ovoposición de *E. vitis* está relacionada a la densidad foliar y al vigor de los brotes, encontrando mayor cantidad de puesta en las hojas más protegidas y en los brotes vigorosos. La densidad de la vellosoidad en las hojas no afecta a la densidad de ovoposición de *E. vitis*, debido a la corta medida de los bellos erectos (0.5mm) en relación al insecto. Pero sí afecta a la actividad del ovoparasitoide de forma indirectamente proporcional (a más vellosoidad, menor porcentaje de parasitismo).

Marqués & Miranda [93] proponen la posibilidad que la variedad Cabernet Sauvignon sea más propensa a padecer la plaga que la variedad Manto Negro. Aunque los datos no son comparables con Pavan & Picotti [95], dado que el seguimiento de la plaga ha sido distinto.

5. *Empoasca vitis* Göethe

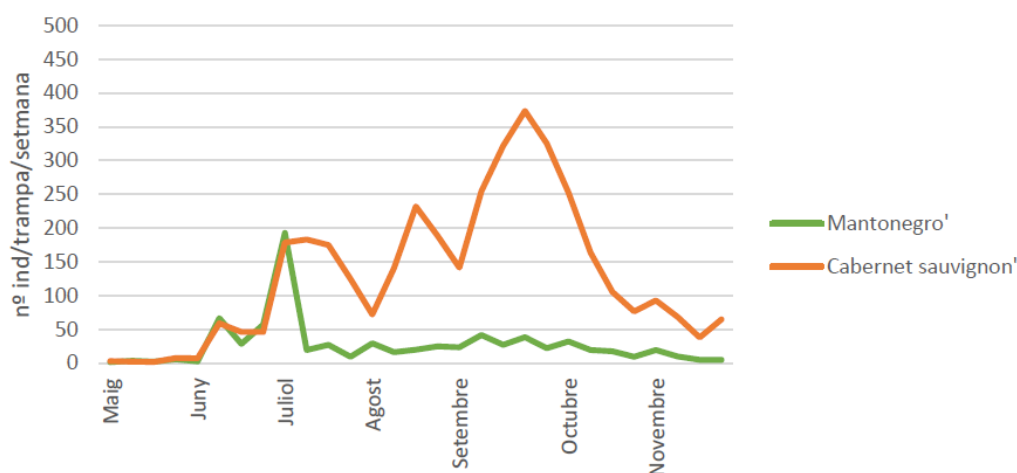


Gráfico 10 Curvas de población de *E. vitis*. Muestra la mayor resistencia de Manto Negro respecto a Cabernet Sauvignon [93].

5.7. Posibles soluciones

5.7.1. Conservación de Enemigos naturales

La presencia de zarzas, *Rubus* spp. en las lindes de los viñedos ofrece refugio a *Amagrus atomus*, ovoparasitoide de *Empoasca vitis* durante los periodos de estivación e hibernación. Este hecho, asociado a un uso responsable de pesticidas, facilita la pronta respuesta a los inicios de las puestas [96].

5.7.2. Control de población

A través de trampeo masivo:

El uso de sustancias volátiles de melocotonero y viña asociadas a trampas cromáticas amarillas como método de atracción de *Empoasca vitis*, ha dado resultado en plantaciones de té. Por este motivo, es de esperar que la utilización de sustancias volátiles de melocotonero y variedades de viña más atractivas que la presente en la parcela podrían mejorar los resultados del trampeo masivo con trampas cromáticas amarillas [101].

Control químico:

La elevada importancia del factor migratorio en esta plaga resulta en un efecto casi inapreciable en la aplicación de pesticidas [93], [94], aunque en el este de Estados Unidos han obtenido resultados positivos con el uso de neonicotinoides sistémicos en el control de *Empoasca fabae* en viña [102].

5.7.3. Bio protección

Se ha demostrado que la inoculación de cepas del hongo *Beauveria bassiana*, de colonización endofítica, en vides sensibles a *Empoasca vitis*, protegen a la vid de la infestación y los daños producidos por esta plaga durante más de 5 semanas [103].

6. Conclusiones

6.1. Enfermedad de Pierce

Las vías propuestas para el control de la bacteria *X. fastidiosa* son bastante variadas y por lo general proceden del continente americano. Aunque el tema que nos atañe, la enfermedad de Pierce, conlleva una serie de dificultades añadidas que deben tenerse en cuenta a la hora de buscar una solución.

La hibridación de variedades comerciales con *Vitis* americanas resistentes, la transféresis de genes que permitan producir sustancias antimicrobiales y el uso de nanoplata para la cura de las plantas ya infectadas, deben tener en cuenta un hecho primordial. En el proceso de vinificación se utilizan levaduras y bacterias lácticas, las cuales no deberían verse afectadas por ninguna de estas sustancias, ya sea por inocuidad o porque estas sustancias no se lleguen a encontrar en el racimo.

En el uso de bacterias transgénicas debe recordarse la alta recombinación genética de la que dispone esta especie. Desde mi punto de vista, a los estudios de biocontrol frente a cepas salvajes deberían añadirse estudios de estabilidad genética o demostraciones de que la modificación poligénica que regula la intransferibilidad asegura que ninguna bacteria, con posibles mutaciones, pueda salir de la planta en la que ha sido inyectada.

