

Encuentro Internacional Phytoma-España. El Olivar: Retos de la Sanidad Vegetal e Innovación Tecnológica. Jaén, 8-10, 2017

Nuevas perspectivas en la taxonomía, variabilidad y ecología de *Verticillium* y sus implicaciones en el control de las Verticilosis

Rafael Manuel Jiménez Díaz
Catedrático Emérito de Patología Vegetal

<http://www.ias.csic.es/rmjimenez/>



Real Academia de
Doctores de España



Inst. Agric. Sostenible



Universidad de Córdoba



Real Academia de Córdoba

Nuevas perspectivas en la taxonomía, variabilidad y ecología de *Verticillium* y sus implicaciones en el control de las Verticilosis

Índice

- **Introducción**
- **Innovaciones taxonómicas en *Verticillium***
 - * ***Verticillium dahliae***
 - **Biología y ecología**
 - **Variación genética y patogénica**
- **Consideraciones finales**

Introducción: naturaleza de las Verticilosis

- **Agentes causales:** reducido número de hongos mitosporicos del género *Verticillium* (*Plectosphaerellaceae*, Ascomicetos) habitantes del xilema vegetal durante la fase patogénica
- **Distribución mundial en zonas templadas, salvo trópicos y subtrópicos**
- **Paradigma de enfermedades importantes:** número y diversidad de plantas susceptibles (3×10^9 € en los 20 cultivos más afectados; Depotter et al. 2016. Mol. Plant Pathol. 17.)
- **Emergencias de nuevas enfermedades:** ej., Verticilosis de la coliflor, colza, lechuga, pimiento
- **Complejos sintomatológicos inespecíficos asociados a estrés hídrico por disfunción del xilema**

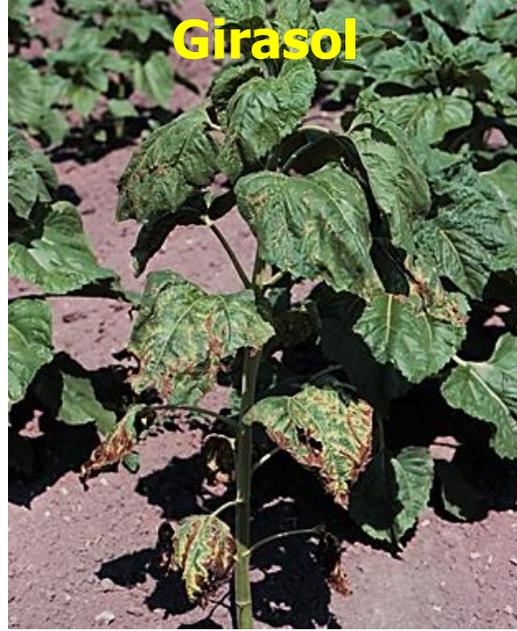


Introducción: sintomatología de las Verticilosis (¿flacidez?)

Berenjena



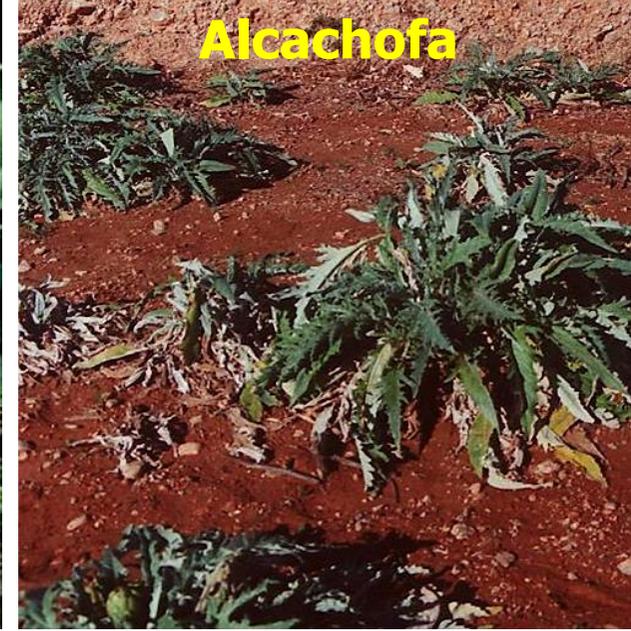
Girasol



Algodón



Alcachofa



Menta



Lechuga



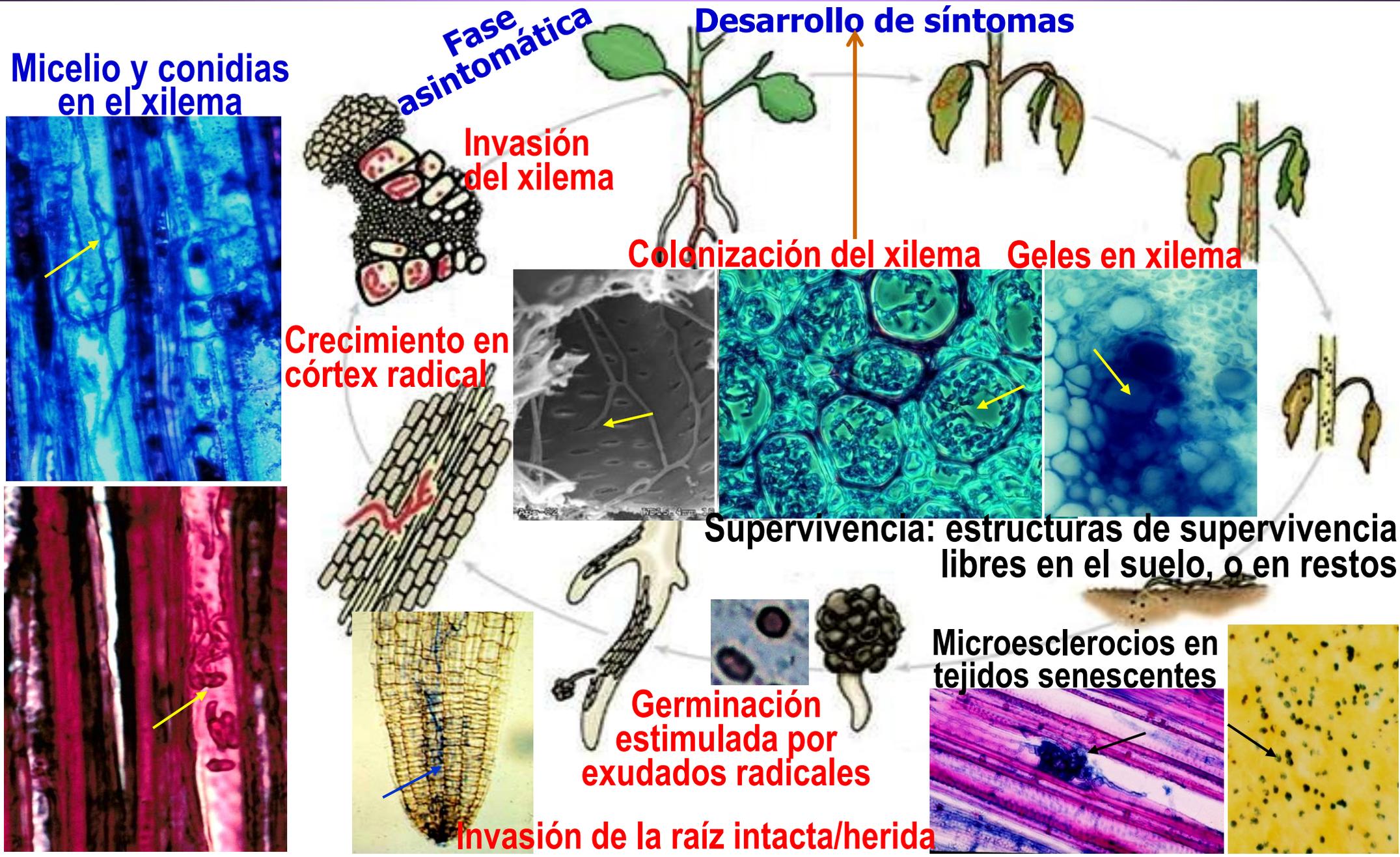
Alfalfa



Colza



Introducción: complejidad en la patogénesis de las Verticilosis. I



Introducción: complejidad en la patogénesis de las Verticilosis. II y necesidad de estrategias de *gestión integrada* para su control

- **Gran número de plantas susceptibles**
- **Diversidad genética y patogénica en las poblaciones de los patógenos**
- **Versatilidad de medios de dispersión entre y dentro de los cultivos**
 - * ***Evaluación de riesgos y elección del lugar de plantación***
 - * ***Utilización de material vegetal certificado libre de infección***
 - * ***Reducción del inóculo primario en el suelo infestado***
 - * ***Protección del material de plantación sano de la infección por el inóculo residual o aportado por los medios de dispersión***
 - * ***Uso de cultivares o patrones resistentes***
 - * ***Prácticas de cultivo que minimicen el incremento de la población del patógeno en el suelo y las condiciones favorables para la infección***

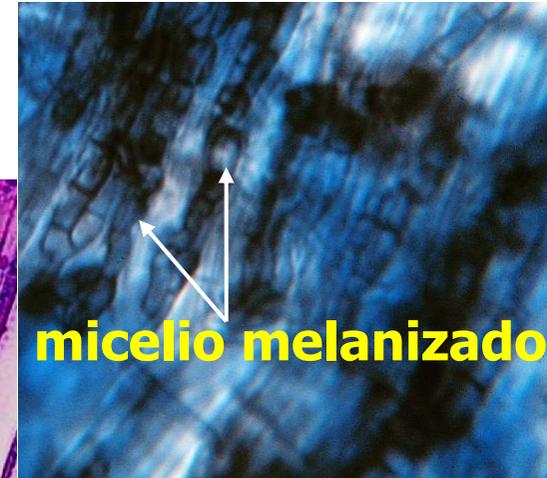
Nuevas perspectivas en la taxonomía, variabilidad y ecología de *Verticillium* y sus implicaciones en el control de las Verticilosis

Índice

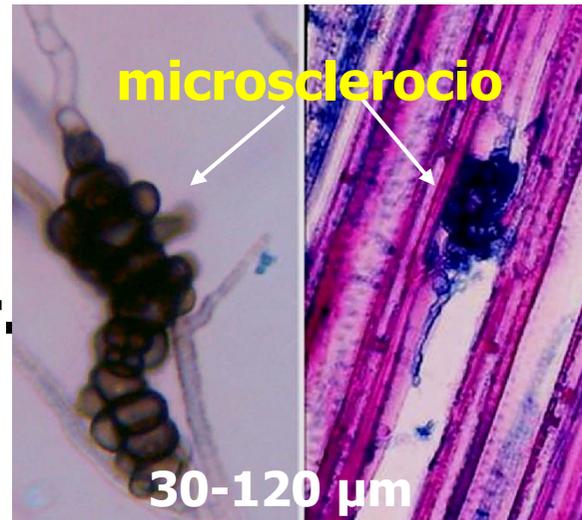
- Introducción
- **Innovaciones taxonómicas en *Verticillium***
 - * *Verticillium dahliae*
 - Biología y ecología
 - Variación genética y patogénica
- Consideraciones finales

Taxonomía de *Verticillium* spp. basada en las estructuras especializadas de supervivencia

