

TESIS DOCTORAL

TÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL:

‘Efecto combinado de la cepa no patogénica de *Fusarium oxysporum* FO12 en la inducción de resistencia frente a la verticilosis y la adquisición de nutrientes por cultivos herbáceos’. Tesis Doctoral realizada en el marco de una colaboración multidisciplinar entre los grupos de investigación Patología Agroforestal AGR-216, la Unidad de Edafología AGR-165 y Fisiología Vegetal AGR-115 del Departamento de Agronomía (DAUCO) de la Universidad de Córdoba (UCO).

DOCTORANDO: Jesús Sevillano Caño.

PROGRAMA DE DOCTORADO: Ingeniería Agraria, Alimentaria, Forestal y de Desarrollo Rural Sostenible.

DIRECTORES: Antonio Rafael Sánchez Rodríguez y Carlos Agustí Brisach.

CENTRO DE TRABAJO Y FINANCIACIÓN: Esta tesis doctoral se realizó en DAUCO (UCO), entre los grupos de investigación arriba mencionados. El doctorando también realizó una estancia predoctoral de tres meses en el Plant-Microbe Interactions research group (PMI) de la Universidad de Utrecht (UU; Países Bajos), bajo la supervisión del Prof. Dr. Corné Pieterse. El doctorando disfrutó de una ayuda predoctoral en el marco de la Unidad de Excelencia María de Maeztu DAUCO 2020-2024 (Ref. CEX2019-000968-M). La investigación realizada en esta Tesis Doctoral ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICINN; proyectos ‘FerPhOS’ Ref. PID2020-118503RB-C22, ‘BIOLIVE’ Ref. PID2021-123645OA-I00, ‘SoPhos’ Ref. PID2023-149247OB-C22), y co-financiada con Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER).

FECHA Y LUGAR DE LECTURA: 6 de Marzo de 2026, Universidad de Córdoba.

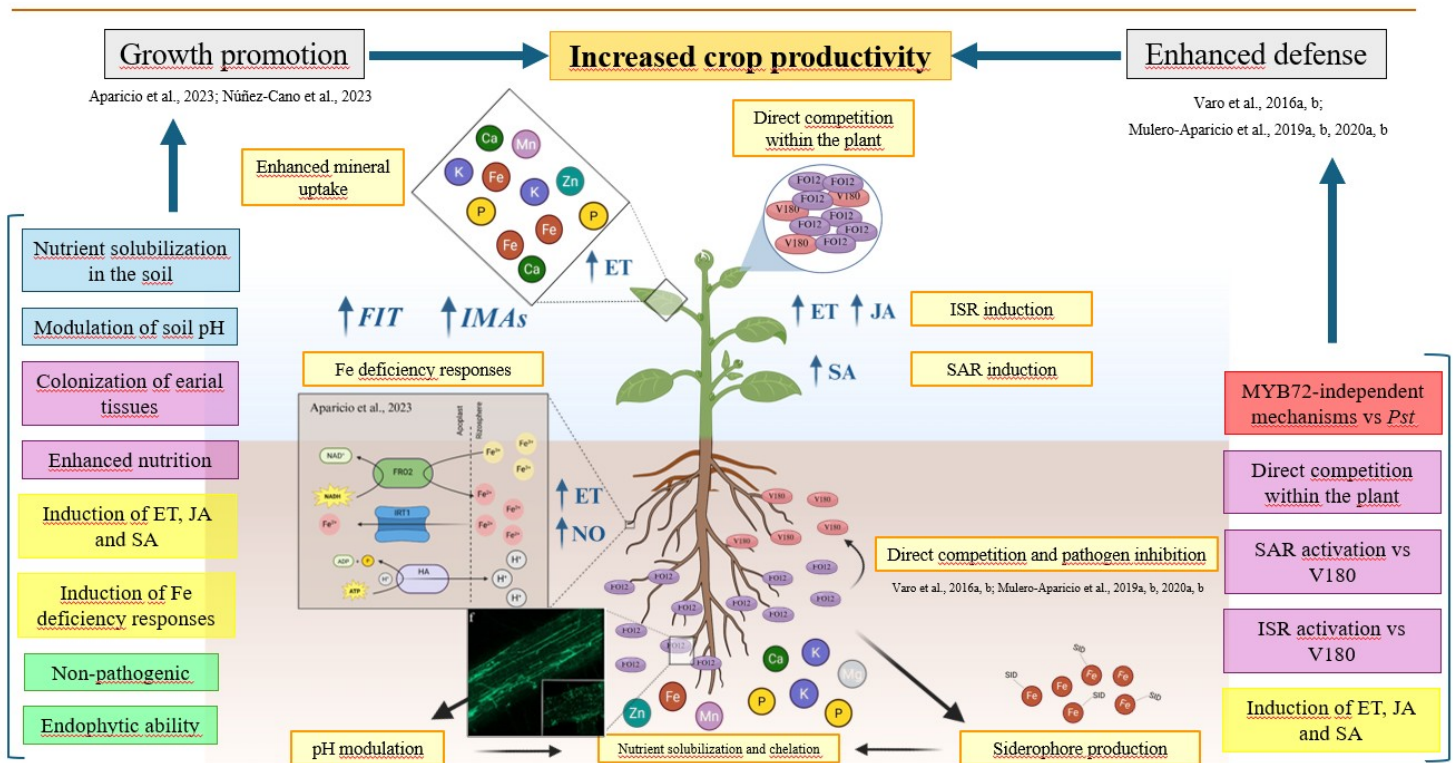
COMPOSICIÓN DEL TRIBUNAL: María del Carmen del Campillo García (Presidenta), Ioannis A. Stringlis (Vocal), Eugenio Llorens Vilarrocha (Secretario).