En Europa, las dos vías principales para el control de la bacteria son: la prevención para evitar la entrada y las acciones de erradicación temprana. Una de las limitaciones climáticas que ayudan a la erradicación temprana en Europa son las bajas temperaturas, que limitan la acción de los insectos vectores y paralizan el desarrollo de la bacteria. Aun así, casi toda la región vitivinícola europea está en mayor o menor riesgo de ser infestada por *X. fastidiosa*. En España e Italia, las zonas más cálidas de Europa, se ha demostrado la deficiencia de las medidas europeas para la erradicación de la bacteria.

Desde mi punto de vista, hemos entrado en dos incongruencias:

Desde el gobierno español se ha autorizado, de forma excepcional, el uso de piretrinas para controlar los posibles vectores de *Xylella fastidiosa* en los cultivos de almendros y viñas, pero por el momento no se ha confirmado en toda Europa ningún vector para la subespecie *fastidiosa*. En España, ni si quiera se ha encontrado ningún insecto que haya dado positivo en los análisis de infección por *Xylella fastidiosa*, por lo que estamos combatiendo “enemigos potenciales”.

La segunda incongruencia es la intención de plantar vides tolerantes a la bacteria. Las plantas asintomáticas, durante mayor o menor tiempo, actúan como fuente de infección, mientras muestran un aspecto apetecible para los vectores e imposibilitan la detección a *visu* por parte de los viticultores y su pronta eliminación.

6.2. *Empoasca Vitis* Göethe

Aun no teniendo muy clara la razón por la que se encuentran mayores o menores poblaciones de *Empoasca Vitis* en los viñedos, dependiendo de la variedad cultivada, sí que se ha encontrado relación entre la vellosoidad de las hojas y la acción de los ovoparasitoides, pudiendo explicar la mayor o menor presencia de ninfas. Pero debido a la importancia de las migraciones del insecto, la presión de los ovoparasitoides no puede explicar las poblaciones de adultos en un mismo territorio.

Una de las posibilidades podría ser la diferencia entre las sustancias volátiles, o la cantidad de estas que produce cada variedad. Lo que se podría relacionar también con la mayor presencia *E. Vitis* en viñedos con riego en los meses más secos debido a la mayor transpiración y emisión de sustancias volátiles por parte de las vides.

6. Conclusiones

En cuanto al cambio climático, podría explicar una mayor primera población en los viñedos, ya que las temperaturas suaves previas a la brotación de las viñas inhiben la hibernación de los adultos, que se pueden alimentar de hospedadores alternativos y aumentar el índice de ovoposiciones viables. Por otro lado, las noches tropicales y las temperaturas máximas en torno a los 40°C en los meses más calurosos de verano, deberían reducir de forma drástica las poblaciones, hecho que de nuevo se puede relacionar con los viñedos en regadío, que otorgan un microclima de temperaturas más suaves y benevolentes con la plaga.

En mi opinión, se deberían identificar y estudiar los depredadores y parasitoides de *E. Vitis* en los viñedos de Baleares dados los resultados de Altieri & Nicholls [99] y Marqués & Miranda [93] que muestran la menor afección de la plaga en zonas de cultivo tradicional/ecológico, ambos ambientes más adecuados para la presencia de estos enemigos naturales que en la opción de monocultivo con aplicaciones considerables de pesticidas.

En relación a la “tolerancia” de algunas variedades de viña, se podrían analizar las mencionadas sustancias volátiles y los síntomas en diferentes variedades a igual densidad poblacional del insecto, pudiendo aclarar si la tolerancia es debida a razones fisiológicas, como la composición de la cutícula de la hoja, al efecto llamada de las sustancias volátiles o a la unión de estos dos factores.