- *Verticillium albo-atrum* : micelio melanizado y toruloso

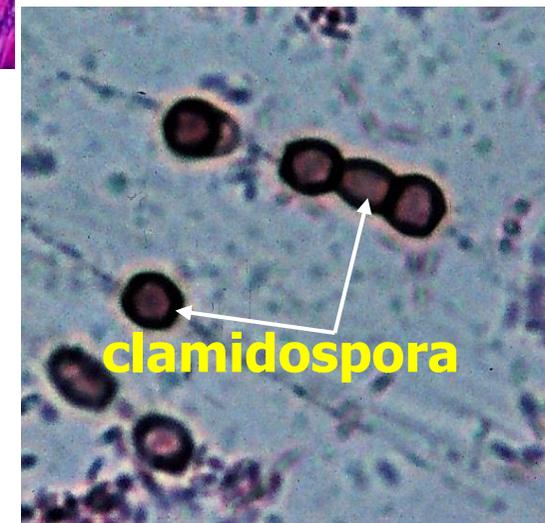


- *V. dahliae* : microsclerocio

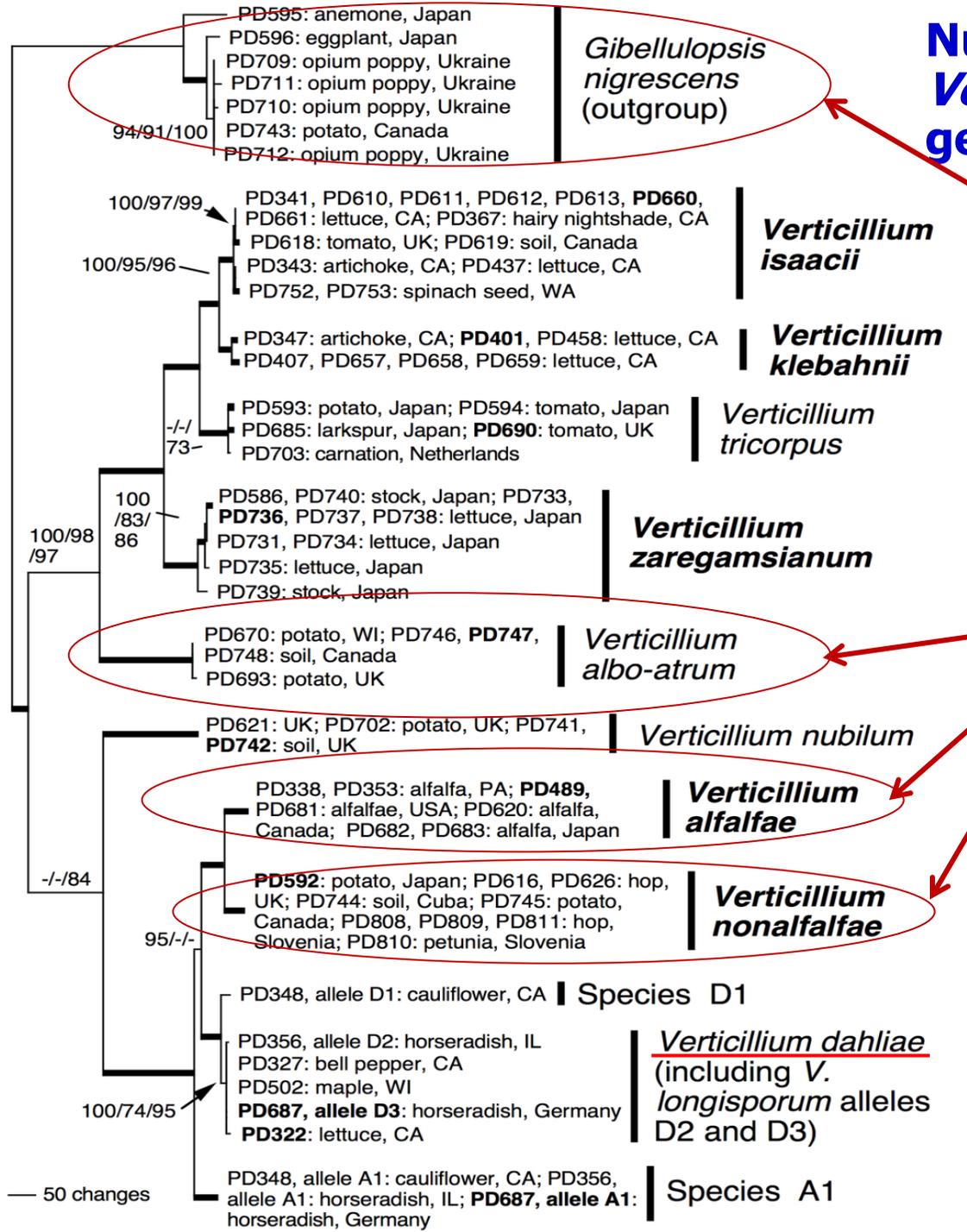


- *V. longisporum* [*V. dahliae* var. *longisporum*]: microsclerocio

- *V. tricorpus*: clamidospora, microsclerocio, micelio melanizado y toruloso



- *V. nubilum* : clamidospora (también formadas por *V. nigrescens* = *Gibellulopsis nigrescens*)



Nueva filogenia y taxonomía en *Verticillium* (concordancia de genealogías génicas: ACT, EF, GPD y TS)
 (Inderbitzin et al. 2011. PLoS ONE 6: e28341)

*Antiguo *Verticillium nigrescens*

*Tres nuevas especies: *V. isaacii* y *V. klebahnii* (morfológicamente indistinguibles de *Verticillium tricorpus*) y *V. zaregamsianum*

*Antigua *Verticillium albo-atrum*

*Dos nuevas especies: *V. alfalfae*, *V. nonalfalfae* (morfológicamente indistinguibles entre si)

**Verticillium longisporum*. Híbrido diploide en tres eventos evolutivos (A1/D1, A1/D2, A1/D3) de 4 parentales en 3 especies: dos especies desconocidas de *Verticillium* (A1; D1) y dos linajes de *V. dahliae* (D2, D3)

Nueva taxonomía en *Verticillium* y estructuras de supervivencia

(Inderbitzin et al. 2011: PLoS ONE 6 (12): e28341)

Verticillium albo-atrum



V. alfalfae



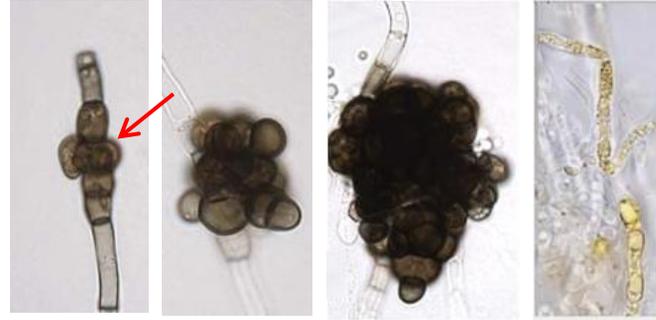
V. nonalfalfae



V. dahliae



Verticillium zaregamsianum



Verticillium nubilum



Verticillium tricorpus, *V. isaacii*, *V. klebahnii*



Verticillium longisporum

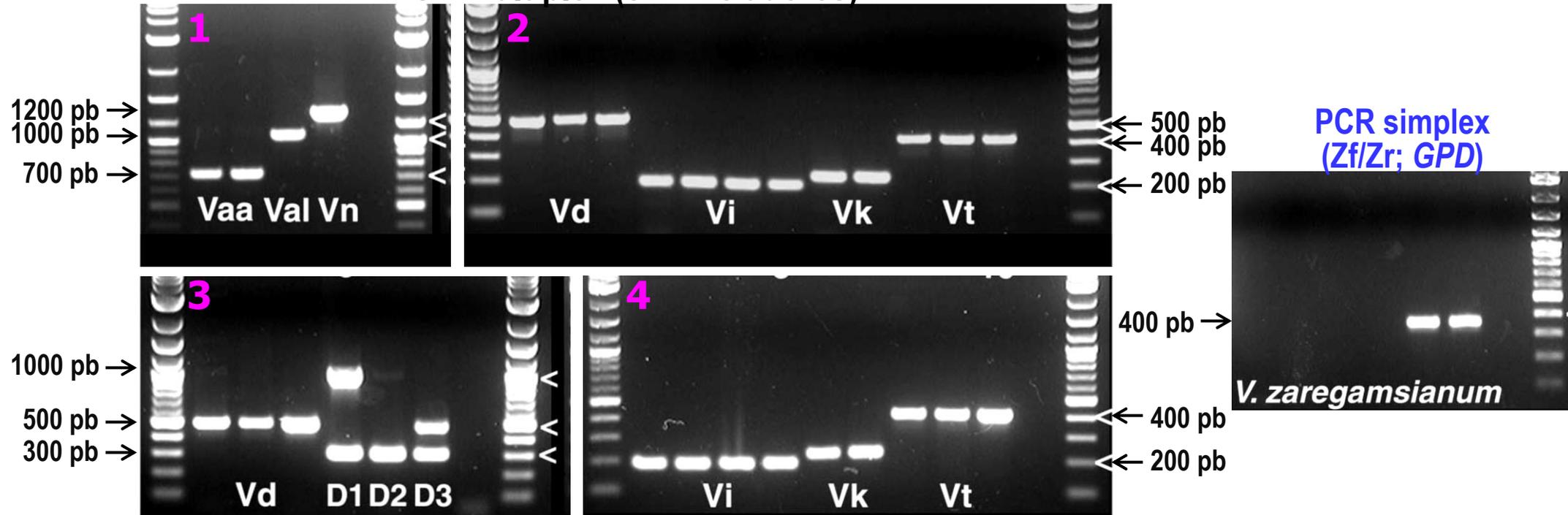


Cambios taxonómicos, especies crípticas (*) y patogenicidad en *Verticillium*

Nombre anterior	Nombre actual	Patogenicidad
<i>Verticillium albo-atrum</i>	<i>V. albo-atrum</i>	Patata
	<i>V. alfalfae</i> *	Alfalfa
	<i>V. nonalfalfae</i> *	Algodón, espinaca, lúpulo...
<i>Verticillium dahliae</i>	<i>V. dahliae</i>	Numerosas plantas
<i>Verticillium longisporum</i>	<i>Verticillium longisporum</i>	Brassicaceae (- brócoli)
<i>Verticillium nubilum</i>	<i>V. nubilum</i>	No patogénica
<i>Verticillium tricorpus</i>	<i>V. tricorpus</i> *	Lechuga y tomate
	<i>V. isaacii</i> *	No patogénica
	<i>V. klebahnii</i> *	Alcachofa y lechuga
	<i>V. zaregamsianum</i>	Alcachofa y lechuga

Identificación y diferenciación de *Verticillium* spp. y de linajes de *V. longisporum* mediante PCR simplex (11 ensayos) y multiplex (4 ensayos)

PCR multiplex (5-7 iniciadores)