Referencias

- [1] R. Drieu y A. Rusch, «Conserving species-rich predator assemblages strengthens natural pest control in a climate warming context», *Agric. For. Entomol.*, vol. 19, n.º 1, pp. 52-59, 2017.
- [2] «Directiva 2000/29/CE del Consejo, “relativa a las medidas de protección contra la introducción en la Comunidad de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales y contra su propagación en el interior de la Comunidad,” DO, vol. 169, pp. 1-112».
- [3] A. Juan Serra, «Situación actual de la bacteria *Xylella fastidiosa* en las Islas Baleares . Actuaciones y resultados del Plan de acción», en *Situación actual y perspectivas de las enfermedades causadas por Xylella fastidiosa en la cuenca mediterránea*, Valencia, 2017.
- [4] M. A. Walker, S. Riaz, y A. Tenschler, «Optimizing the breeding of pierce’s disease resistant winegrapes with marker-assisted selection», en *X INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPEVINE BREEDING AND GENETICS*, 2014, vol. 1046, pp. 139-143.
- [5] S. Böll y J. V. Herrmann, «A long-term study on the population dynamics of the grape leafhopper (*Empoasca vitis*) and antagonistic mymarid species», *J. Pest Sci. (2004)*., vol. 77, n.º 1, pp. 33-42, 2004.
- [6] Dirección general de agricultura y pesca, «Situación de *Xylella fastidiosa* en la C. Valenciana», 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.agroambient.gva.es/es/web/agricultura/xylella-fastidiosa>.
- [7] EPPO global data base, «*Xylella fastidiosa*», [Base de datos], 2018. [En línea]. Disponible en: <https://gd.eppo.int/taxon/XYLEFA>.
- [8] R. Morales y R. Ocete, «*Vitis vinifera L.*», en *Flora Iberica*, vol. 231, n.º 1803, S. Castroviejo, C. Aedo, M. Laínz, F. Muñoz Garmendia, G. NietoFeliner, P. J., y C. Benedí, Eds. 1913, pp. 149-152.
- [9] Universitat de les Illes Balears, «*Vitis vinifera L.*», *Herbari virtual*, 2002. [En línea]. Disponible en: herbarivirtual.uib.es.
- [10] Àrea tècnica agrària, «Estadístiques de l’agricultura, la ramaderia i la pesca a les Illes Balears Any 2016 [Fichero de datos]», 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.caib.es/sites/semilla/ca/publicacio_2016/.
- [11] E. Illes Balears Qualitat. Instituto de calidad agroalimentaria. Islas Baleares, «Vinos», 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.illesbalearsqualitat.es>.
- [12] N. B. Pierce, «The californian vine disease.», *US Dep. Agric., Div. Veg. Pathol. Bull.* 2, 1892.
- [13] W. B. Hewitt, N. W. Frazier, y B. R. Houston, «Transmission of Pierce’s disease of grapevines with a leafhopper», *Phytopathology*, vol. 32, n.º 1, p. 8, 1942.
- [14] M. J. Davis, A. H. Purcell, y S. V Thomson, «Pierce’s disease of grapevines: isolation of the causal bacterium.», *Science*, vol. 199, n.º 4324, pp. 75-7, 1978.
- [15] J. M. Wells, B. C. Raju, H. Hung, W. G. Weisburg, L. Mandelco-paul, y D. O. N.

Referencias

- J. Brenner, «Limited, Fastidious Plant Bacteria Related to *Xanthomonas spp.*», *Int. Jour. Syst. Bacteriol.*, vol. 37, n.º 2, pp. 136-143, 1987.
- [16] J. D. Janse y A. Obradovic, «*Xylella fastidiosa*: Its biology, diagnosis, control and risks», *J. Plant Pathol.*, vol. 92, n.º 1 SUPPL., pp. 35-48, 2010.
- [17] J. Rasicavoli, B. Ingel, B. Blanco-Ulate, D. Cantu, y C. Roper, «*Xylella fastidiosa*: an examination of a re-emerging plant pathogen», *Mol. Plant Pathol.*, vol. 19, n.º 4, pp. 786-800, 2017.
- [18] H. Feil y a H. Purcell, «Temperature-dependent growth and survival of *Xylella fastidiosa* in vitro and in potted grapevines», *Plant Dis.*, vol. 85, pp. 1230-1234, 2001.
- [19] D. L. Hopkins y a H. Purcell, «Cwug Qh Kgteg U & Kugcug Qh) Tcrgxkpg Cpf 1Vjgt ' Ogtigpv & Kugcugu», *Plant Dis.*, vol. 86, n.º 10, pp. 1056-1066, 2002.
- [20] M. Saponari, D. Boscia, F. Nigro, y G. P. Martelli, «Identification of dna sequences related to *Xylella fastidiosa* in oleander, almond and olive trees exhibiting leaf scorch symptoms in Apulia (Southern Italy)», *J. Plant Pathol.*, vol. 95, n.º 3, pp. 659-668, 2013.
- [21] G. Loconsole *et al.*, «Detection of *Xylella fastidiosa* in olive trees by molecular and serological methods», *J. Plant Pathol.*, vol. 96, pp. 7-14, 2014.
- [22] Ministère de l'agriculture et l'alimentation, «La situation de la *Xylella* en France et en Europe», 2018. [En línea]. Disponible en: <http://agriculture.gouv.fr/la-situation-de-xylella-en-france-et-en-europe>.
- [23] NPPO of Switzerland, «EPPO Reporting Service NO. 10. Paris, 2015/181», 2015.
- [24] N. of Germany, «EPPO Reporting Service NO. 07. Paris, 2016/133», 2016.
- [25] D. Olmo *et al.*, «First detection of *Xylella fastidiosa* infecting cherry (*Prunus avium*) and *Polygala myrtifolia* plants in Mallorca Island Spain», *Plant Dis.*, vol. 101, n.º 10, p. 1820, 2017.
- [26] «Resolució del conseller de Medi Ambient, Agricultura i Pesca de 26 de gener de 2017 per la qual es declara l'existència de la plaga *Xylella fastidiosa* (Wells et al.) a tot el territori de les Illes Balears i s'adopten mesures fitosanitàries cautelars i de contenció per evitar-ne la propagació. Butlletí Oficial de les Illes Balears, num. 14, 2 Febrer 2017, pp. 2676-2678». [En línea]. Disponible en: https://www.caib.es/sites/M170601123647629/ca/l/resolucions_boib/?mcont=95291
- [27] C. C. y D. R. Conselleria de agricultura, Medio Ambiente, « Agricultura detecta la presencia de *Xylella fastidiosa* en una parcela de la Marina Baixa alicantina.», 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.agroambient.gva.es/inicio/area_de_prensa/not_detalle_area_prensa?
- [28] Conselleria de medi ambient, agricultura i pesca, «La conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca informa a los municipios de la situación actual de la *Xylella* y de las novedades sobre las medidas de contención de la bacteria», 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.caib.es/pidip2front/jsp/es/ficha-convocatoria/strongla-conselleria-de-medi-ambient-agricultura-i-pesca-informa-a-los-municipios-de-la-situacioacuten-actual-de-la-xylella-y-de-las-novedades-sobre-las-medidas-de-contencioacuten-de-la-bacteriastrong>.

Referencias

- [29] «Decisión de ejecución 2015/789/UE de la comisión de 18 de mayo de 2015, sobre medidas para evitar la introducción y propagación dentro de la Unión de *Xylella fastidiosa* (Wells et al.), DO L 125 de 18 de mayo de 2015, p. 36».
- [30] «Decisión de ejecución 2015/2417/UE de la comisión de 17 de diciembre de 2015, por la que se modifica la Decisión de Ejecución 2015/789/UE en lo que se refiere a las medidas para prevenir la introducción y propagación dentro la Unión de *Xylella fastidiosa* (Wells et al.), DO L 333 de 17 de diciembre de 2015, p. 143».
- [31] «Decisión de ejecución 2016/764 /UE/ de la comisión de 12 de mayo de 2016, por la que se modifica la Decisión de Ejecución 2015/789/UE, sobre medidas para evitar la introducción y propagación dentro la Unión de *Xylella fastidiosa* (Wells et al.), DO L 126 de 12 de mayo de 2016, p. 77».
- [32] «Resolución de 14 de febrero de 2018 de la dirección general de sanidad de la producción agraria por la que se estima la solicitud de la comunidad autónoma de les Illes Balears, de la plantación de ciertas plantas hospedadoras de la *Xylella fastidiosa* (Wells et al.) en zonas infectadas del ámbito territorial de la citada comunidad autónoma». [En línea]. Disponible en: <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/consultaCSV.htm>
CSV : GEN-f535-955a-0cc6-f957-fbba-fafd-6394-ae16
- [33] Commission database of host plants found to be susceptible to *Xylella fastidiosa* in the union territory – update 10, «List of host plants referred to in Article 1(b) of Commission Implementing Decision (EU) 2015/2417 of 17 December 2015, which have been found to be susceptible to *Xylella fastidiosa* in the Union territory, or, where a Member State has demarcated an area w», 2018. [En línea]. Disponible en: https://ec.europa.eu/food/plant/plant_health_biosecurity/legislation/emergency_measures/xylella-fastidiosa/susceptible_en.
- [34] L. Nunney, D. L. Hopkins, L. D. Morano, S. E. Russell, y R. Stouthamer, «Intersubspecific recombination in *Xylella fastidiosa* strains native to the united states: Infection of novel hosts associated with an unsuccessful invasion», *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 80, pp. 1159-1169, 2014.
- [35] A. H. Purcell, «Homopteran Transmission of Xylem-Inhabiting Bacteria», en *Advances in Disease Vector Research*, K. F. Harris, Ed. New York, NY: Springer New York, 1990, pp. 243-266.
- [36] R. P. P. Almeida y A. H. Purcell, «Patterns of *Xylella fastidiosa* Colonization on the Precibarium of Sharpshooter Vectors Relative to Transmission to Plants», *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 2006.
- [37] R. P. P. Almeida y A. H. Purcell, «Transmission of *Xylella fastidiosa* to grapevines by *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae).», *J. Econ. Entomol.*, vol. 96, pp. 264-271, 2003.
- [38] R. P. P. Almeida, «Can Apulia's olive trees be saved?», *Science (80-.)*, vol. 353, pp. 346-348, 2016.
- [39] D. Cornara *et al.*, «Transmission of *Xylella fastidiosa* by naturally infected *Philaenus spumarius* (Hemiptera, Aphrophoridae) to different host plants», *J. Appl. Entomol.*, vol. 141, n.º 1-2, pp. 80-87, 2017.
- [40] M. A. Miranda *et al.*, «Seasonal pattern , hosts and abundance of the potential vectors of *Xylella fastidiosa* in Mallorca (Balearic Islands , Spain)», en