1. Ensayo PCR Multiplex para *Verticillium albo-atrum*; *V. alfalfae*; y *V. nonalfalfae*
2. Ensayo PCR Multiplex para *Verticillium dahliae*; *V. isaacii*; *V. klebahnii*; y *V. tricorpus*
3. Ensayo PCR Multiplex para *Verticillium dahliae*; y los linajes A/D1, A/D2 y A/D3 de *V. longisporum*
4. Ensayo PCR Multiplex para *Verticillium isaacii*; *V. klebahnii*; y *V. tricorpus*

Nuevas perspectivas en la taxonomía, variabilidad y ecología de *Verticillium* y sus implicaciones en el control de las Verticilosis

Índice

- Introducción
- Innovaciones taxonómicas en *Verticillium*
- * *Verticillium dahliae*
 - **Biología y ecología**
 - Variabilidad genética y patogénica
- Consideraciones finales

Verticillium dahliae: agente causal de la Verticilosis en olivo

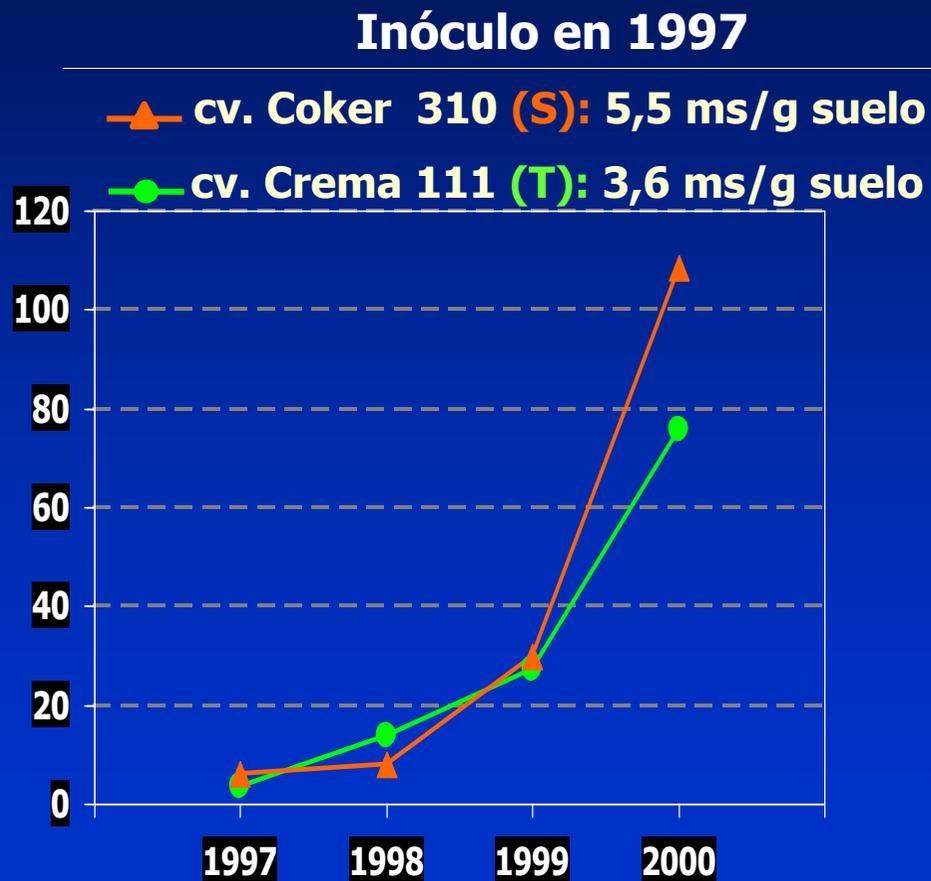
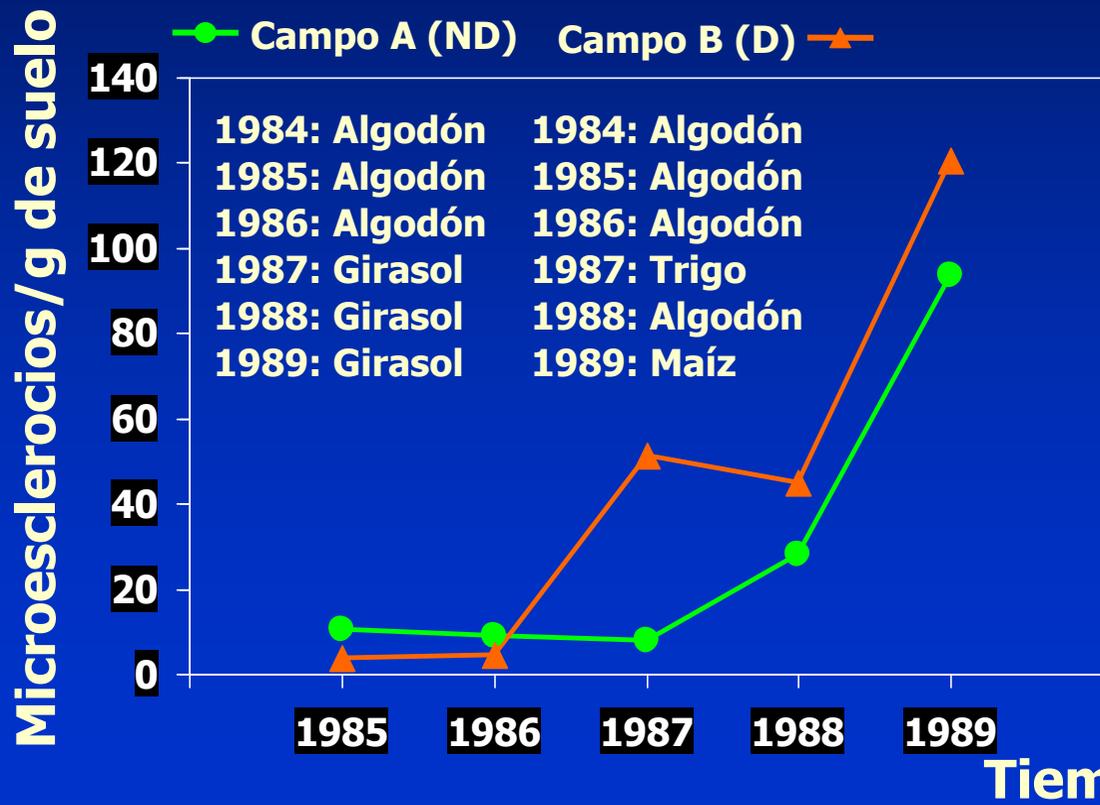
- Reproducción asexual, heterotálico (*MAT1-1*, *MAT1-2*)
- Necrotrofo obligado, supervivencia en suelo >10 años (microesclerocios libres o en restos de tejidos enfermos)
- Genoma de 8 cromosomas y 35 Mb, rico en transposones
- Flexibilidad genética para la adaptación rápida a otros huéspedes (http://www.broadinstitute.org/annotation/genome/verticillium_dahliae/MultiHome.html)
- **Patogenicidad inespecífica y virulencia adaptativa** en >400 plantas: **hortícolas** (alcachofa, berenjena, lechuga, patata, sandía, etc.), **frutales** (almendro, melocotonero, olivo, pistacho, etc.), **industriales** (algodón, girasol, etc.), **ornamentales** (arce, crisantemo, rosas), y **malas hierbas mono o dicotiledóneas** (sintomáticas o no)



Enfermedades monocíclicas: incremento del inóculo de *V. dahliae* en rotaciones de cultivos susceptibles (o tolerantes)

Patata: 90.000 microescl. /tallo (Slattery, R. J. 1981. Amer. Potato J.. 58)

Algodón 'Acala SJ-2': incremento de 13-15 microesclerocios /g suelo/año
(Huisman y Ashworth. 1976. Phytopathology 66)



Incremento de inóculo del patotipo D de *Verticillium dahliae* por las hojas caídas de olivos infectados

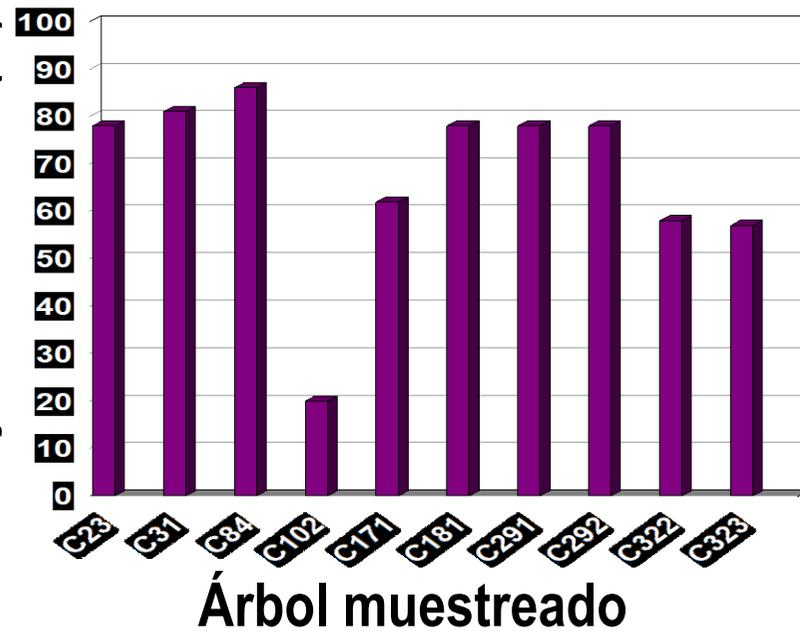
(Jiménez Díaz y Rodríguez Jurado, no publicado)



Nº de hojas caídas/mes



Hojas infectadas (%)



Infección asintomática por *Verticillium dahliae* de plantas consideradas no huésped muestreadas en campo

Observaciones

Microesclerocios en restos de cultivos sobre el suelo

Aislamiento de tallos de malas hierbas

Planta

Avena

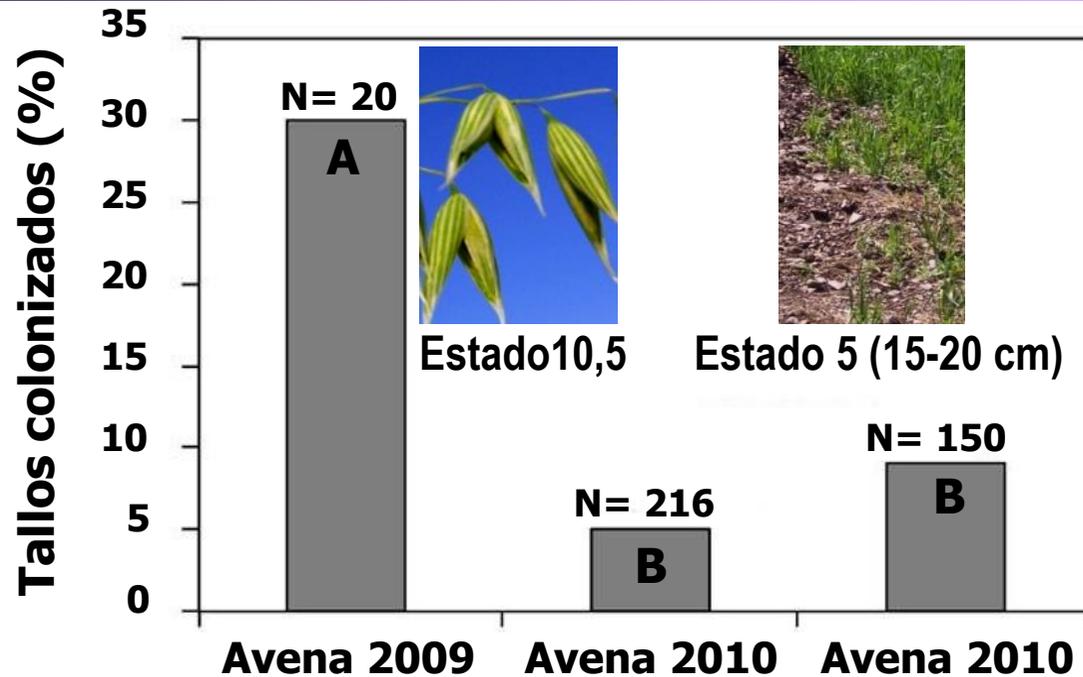
Cebada

Pasto del Sudán

Trigo

Chenopodium album
Convolvulus arvensis
Lamium amplexicaule
Malva sylvestris
Medicago hispida
Sinapis arvensis
Solanum nigrum