Referencias

- European conference on Xylella fastidiosa: finding answers to a global problem*, 2017, pp. 1-22.
- [41] S. Chatterjee, R. P. P. Almeida, y S. Lindow, «Living in two Worlds: The Plant and Insect Lifestyles of *Xylella fastidiosa*», *Annu. Rev. Phytopathol.*, vol. 46, n.º 1, pp. 243-271, 2008.
- [42] H. H. Mollenhauer y D. L. Hopkins, «Ultrastructural study of Pierce's disease bacterium in grape *Xylem tissue*», *J. Bacteriol.*, vol. 119, pp. 612-618, 1974.
- [43] M. C. Roper, L. C. Greve, J. G. Warren, J. M. Labavitch, y B. C. Kirkpatrick, «*Xylella fastidiosa* Requires Polygalacturonase for Colonization and Pathogenicity in *Vitis vinifera* Grapevines», *Mol. Plant-Microbe Interact.*, vol. 20, n.º 4, pp. 411-419, 2007.
- [44] A. G. Perez-Donoso, Q. Sun, M. C. Roper, L. C. Greve, B. Kirkpatrick, y J. M. Labavitch, «Cell Wall-Degrading Enzymes Enlarge the Pore Size of Intervessel Pit Membranes in Healthy and *Xylella fastidiosa*-Infected Grapevines», *Plant Physiol.*, vol. 152, n.º 3, pp. 1748-1759, 2010.
- [45] L. F. Cruz, P. A. Cobine, y L. De La Fuente, «Calcium increases *Xylella fastidiosa* surface attachment, biofilm formation, and twitching motility», *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 78, n.º 5, pp. 1321-1331, 2012.
- [46] M. Ionescu, P. A. Zaini, C. Baccari, S. Tran, A. M. da Silva, y S. E. Lindow, «*Xylella fastidiosa* outer membrane vesicles modulate plant colonization by blocking attachment to surfaces», *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 111, pp. E3910-E3918, 2014.
- [47] S. Chatterjee, C. Wistrom, y S. E. Lindow, «A cell-cell signaling sensor is required for virulence and insect transmission of [i]*Xylella fastidiosa*[i] .», *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 105, n.º 7, pp. 2670-5, 2008.
- [48] T. M. Voegel *et al.*, «Identification of a response regulator involved in surface attachment, cell-cell aggregation, exopolysaccharide production and virulence in the plant pathogen *Xylella fastidiosa*», *Mol. Plant Pathol.*, vol. 14, n.º 3, pp. 256-264, 2013.
- [49] J. C. Clifford, J. N. Rapicavoli, y M. C. Roper, «A Rhamnose-Rich O-Antigen Mediates Adhesion, Virulence, and Host Colonization for the Xylem-Limited Phytopathogen *Xylella fastidiosa*», *Mol. Plant-Microbe Interact.*, vol. 26, n.º 6, pp. 676-685, 2013.
- [50] K. L. Newman, R. P. P. Almeida, A. H. Purcell, y S. E. Lindow, «Use of a green fluorescent strain for analysis of *Xylella fastidiosa* colonization of *Vitis vinifera*.», *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 69, pp. 7319-7327, 2003.
- [51] S. Chatterjee, K. L. Newman, y S. E. Lindow, «Cell-to-cell signaling in *Xylella fastidiosa* suppresses movement and xylem vessel colonization in grape», *Mol. Plant-Microbe Interact.*, vol. 21, n.º 10, pp. 1309-1315, 2008.
- [52] E. A. Backus y D. J. W. Morgan, «Spatiotemporal Colonization of *Xylella fastidiosa* in its Vector Supports the Role of Egestion in the Inoculation Mechanism of Foregut-Borne Plant Pathogens», *Phytopathology*, vol. 101, pp. 912-922, 2011.
- [53] A. C. Retchless, F. Labroussaa, L. Shapiro, D. C. Stenger, S. E. Lindow, y R. P.

Referencias

- P. Almeida, «Genomics of Plant-Associated Bacteria», *Genomics Plant-Associated Bact.*, pp. 177-202, 2014.
- [54] A. H. Purcell y A. Finlay, «Evidence for noncirculative transmission of Pierce's disease bacterium by sharpshooter leafhoppers», *Phytopathology*, vol. 69, pp. 393-395, 1979.
- [55] A. G. Perez-Donoso, L. C. Greve, J. H. Walton, K. A. Shackel, y J. M. Labavitch, «*Xylella fastidiosa* Infection and Ethylene Exposure Result in Xylem and Water Movement Disruption in Grapevine Shoots», *Plant Physiol.*, vol. 143, n.º 2, pp. 1024-1036, 2007.
- [56] Q. Sun, T. L. Rost, M. S. Reid, y M. A. Matthews, «Ethylene and Not Embolism Is Required for Wound-Induced Tylose Development in Stems of Grapevines», *PLANT Physiol.*, vol. 145, pp. 1629-1636, 2007.
- [57] Q. Sun, Y. Sun, M. A. Walker, y J. M. Labavitch, «Vascular Occlusions in Grapevines with Pierce's Disease Make Disease Symptom Development Worse», *Plant Physiol.*, vol. 161, n.º 3, pp. 1529-1541, 2013.
- [58] J. F. Stevenson, M. a Matthews, y T. L. Rost, «Grapevine Susceptibility to Pierce ' s Disease I : Relevance of Hydraulic Architecture», *Am. J. Enol. Vitic.*, vol. 55, pp. 228-237, 2004.
- [59] C. E. Maddox, L. M. Laur, y L. Tian, «Antibacterial activity of phenolic compounds against the phytopathogen *Xylella fastidiosa*», *Curr. Microbiol.*, vol. 60, pp. 53-58, 2010.
- [60] C. M. Wallis y J. Chen, «Grapevine Phenolic Compounds in Xylem Sap and Tissues Are Significantly Altered During Infection by *Xylella fastidiosa*», *Phytopathology*, vol. 102, n.º 9, pp. 816-826, 2012.
- [61] L. Yang, H. Lin, Y. Takahashi, F. Chen, M. A. Walker, y E. L. Civerolo, «Proteomic analysis of grapevine stem in response to *Xylella fastidiosa* inoculation», *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, vol. 75, pp. 90-99, 2011.
- [62] E. Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente, agricultura, sanidad vegetal. Madrid, «Registro de productos sanitarios», 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/menu.asp>.
- [63] M. P. Daugherty, S. O'Neill, F. Byrne, y A. Zeilinger, «Is vector control sufficient to limit pathogen spread in vineyards?», *Environ. Entomol.*, vol. 44, pp. 789-797, 2015.
- [64] «Resolución de 28 de febrero de 2018 por la que se modifica la resolución de autorización excepcional de 14 de febrero de 2018 para la comercialización y uso de productos fitosanitarios formulados a base de piretrinas 4% [EC] P/V y piretrinas 2% [EC] P/V como insecticida contra insectos vectores de la *Xylella fastidiosa* en almendro y viña».
- [65] R. Zhongbo y L. Jiang, «Muscadine rootstock increased the resistance of florida hybrid bunch grape cv . ' blanc du bois ' to pierce ' s and anthranose diseases», *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, vol. 115, pp. 108-110, 2002.
- [66] C. M. Wallis, A. K. Wallingford, y J. Chen, «Grapevine rootstock effects on scion sap phenolic levels, resistance to *Xylella fastidiosa* infection, and progression of