Infección sistémica asintomática por *Verticillium dahliae* en avena de rotaciones (2 años) con cultivos de patata con elevada (A) o baja (B) incidencia de Verticilosis el año anterior



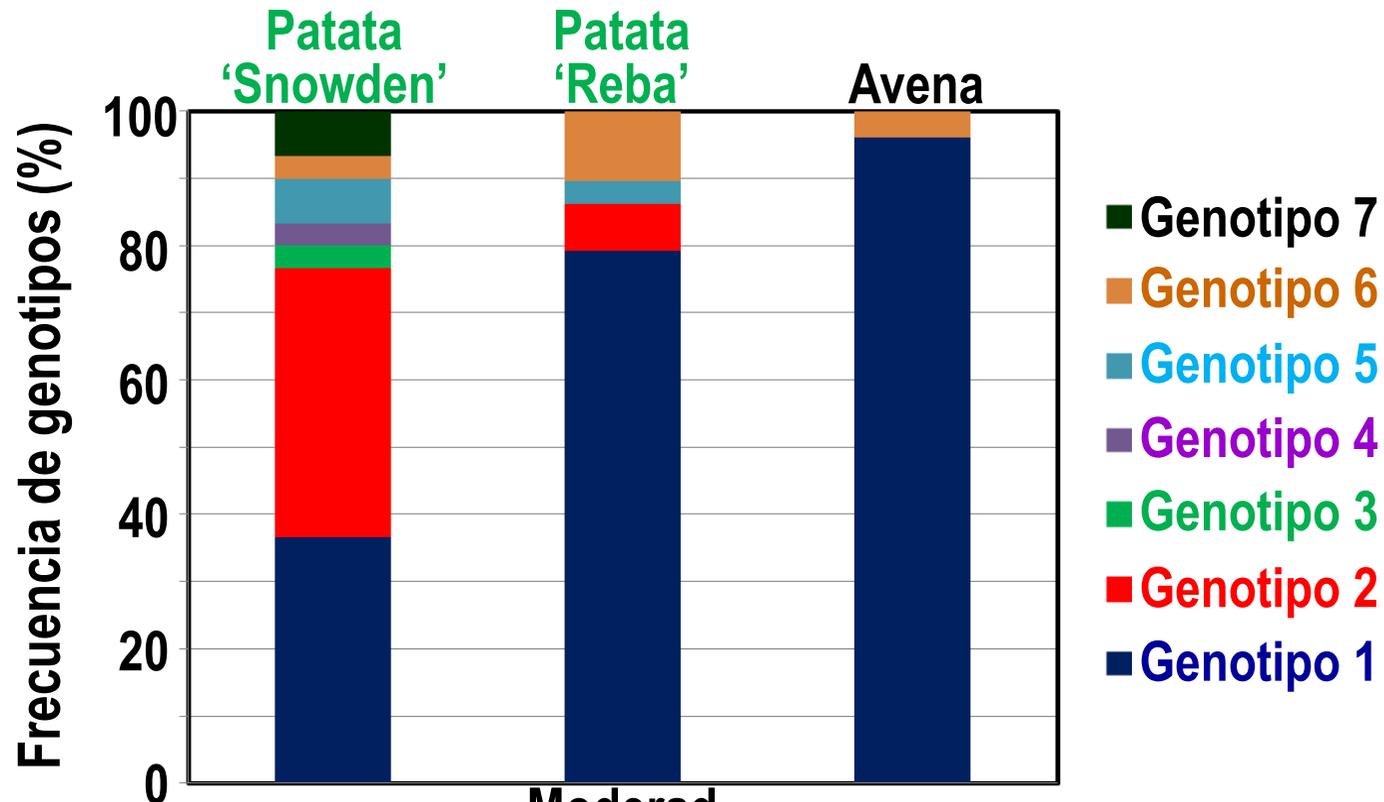
Verticilosis de patata



Cultivo de avena

- *V. dahliae* es endofito en avena, que a su vez es un huésped asintomático del patógeno (vs huésped sintomático y verdadero no huésped)
- Una densidad recomendada de 3×10^6 plantas avena ha^{-1} e incidencia de infección de 5-30% significaría 150.000-900.000 plantas ha^{-1} colonizadas por *V. dahliae*

Diversidad genotípica en *Verticillium dahliae* que infecta huéspedes asintomáticos (avena) o sintomáticos (patata) determinada mediante análisis de microsatélites

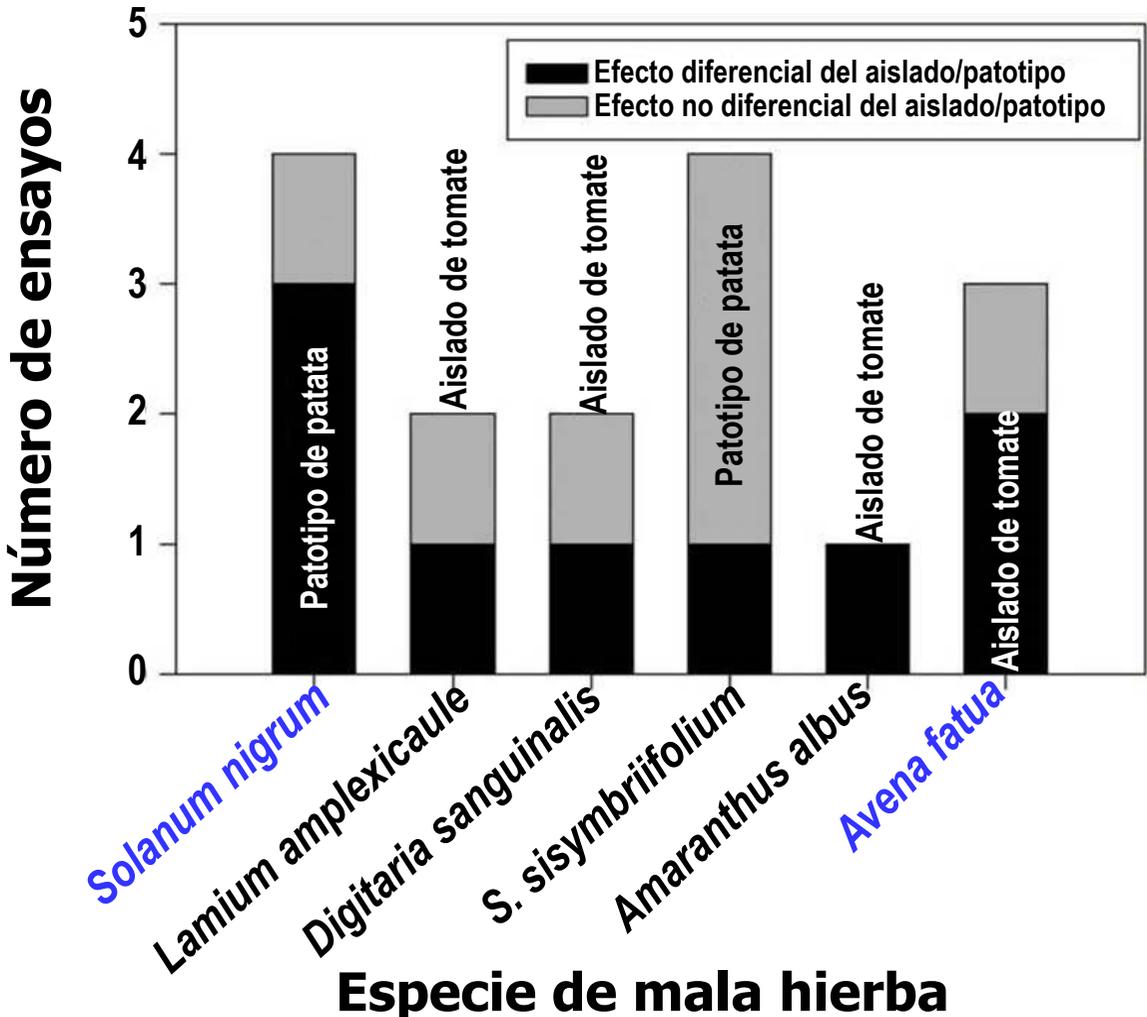


Reacción a la Verticilosis	Susceptible	Moderad. resistente	Asintomática
N	30	29	26
Nº de genotipos	7	4	2
Índice de Shannon	1,434	0,717	0,161

Infección de malas hierbas mono y dicotiledóneas por estirpes de *V. dahliae* con adaptación específica a patata (1ª columna) o aislada de tomate (Frederick et al. 2017. Plant Dis.)

<u>Nombre científico</u>	<u>Nombre común</u>	<u>Ensayos</u>	<u>Microesclerocios</u>	<u>/g tejido</u>	
<i>Avena fatua</i>	Avena loca	3	30,9	106,7	
<i>Bromus tectorum</i>	Bromo	2	25,6	22,5	
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Pata de gallina	2	0,9	10,9	
<i>Echinochloa crusgalli</i>	Cebollera	2	8,7	1,0	
<i>Poa annua</i>	Poa	2	3,2	9,6	
<i>Setaria viridis</i>	Pegallosa	2	0,6 (\bar{X} = 11,6)	6,9 (\bar{X} = 26,3)	
<i>Amaranthus powelli</i>	Bledo	2	11,8	1,9	
<i>Amaranthus albus</i>	Bledo	1	29,2	12,3	
<i>Chenopodium album</i>	Cenizo	2	0,5	34,9	
<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja	2	2,3 (\bar{X} = 10,9)	1,0 (\bar{X} = 12,5)	
<i>Solanum dulcamara</i>	Dulcamara	2	5,6	1,8	
<i>Solanum melongena</i>	Berenjena	3	14,1	27,6	
<i>Solanum nigrum</i>	Tomatito	4	26,9	9,2	
<i>Solanum physalifolium</i>	Tomatito piloso	2	79,3 (\bar{X} = 31,5)	252,3 (\bar{X} = 72,7)	
<i>Solanum tuberosum</i>	Patata	2	186,5	29,1	

Efecto diferencial en la infección de malas hierbas por estirpes de *V. dahliae* de diferente virulencia (aislado de tomate y patotipo de patata) indicada por el nº de ensayos en que una estirpe formó mayor número de microesclerocios en una planta que ninguna otra de ocho estirpes



Significación de la infección de huéspedes asintomáticos (endofita) por *Verticillium dahliae*

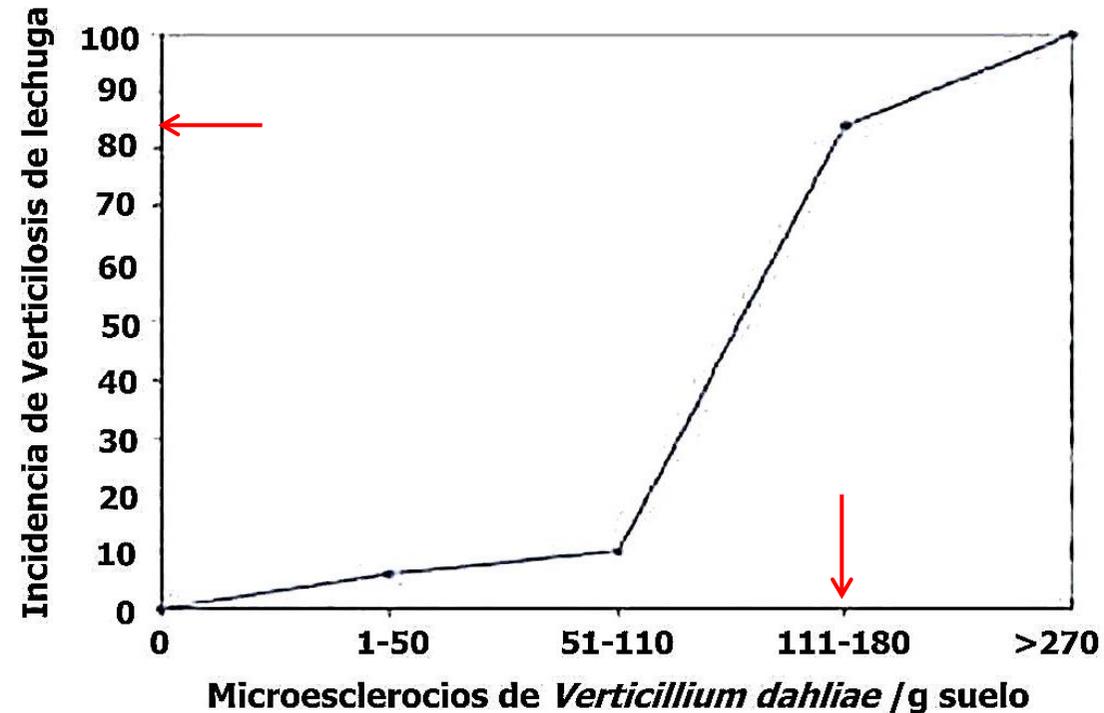
- **Potencia la supervivencia del patógeno en ausencia de cultivos susceptibles**
- **Incrementa el inóculo del patógeno entre cultivos**
- **Reservorio de diversidad genética del patógeno**
- **Propicia cambios en la frecuencia de genotipos del patógeno de superior virulencia**
- **Influye sobre la eficiencia de las rotaciones con huéspedes asintomáticos**
- **Determina que el control de las Verticilosis deba incluir acciones para reducir las infestaciones de malas hierbas**

Frederick et al. 2017. [Susceptibility of weedy hostsof *Verticillium dahliae*](#). Plant Dis.; Linde et al. 2016. [Weedy hosts, as ancillary hosts, pose disproportionate risk for virulent pathogen transfer to crops](#). BMCEvol. Biol. 16. Malcolm et al. 2013. [Hidden host plant associations of soilborne fungal pathogens....](#) Phytopathology 103.

Gestión integrada de las Verticilosis: evaluación de riesgos e influencia del patosistema en la relación Densidad inóculo (DI)- Incidencia de enfermedad (IE)

Cultivo	DI (ms g ⁻¹ suelo)	IE (%)
Tomate	2	100
Fresa	2	100
Coliflor	10	50
Olivo ('Picual')	10	64
Alcachofa	15	100
Algodón ('Acala')	19	50
Algodón ('Coker')	9	65
	10	100

DI/IE en la Verticilosis de la lechuga



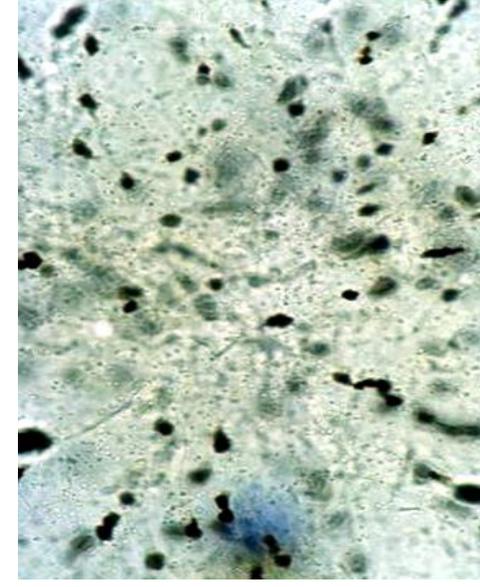
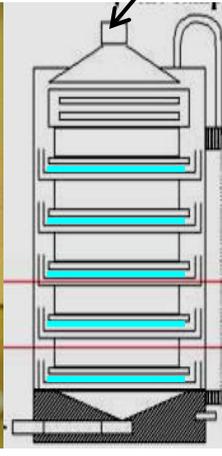
GI de las Verticilosis: protocolos microbiológicos para la evaluación de riesgo (DI) en suelo infestado por *V. dahliae*

Tamizado húmedo

Suspensión Tamizado



Tamizado seco
Andersen



V. dahliae



V. zaregamsianum



V. longisporum



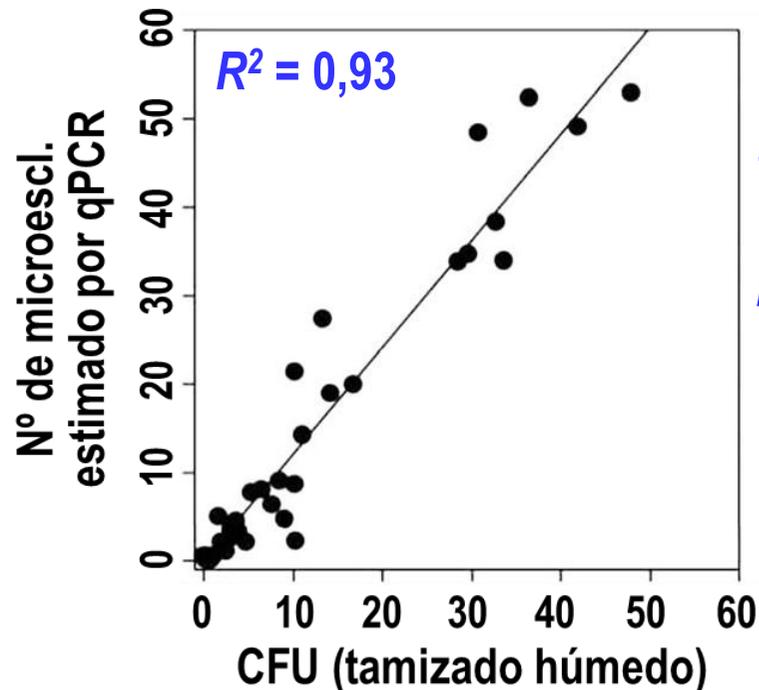
V. tricorpus, *V. isaacii*, *V. klebahnii*



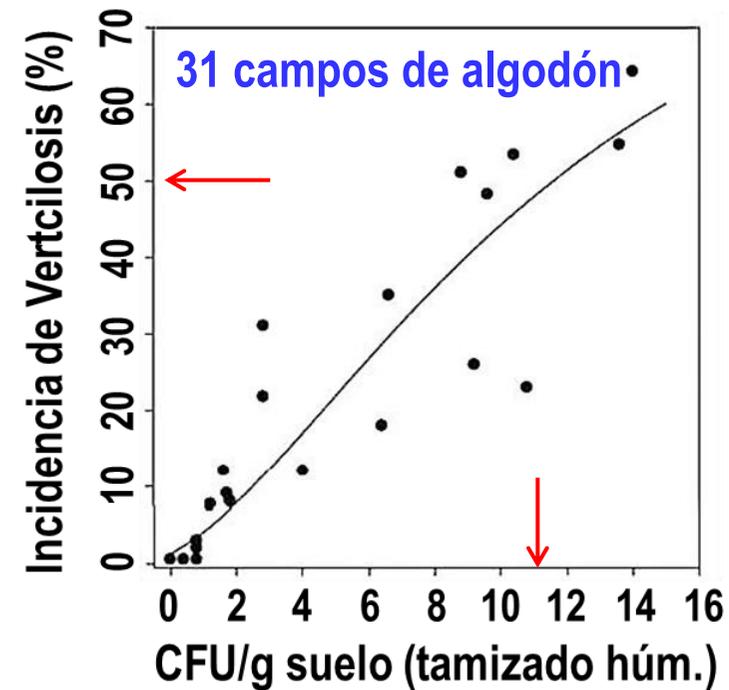
La existencia de 6 especies de *Verticillium* que forman microclerocios requiere experiencia para evitar confusiones en la identificación de las colonias y estimaciones inexactas (Termorshuizen et al. 1998. Appl. Environ. Microbiol. 64; Inderbitzin et al. 2013. PLoS One 8 (6))

GI de las Verticilosis: protocolos qPCR para la evaluación de riesgo (DI) mediante cuantificación de *V. dahliae* en el suelo

- Centrifugación de suelo en solución de sacarosa y SYBR Green rt qPCR (sensibilidad: 0,1 a 0,5 ms/g suelo) ($R^2 = 0,78$ con DI por tamizado húmedo) (Debode et al. 2011. Plant Dis. 95.)
- Extracción de ADN total y TaqMan rt qPCR (sensibilidad: 2 ms/g suelo) ($R^2 = 0,96$ con DI por tamizado seco) (Bilodeau et al. 2012. Phytopathology 102.)
- Combinación de tamizado húmedo y SYBR Green rt qPCR (sensibilidad: 0,5 ms/g suelo) (Wei et al. 2015. Phytopathology 105.)