Referencias

- Pierce's disease», *Front. Plant Sci.*, vol. 4, n.º December, pp. 1-9, 2013.
- [67] A. F. Krivanek, S. Riaz, y M. A. Walker, «Identification and molecular mapping of PdR1 a primary resistance gene to Pierce's disease in *Vitis*», *Theor. Appl. Genet.*, vol. 112, pp. 1125-1131, 2006.
- [68] M. A. Walker, «Controlling Pierce's disease with molecular and classical breeding», en *European conference on Xylella fastidiosa: finding answers to a global problem*, UIB, 2017.
- [69] S. Riaz, K. Huerta-Acosta, A. . Tenschler, y M. A. Walker, «Genetic characterization of *Vitis* germplasm collected from the southwestern US and Mexico to expedite Pierce's disease-resistance breeding», *Theor Appl Genet*, vol. 131, pp. 1-14, 2018.
- [70] C. Agüero *et al.*, «Evaluation of tolerance to Pierce's disease and botrytis in transgenic plants of *Vitis vinifera* L. expressing the pear PGIP gene», *Mol. Plant Pathol.*, vol. 6, pp. 43-51, 2005.
- [71] M. Dutt *et al.*, «Transgenic rootstock protein transmission in grapevines», *Acta Hortic.*, vol. 738, pp. 749-754, 2007.
- [72] S. Chatterjee, N. Killiny, R. P. P. Almeida, y S. E. Lindow, «Role of cyclic di-GMP in *Xylella fastidiosa* biofilm formation, plant virulence, and insect transmission.», *Mol. Plant. Microbe. Interact.*, vol. 23, n.º 10, pp. 1356-1363, 2010.
- [73] S. Lindow, K. Newman, S. Chatterjee, C. Baccari, A. T. Iavarone, y M. Ionescu, «Production of *Xylella fastidiosa* Diffusible Signal Factor in Transgenic Grape Causes Pathogen Confusion and Reduction in Severity of Pierce's Disease», *Mol. Plant-Microbe Interact.*, vol. 27, n.º 3, pp. 244-254, 2014.
- [74] D. C. Stenger, D. W. Ramming, y E. E. Rogers, «Can Pierce's disease PdR1 resistance introgressed into *Vitis vinifera* be translocated from a resistant rootstock to a susceptible scion?», en *CDFA Pierce's Disease Control Program Research Symposium*, 2012, pp. 193-196.
- [75] C. Casado, «Una firma alemana desarrolla un producto efectivo contra la *Xylella*», *La opinión de Malaga*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.laopiniondemalaga.es/municipios/2018/05/06/firma-alemana-desarrolla-producto-efectivo/1004967.html>.
- [76] N. Cioffi *et al.*, «Copper nanoparticle/polymer composites with antifungal and bacteriostatic properties», *Chem. Mater.*, vol. 17, pp. 5255-5262, 2005.
- [77] I. Sondi y B. Salopek-Sondi, «Silver nanoparticles as antimicrobial agent: A case study on *E. coli* as a model for Gram-negative bacteria», *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 275, pp. 177-182, 2004.
- [78] J. R. Morones *et al.*, «The bactericidal effect of silver nanoparticles», *Nanotechnology*, vol. 16, pp. 2346-2353, 2005.
- [79] A. J. Simpson *et al.*, «The genome sequence of the plant pathogen *Xylella fastidiosa*. The *Xylella fastidiosa* Consortium of the Organization for Nucleotide Sequencing and Analysis», *Nature*, vol. 406, pp. 151-157, 2000.
- [80] N. Killiny, R. H. Martinez, C. K. Dumenyo, D. a Cooksey, y R. P. P. Almeida, «The exopolysaccharide of *Xylella fastidiosa* is essential for biofilm formation,