• Umbral (probabilidad infección 50%): 4,0/ 7,0 UFC /g suelo (cvs. susceptibles/ resistentes)



Cvs. Resistentes: la medida individual de control más práctica para la GI de las Verticilosis, cuya eficiencia es comprometida por la estructura y variación en las poblaciones de *V. dahliae*

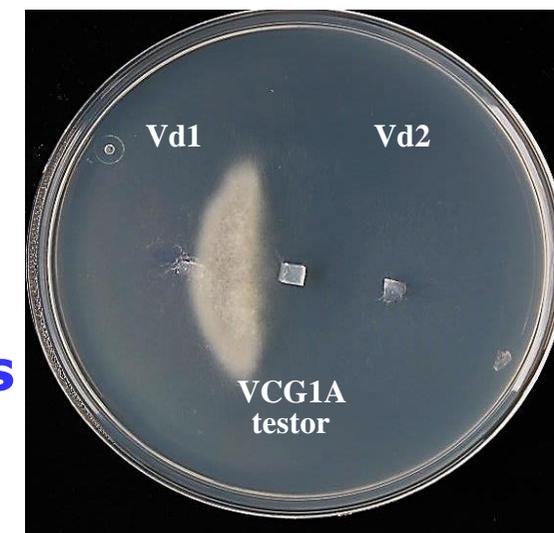
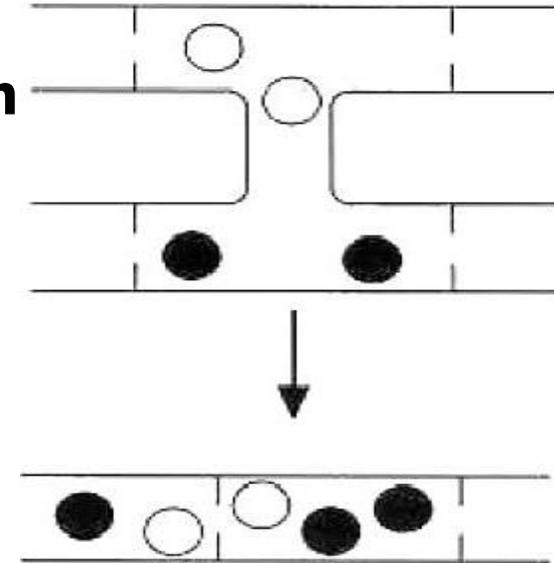
Índice

- **Introducción**
- **Innovaciones taxonómicas en *Verticillium***
- * ***Verticillium dahliae***
 - **Biología y ecología**
 - **Variación genética y patogénica**
- **Consideraciones finales**

Clonalidad en las poblaciones de *Verticillium dahliae*.

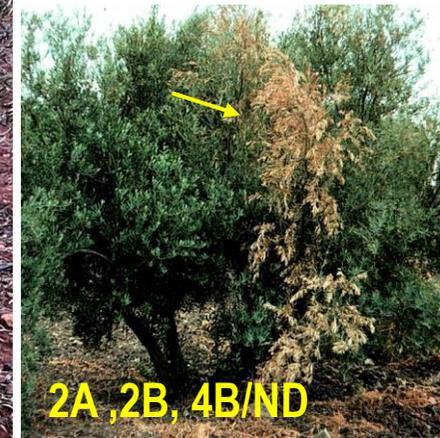
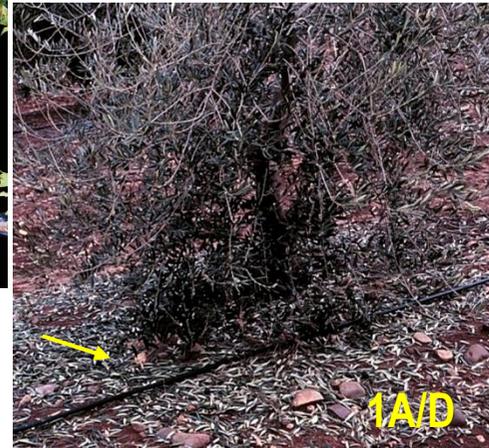
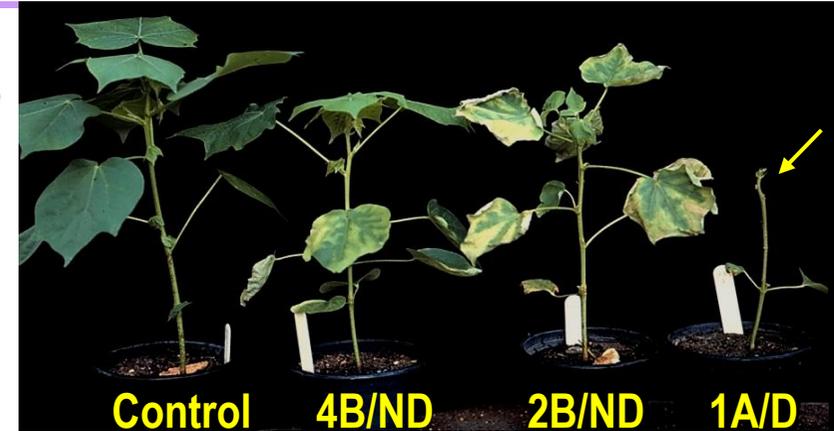
Compatibilidad somática

- Poblaciones estructuradas en Grupos de Compatibilidad Vegetativa (VCGs) (anastomosis hifal y formación de heterocariontes estables regulada por homocigosis en uno de 6-15 loci dialélicos *het*)
- VCGs: linajes clonales establecidos por reproducción asexual a partir de un antepasado común y variación genética derivada de mutaciones y recombinación mitótica
- VCG1A, 1B, 2A, 2B, 3, 4A, 4B identificados primero, VCG5 infectando catalpa en Illinois; y VCG6 en pimiento en California en 2003 (Bhat et al. 2003. Plant Dis. 87)
- Concebidos como poblaciones genéticamente aisladas que pueden diferir en características ecológicas, fisiológicas y patológicas



Virulencia diferencial sobre huéspedes preferentes asociada con VCG en *Verticillium dahliae*

- VCG1A: **defoliante y muy virulento (patotipo D) (algodón, okra y olivo), o nodefoliante y virulento (alcachofa, lino, sandía..) o moderad. virulento (berenjena, girasol...)**
- VCG1B: moderadamente virulento, ND (algodón)
- VCG2A: virulento en tomate
- VCG2B: **muy virulento en alcachofa (España), menta (Washington, USA),....**
- VCG4A: **muy virulento en patata (USA)**
- VCG4B: moderadamente virulento en algodón, patata y menta



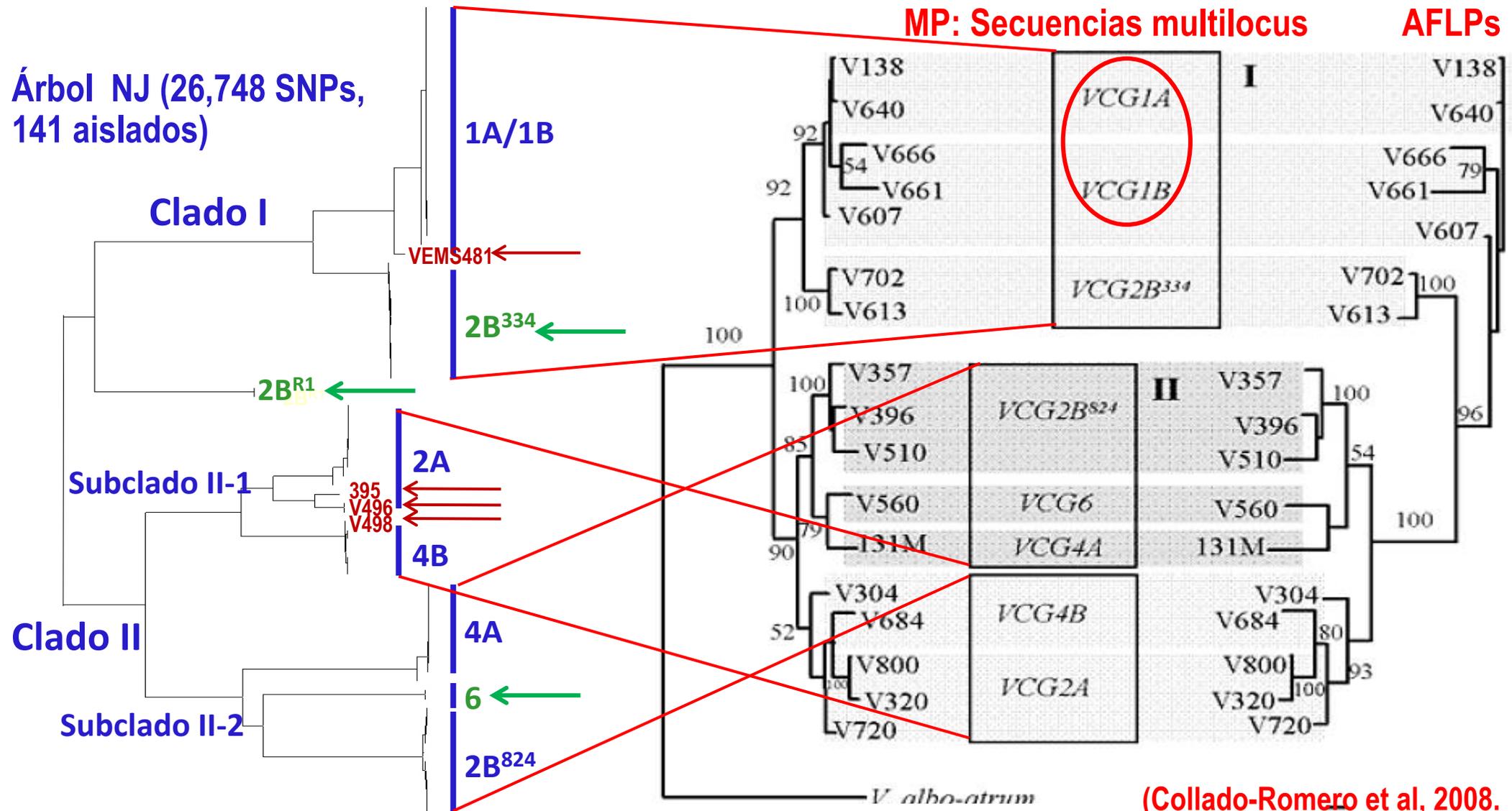
Auto-incomp.

VCG1A

VCG2B

Confirmación de clonalidad en *V. dahliae*: correspondencia de topologías NJ (SNPs derivados de GBS, 9 linajes, originados de poblaciones iniciales presumiblemente recombinantes) **MP (secuencias multilocus, AFLPs)**

Árbol NJ (26,748 SNPs, 141 aislados)



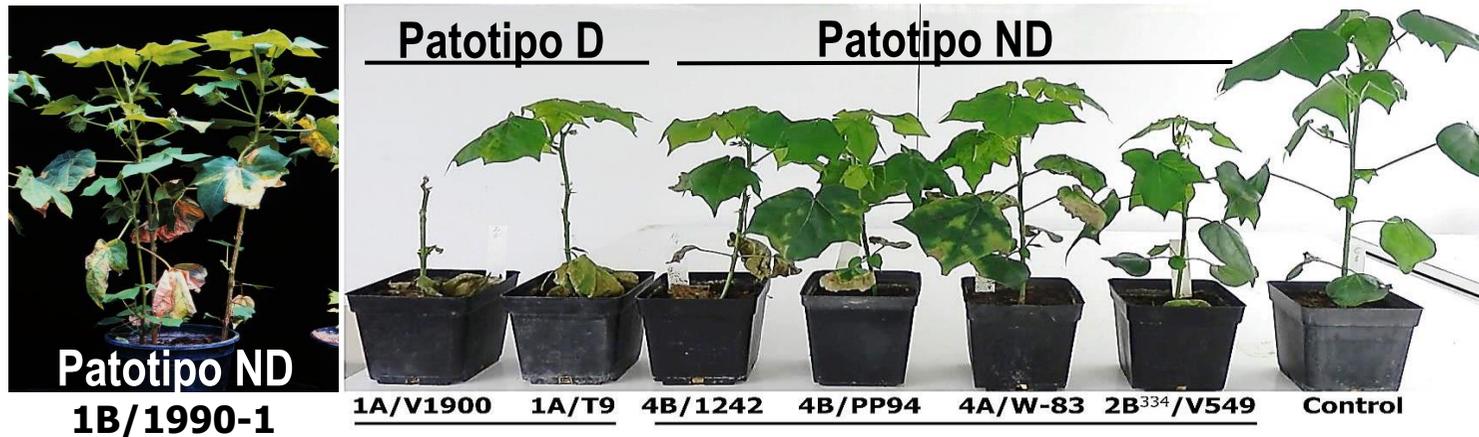
(Collado-Romero et al, 2008. Phytopathology 98)

Linajes (→) y aislados (→) recombinantes (Milgroom et al. 2014. PLoS One 9)

Dos tipos de variación patogénica superpuestos sobre la estructura clonal de *Verticillium dahliae* (Jiménez Díaz et al. 2017. Plant Pathol. 66)

• Dos tipos sintomáticos

- * **Patotipo defoliante (D)** de algodón y olivo, circunscrito en el linaje 1A
- * **Patotipo no defoliante (ND)** comprendido en los linajes 1B, 2A, 2B³³⁴, 2B⁸²⁴, 2B^{R1}, 4A, 4B y 6 [la reacción a aislados 2A y 2B^{R1} (no mostrada) es ND]

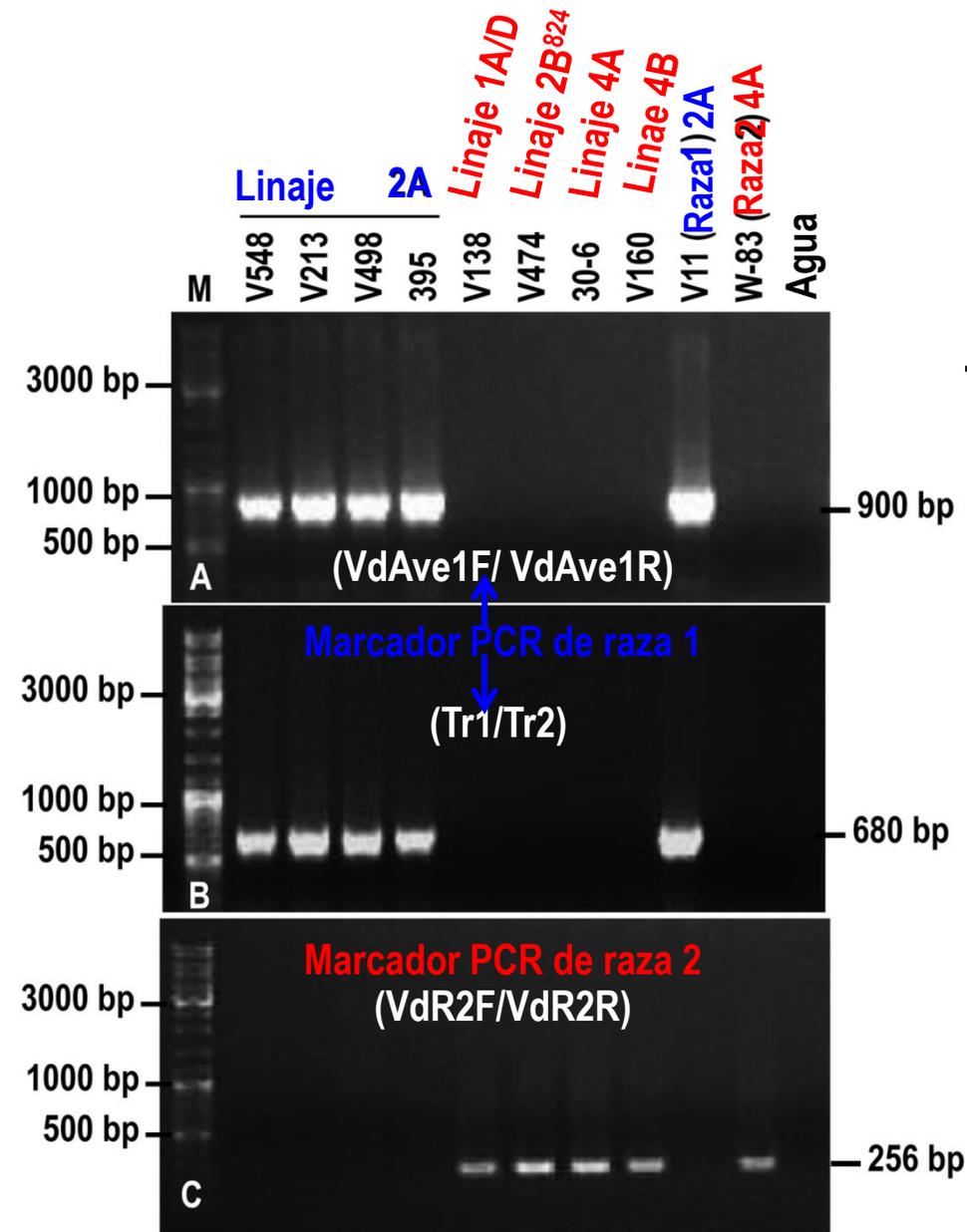


• Tres razas patogénicas

- * **Raza 1:** no patogénica sobre el gen de resistencia *Ve1*. Posee el gen de avirulencia *Ave1* cuyo producto efector es reconocido por la proteína codificada por *Ve1*
- * **Raza 2:** carece de *Ave1* y es patogénica sobre vars. con el gen *Ve1*
- * **Raza 3:** patogénica sobre el gen *Ve1* y un nuevo gen, *V2*, de resistencia a la raza 2

Complejidad en las relaciones entre linajes clonales, patotipos y razas patogénicas en 195 aislados de *Verticillium dahliae*

(Jiménez Díaz et al. 2017. Plant Pathol. 66)



Linaje	N por linaje	Patotipo	Raza
1A	110	D	2
1B	5	ND	2
2A	27	ND	1
2B ³³⁴	10	ND	2
2B ⁸²⁴	12	ND	2
2B ^{R1}	2	ND	2
4A	9	ND	2
4B	18	ND	2
6	2	ND	--

Raza 1: Tr1/Tr2 (Usami et al., 2007. Gen. Plant Pathol. 73 y VdAve1F/VdAve1R (de Jonge et al., 2012. PNAS 109);
 raza 2: VdR2F/VdR2R (Short et al., 2014. Phytopathology 104)

Relevancia del patotipo defoliante (D) de *V. dahliae* en Andalucía



- Menor densidad de inóculo D que de ND para causar igual cantidad de enfermedad
 - *Algodón 'Coker 310: 10 ms/g suelo de D vs 34 ms/g suelo de ND para 100% Verticilosis (Bejarano et al. 1995. Phytopathology 85.)
 - ***Olivo Picual: 10 ms/g suelo de D para 64% de plantas enfermas.** No enfermedad con igual densidad de inóculo ND (López Escudero y Blanco López. 2007. Plant Dis. 91.)
- **Susceptibilidad al patotipo D de cvs. de olivo resistentes al ND, e incremento de riesgo en vars. resistentes con el incremento de inóculo D en suelo** (Martos et al. 2006. HorstSci. 41.; Trapero et al. 2013. Plant Dis. 97.)
- **Incremento del inóculo, y mayor facilidad de dispersión dentro y entre olivares, por caída de hojas infectadas** (Navas-Cortés et al. 2008. Phytopathology 98.)

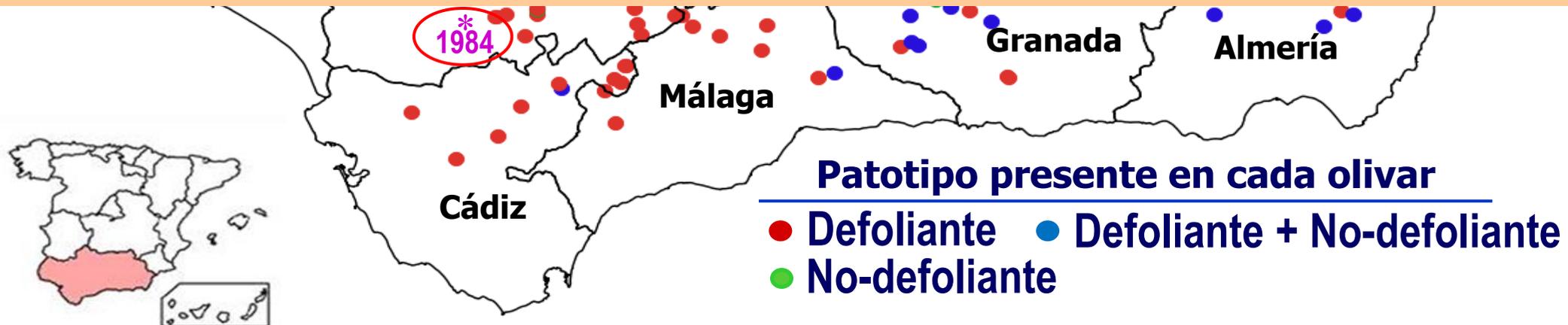
Distribución geográfica de los patotipos D y ND de *Verticillium dahliae* que infectan olivo en Andalucía (2017)



Basado en 427 olivares elegidos arbitrariamente en 123 municipios en Andalucía:
El patotipo D se encuentra en el 80,9% de los campos

Variabilidad genética en una muestra de 145 aislados de algodón y olivo a lo largo de 350 km en el Valle del Guadalquivir durante el periodo 1984-2012:

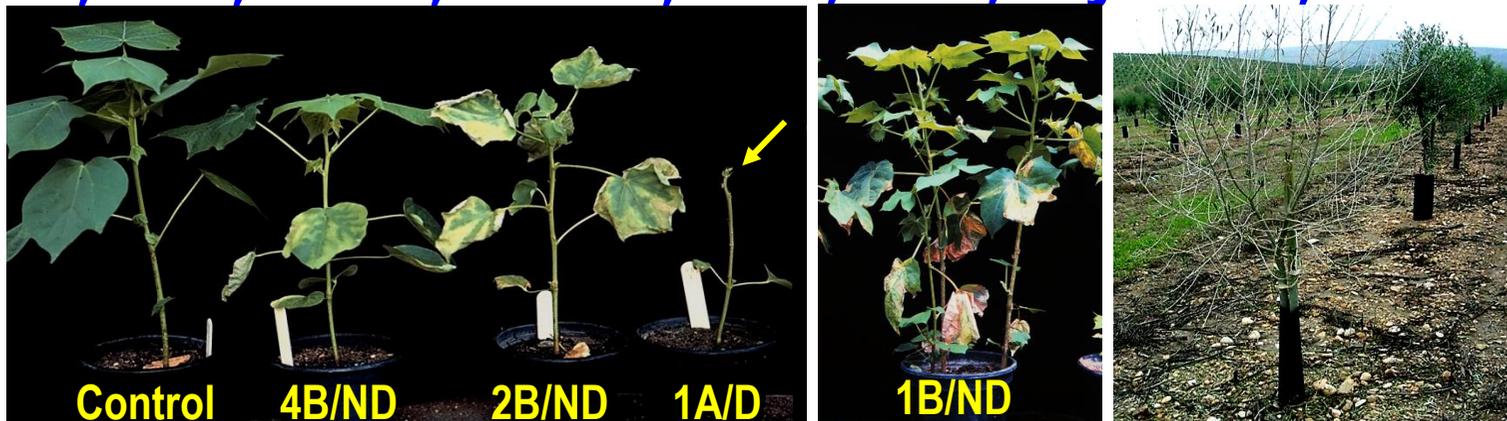
- **Los aislados son genéticamente muy similares (SNPs, microsatélites), y en su naturaleza genética no se diferencian entre si por la planta de origen, el año de muestreo o la zona de procedencia** (Milgroom et al. 2016. *Phytopathology* 106: 1038-1046; Rafiei et al., 2017. *Plant Pathology*. En prensa)