Referencias

- plant virulence, and vector transmission.», *Mol. Plant. Microbe. Interact.*, vol. 26, pp. 1044-1053, 2013.
- [81] S. Zhang, P. K. Chakrabarty, L. A. Fleites, P. A. Rayside, D. L. Hopkins, y D. W. Gabriel, «Three new pierce's disease pathogenicity effectors identified using *Xylella fastidiosa* biocontrol strain EB92-1», *PLoS One*, vol. 10, n.º 7, pp. 1-17, 2015.
- [82] B. K. Pierce y B. C. Kirkpatrick, «The PhoP/Q two-component regulatory system is essential for *Xylella fastidiosa* survival in *Vitis vinifera* grapevines», *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, vol. 89, pp. 55-61, 2015.
- [83] L. P. Burbank y D. Stenger, «A temperature-independent cold-shock protein homolog acts as a virulence factor in *Xylella fastidiosa*.», *Mol. Plant. Microbe. Interact.*, vol. 29, n.º 5, pp. 335-344, 2016.
- [84] R. Nascimento *et al.*, «The Type II Secreted Lipase/Esterase LesA is a Key Virulence Factor Required for *Xylella fastidiosa* Pathogenesis in Grapevines», *Sci. Rep.*, vol. 6, n.º June 2015, pp. 1-17, 2016.
- [85] F. Labroussaa, M. Ionescu, A. R. Zeilinger, S. E. Lindow, y R. P. P. Almeida, «A chitinase is required for *Xylella fastidiosa* colonization of its insect and plant hosts», *Microbiol. (United Kingdom)*, vol. 163, n.º 4, pp. 502-509, 2017.
- [86] H. Feil, W. S. Feil, y S. E. Lindow, «Contribution of Fimbrial and Afimbrial Adhesins of *Xylella fastidiosa* to Attachment to Surfaces and Virulence to Grape», *Phytopathology*, vol. 97, n.º 3, p. 318, 2007.
- [87] J. D. Reddy, S. L. Reddy, D. L. Hopkins, y D. W. Gabriel, «TolC is Required for Pathogenicity of *Xylella fastidiosa* in *Vitis vinifera* Grapevines», *Mol. Plant-Microbe Interact.*, vol. 20, n.º 4, pp. 403-410, 2007.
- [88] L. Cursino, Y. Li, P. A. Zaini, L. De La Fuente, H. C. Hoch, y T. J. Burr, «Twitching motility and biofilm formation are associated with tonB1 in *Xylella fastidiosa*», *FEMS Microbiol. Lett.*, vol. 299, n.º 2, pp. 193-199, 2009.
- [89] L. Cursino *et al.*, «Identification of an operon, Pil-Chp, that controls twitching motility and virulence in *Xylella fastidiosa*.», *Mol. Plant. Microbe. Interact.*, vol. 24, n.º 10, pp. 1198-206, 2011.
- [90] R. P. P. Almeida, N. Killiny, K. L. Newman, S. Chatterjee, M. Ionescu, y S. E. Lindow, «Contribution of *rpfB* to Cell-to-Cell Signal Synthesis, Virulence, and Vector Transmission of *Xylella fastidiosa*», *Mol. Plant-Microbe Interact.*, vol. 25, n.º 4, pp. 453-462, 2012.
- [91] Conselleria de medi ambient, agricultura i pesca, «Se presentan los invernaderos de investigación sobre el comportamiento de *Xylella*.», 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.caib.es/pidip2front/jsp/es/ficha-noticia/strongse-presentan-los-invernaderos-experimentales-de-investigacioacuten-sobre-el-comportamiento-de-la-xylella-strong-nbsp>.
- [92] P. J. Toledo, «EL mosquito verde (*Empoasca spp.*)», en *Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada*, S. G. Barrios, R. R. Coscollá, E. A. Lucas, C. J. Pérez de obanos, y M. J. Pérez, Eds. 2004, pp. 68-71.
- [93] M. Á. Miranda, A. Marqués Prieto, y M. A. Tugores Capó, «Detecció , identificació i control dels mosquits verds , *Empoasca vitis* i *Jacobiasca lybica*