El patotipo D es la diana principal para el control de la Verticilosis del olivo

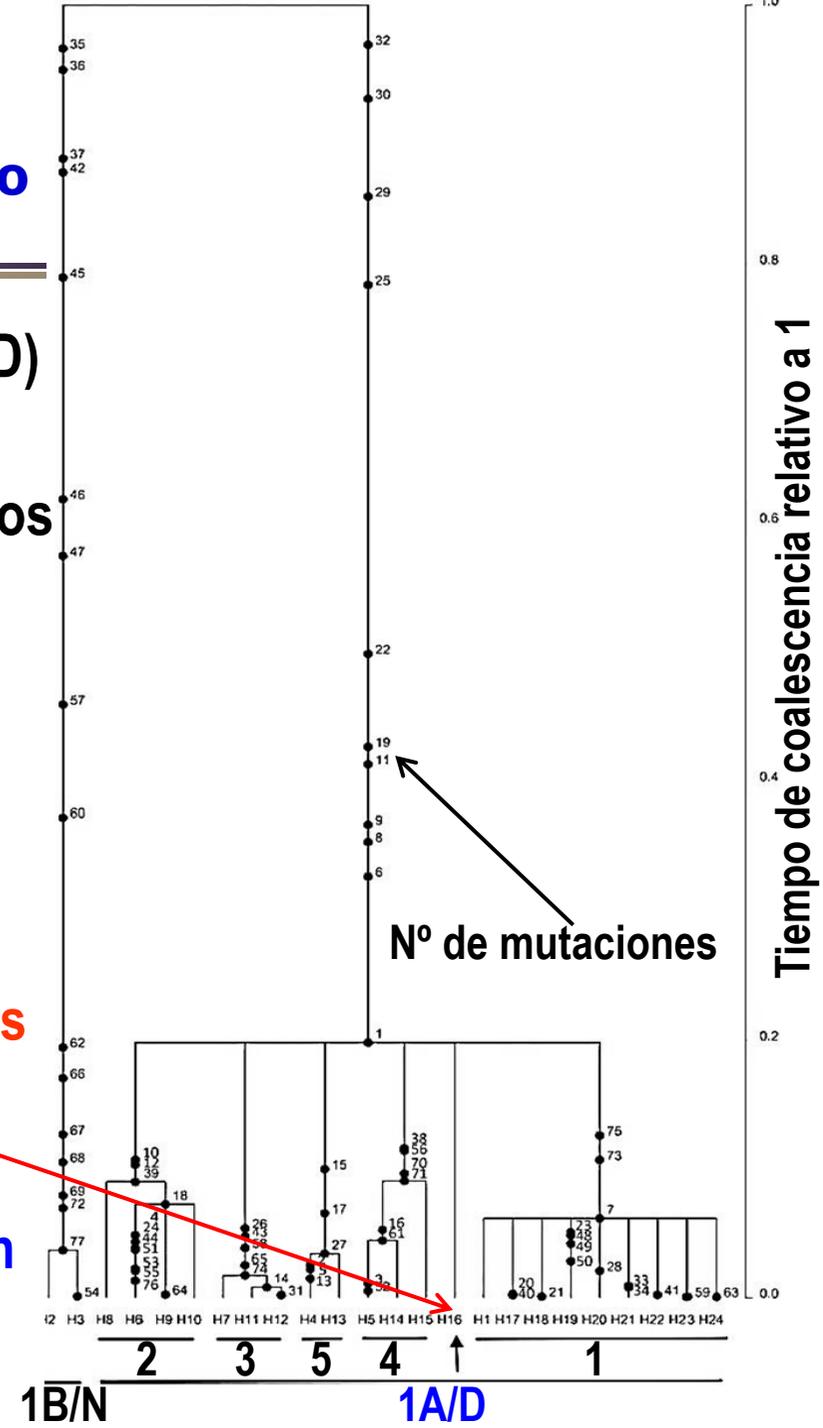
¿Cual es el origen del patotipo D de *Verticillium dahliae* en Andalucía?, ¿derivado por mutación de una población nativa ND?, ¿de origen exótico e introducido en España?

- Identificado por vez primera en algodón (1960s) y olivo (1971) en California, y predominante en Arizona, N. México y Texas (SO, USA)
- ¿Causante de Verticilosis severa en algodón de regadío establecido en áreas vírgenes, desérticas en el SO de EE UU a principios del siglo XX? (Bell,1992. Cotton diseases).
- Circunscrito en el linaje 1A, y el linaje 1B, genéticamente cuasi-idéntico al linaje 1A, es del patotipo ND y solo se ha descrito en EE UU
- En la actualidad, el patotipo D se encuentra mundialmente distribuido: China, Grecia, Irán, Israel, México, Perú, Siria, Tajikistán, Túnez y Turquía



Genealogía de los linajes 1A (D) y 1B (ND) de *V. dahliae* inferida por análisis de coalescencia de 77 SNPs en 91 aislados de 1A (algodón y olivo en diversos países) y 5 del 1B (leñosas, USA)

- * Marcada divergencia entre los linajes 1A (D) y 1B (ND)
 - Identificación de 5 subclados (1 a 5) en el linaje 1A correlacionados con el origen geográfico de aislados
- * Identificación de 24 haplotipos (1 a 24):
 - Linaje 1B/ND: Haplotipos H2 y H3
 - Linaje 1A/D: Haplotipos H1, y H4 a H24
 - **H16: Haplotipo ancestral inferido (no mutaciones): aislados de algodón de Texas y Arizona, USA, anteriores a 1983, consistente con registros históricos de 1A originario de USA**
- * Los cinco subclados coalescen al mismo tiempo con el haplotipo H16, consistente con una **rápida expansión clonal en la población original** durante la emergencia del linaje 1A en algodón en USA



10.01
¿Cual es el origen del patotipo D de *V. dahliae* en Andalucía?:

Migración (introducciones) del linaje 1A inferida al superponer los orígenes geográficos de los haplotipos sobre su genealogía.

Cinco introducciones en Europa desde USA

Turquía
H7, H11

Turquía

El patotipo D se originó en los EE.UU. mediante mutaciones en un linaje antepasado ND solo identificado en ese país. Su expansión en la Cuenca Mediterránea es consecuencia de al menos cinco introducciones (¿semillas de algodón infectadas?) desde poblaciones originarias, y ejemplo de rápida expansión clonal de biotipos de hongos fitopatógenos altamente adaptados y virulentos sobre huéspedes exóticos con los que no han coevolucionado (Ej., el olivo)

Israel y Turquía
H4, H13

Cuenca Mediterránea Oriental

China, Israel y España

Dispersión de *Verticillium dahliae* a larga distancia en plantas asintomáticas producidas en viveros registrados y agua contaminada utilizada para riego

- Inspección de 714 viveros registrados de calidad CAC (*Conformitas Agraria Communitatis*) en 2006/2007 (Dirección General Producción Agraria, J.A) utilizando protocolo de detección del ADN in planta: **El 15% de los viveros tenían plántones asintomáticos infectados por *V. dahliae***
- La producción de viveros de olivo de calidad CAC (mínima exigencia de calidad para comercializar material propagativo basada en la ausencia de síntomas de 'patógenos cualificados' o signos de ellos) **no es garantía contra la infección asintomática por *V. dahliae*: el material de plantación debe ser certificado sanitariamente**
- *Verticillium dahliae* en **agua de pozo (61%) y embalsada del río Guadalquivir (25%)** de goteros de riego en 86% de olivares afectados estudiados (Rodríguez y Bejarano. 2007. Bol. San. Veg. Plagas 33), y en **agua de estaciones de bombeo de comunidades de regantes** (García-Cabello et al. 2012. Eur. J. Plant Pathology 133)

Nuevas perspectivas en la taxonomía, variabilidad y ecología de *Verticillium* y sus implicaciones en el control de las Verticilosis

Índice

- Introducción
- Innovaciones taxonómicas en *Verticillium*
- **Verticillium dahliae*
 - Biología y ecología
 - Variabilidad genética y patogénica
- Consideraciones finales

Consideraciones finales

- Los datos aportados son argumento convincente de la **complejidad etiológica y epidemiológica** de las Verticilosis, así como de **la dificultad de su control**
- **No existen medidas de lucha simples**, ni individualmente efectivas, contra las Verticilosis, cuyo control requiere la aplicación de **estrategias de GI**
- La eficiencia de la GI de las Verticilosis depende del **conocimiento científico-técnico** disponible sobre los factores clave para su desarrollo severo y de la **formación especializada de los técnicos** intervengan en su aplicación
- Desde mi experiencia universitaria docente e investigadora, el **conocimiento derivado de la investigación** científico-técnica sobre las Verticilosis es hoy **proporcionalmente superior** a la extensión con que es trasladado durante la **formación universitaria y acciones de transferencia** especializada en Sanidad Vegetal
- Esta carencia debería ser objeto de **reflexión rigurosa** por las instituciones y administraciones responsables de las titulaciones universitarias y regulación profesional de la Sanidad Vegetal, para propiciar **una mejora inaplazable de la formación universitaria y profesión especializada en ella**, idealmente a través de una titulación de grado en Medicina de los Vegetales

Nuevas perspectivas en la taxonomía, variabilidad y ecología de *Verticillium* y sus implicaciones en el control de las Verticilosis

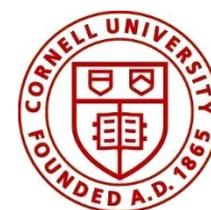
Sine Agricultura Nihil



Instituto. Agric.



Univ. de Córdoba



Dra. B.B. Landa



Dr. J.A. Navas



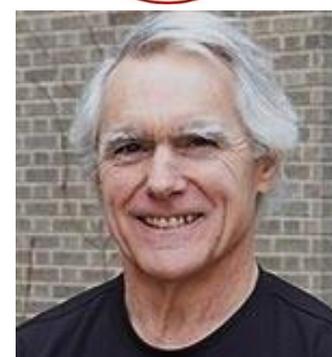
Ldo. J.L.
Trapero



Lda. C. Olivares



Prof. M.M. Jiménez



Prof. M. Milgroom

Fundación Ramón Areces, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, J.A.: P10-AGR 6082, P11-AGR 7992; Ministerio de Economía y Competitividad: AGL2011-24935 (Vertigen)

¡Muchas gracias a Uds. por su amable atención!