Referencias

- (*Hemiptera* ; *Cicadellidae*), d ' importància econòmica al cultiu de la vinya a Mallorca Informe Final Decembre 2016 Índex», *Univ. les Illes Balears*, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.caib.es/sites/sanitatvegetal/ca/inici-1542/?campa=yes>.
- [94] D. Decante y M. van Helden, «Population ecology of *Empoasca vitis* (Göthe) and *Scaphoideus titanus* (Ball) in Bordeaux vineyards: Influence of migration and landscape», *Crop Prot.*, vol. 25, n.º 7, pp. 696-704, 2006.
- [95] F. Pavan y P. Picotti, «Influence of grapevine cultivars on the leafhopper *Empoasca vitis* and its egg parasitoids», *BioControl*, vol. 54, n.º 1, pp. 55-63, 2009.
- [96] P. Zanolli y F. Pavan, «Autumnal emergence of *Anagrus* wasps, egg parasitoids of *Empoasca vitis*, from grapevine leaves and their migration towards brambles», *Agric. For. Entomol.*, vol. 13, n.º 4, pp. 423-433, 2011.
- [97] A. Reineke y M. Hauck, «Larval development of *Empoasca vitis* and *Edwardsiana rosae* (Homoptera: *Cicadellidae*) at different temperatures on grapevine leaves», *J. Appl. Entomol.*, vol. 136, n.º 9, pp. 656-664, 2012.
- [98] M. Candolfi, M. Jermini, E. Carrera, y M. Candolfi-Vasconcelos, «Grapevine leaf gas exchange, plant growth, yield, fruit quality and carbohydrate reserves influenced by the grape leafhopper, *Empoasca vitis*», *Entomol. Exp. Appl.*, vol. 69, n.º 3, pp. 289-296, 1993.
- [99] M. A. Altieri y C. I. Nicholls, «The simplification of traditional vineyard based agroforests in northwestern Portugal: Some ecological implications», *Agrofor. Syst.*, vol. 56, pp. 185-191, 2002.
- [100] D. Fornasiero, C. Duso, A. Pozzebon, D. Tomasi, F. Gaiotti, y F. Pavan, «Effects of Irrigation on the Seasonal Abundance of *Empoasca vitis* in North-Italian Vineyards», *J. Econ. Entomol.*, vol. 105, n.º 1, pp. 176-185, 2012.
- [101] X. M. Cai, X. X. Xu, L. Bian, Z. X. Luo, Z. J. Xin, y Z. M. Chen, «Attractiveness of host volatiles combined with background visual cues to the tea leafhopper, *Empoasca vitis*», *Entomol. Exp. Appl.*, vol. 157, pp. 291-299, 2015.
- [102] S. Van Timmeren, J. C. Wise, y R. Isaacs, «Soil application of neonicotinoid insecticides for control of insect pests in wine grape vineyards», *Pest Manag. Sci.*, vol. 68, n.º 4, pp. 537-542, 2012.
- [103] Y. Rondot y A. Reineke, «Endophytic *Beauveria bassiana* in grapevine *Vitis vinifera* (L.) reduces infestation with piercing-sucking insects», *Biol. Control*, vol. 116, pp. 82-89, 2018.

Referencias

Anexo I

Cuestionario dirigido al responsable de las infecciones de *X. fastidiosa* en plantas hospedadoras en invernaderos de biocontrol.

Nombre: **Eduardo Moralejo Rodríguez**

Título académico / cargo: **Biólogo**

¿Cuáles son los objetivos del experimento?

Screening de resistencia/ tolerancia de variedades de almendros, viñas, olivos y algunas plantas forestales hacia Xf. Estos resultados se compararán con observaciones de comportamiento de estas variedades en campo. Se debe tener en cuenta que en las Baleares hay un experimento evolutivo abierto que se inició hace 20 años. Todas las variedades de estas especies que se cultivan en las Baleares han estado expuestas al patógeno. Estas pruebas son muy preliminares.

¿Cuál es la fecha de inicio del experimento / primera inoculación?

Se iniciaron con algunas pruebas a finales del año pasado. El grueso se hará entre finales de mayo y junio de este año. El desarrollo de los síntomas se seguirá durante dos años

¿Qué subespecies de *X fastidiosa* han sido inoculadas?

Vamos a empezar con la subespecie *fastidiosa* ST1 en viña, almendro y forestales. Estamos pendientes de volver a obtener aislados de *Xf* subsp. *multiplex* para realizar las inoculaciones en olivos y almendros.

¿Qué especies vegetales han sido infectadas con la subespecie *fastidiosa*?

Vamos a probar con todas las especies antes indicadas menos los olivos. Hay que tener en cuenta que el almond leaf scorch disease, la enfermedad más importante en Mallorca, es causada por las subsp. *multiplex* y *fastidiosa*.

¿Cuáles son las variedades de *Vitis vinifera* usadas en el experimento?

Se han inoculado 19 variedades, algunas locales como Gorgassola, Callet, Manto negro, etc. y varias nacionales e internacionales como Cabernet Sauvignon, Tempranillo, Merlot, etc.

¿Qué variables se están midiendo?

No estamos midiendo ninguna variable. Todas las plantas tienen el mismo tratamiento, excepto que en algunas se van a utilizar una o dos subsp. de *Xf*. Se pretende forzar las plantas para que expresen síntomas en condiciones de estrés hídrico y medir la reacción en el tiempo en una escala simple de severidad (movimiento localizado vs. sistémico).

Anexo I

¿Se realiza, también, algún estudio para identificar vectores potenciales? En caso afirmativo, ¿cuáles son las especies seleccionadas?

Este estudio lo está realizando David Borràs. No se esperan sorpresas. Esperamos una situación parecida a la que encuentran los italianos en la región de Apulia. Dominancia de *Philaenus spumarius* como principal vector de transmisión entre plantas de almendros y acebuche, y probablemente como transmisor inter-específica entre viña, almendros, acebuches e higueras. Otros vectores como *Neophilaenus campestris* en principio tendrían un papel residual. Este verano, se tendrán resultados de pruebas de transmisión y de la demografía de las poblaciones de insectos vectores.

¿Se han obtenido ya resultados relevantes? En caso afirmativo, indicar la fuente. En caso opuesto, ¿para cuándo se espera obtener los primeros resultados?

De momento se sabe que las poblaciones de *P. spumarius* en los campos de las Baleares son suficientes densas para explicar la alta incidencia en almendros, acebuches, viña e higueras. Los primeros resultados se esperan a finales de este año.