CALIFICACIÓN: Sobresaliente, tesis por compendio de artículos, mención internacional.

RESUMEN:

Los microorganismos rizosféricos juegan un papel fundamental en la agricultura sostenible, ofreciendo soluciones respetuosas con el medio ambiente para mejorar la productividad de los cultivos y reducir la dependencia de los fertilizantes y pesticidas químicos de síntesis. La presente Tesis Doctoral, centrada en la cepa no patogénica *Fusarium oxysporum* FO12, previamente identificada como un eficaz agente de control biológico (ACB) frente a *Verticillium dahliae* en olivo (*Olea europaea* L.) y como un potencial bioestimulante férrico, tiene como objetivo dilucidar los mecanismos de acción de esta cepa, con especial énfasis en el endofitismo, la inducción de mecanismos de resistencia sistémica, y su efecto en la absorción de nutrientes del suelo, mediante patosistemas modelo en huéspedes herbáceos. Para ello, en primer lugar, se presenta una introducción general del género *Fusarium*, destacando la importancia agronómica de las cepas no patogénicas de *F. oxysporum* como ACBs y promotores del crecimiento vegetal, además de establecer el marco conceptual y los objetivos de la Tesis (Capítulo 1). A partir de esta base, se realizó un screening de especies herbáceas donde se demostró la capacidad de FO12 para colonizar endofíticamente raíces y haces vasculares de ocho huéspedes herbáceos, confirmando su carácter no patogénico y su potencial como promotor del crecimiento vegetal (Capítulo 2). Seguidamente, y con el objetivo de profundizar en el doble papel de FO12 como inductor de resistencia y bioestimulante de hierro (Fe), se realizó un ensayo en cultivo hidropónico donde FO12 indujo la expresión de genes asociados a las respuestas a la deficiencia de Fe y a la resistencia sistémica inducida (ISR) mediada por etileno en *Arabidopsis thaliana*, especialmente en ausencia de Fe (Capítulo 3). Además, cuando las plantas de *A. thaliana* fueron expuestas simultáneamente a deficiencia de Fe en suelo calizo, y a la infección con *V. dahliae*, FO12 fue capaz de mitigar ambos estreses, mejorando el crecimiento, la absorción de nutrientes y reduciendo la severidad de la enfermedad en más de un 85% (Capítulo 4). De igual forma, y con el objetivo de evaluar la capacidad bioestimulante de FO12 en escenarios agronómicos más realistas se realizaron ensayos en cultivos agronómicos extensivos en condiciones de suelo (Capítulos 5 y 6). Aquí, la cepa FO12 incrementó la biodisponibilidad de Fe, zinc (Zn) y fósforo (P) en suelos con distintas propiedades fisicoquímicas, a través de la modulación del pH del suelo, y modificó el perfil fitohormonal de las plantas, incrementando notablemente el ácido jasmónico y compuestos precursores de etileno. Su efecto positivo sobre el crecimiento vegetal y la absorción de nutrientes varió en función del tipo de suelo, la estrategia de

fertilización y el método de inoculación, alcanzando incrementos de biomasa de hasta un 30% y mejoras en la absorción de Fe, Zn y P de entre un 20% y un 120%. Por último, y de forma complementaria, el estudio de la resistencia sistémica inducida por FO12 se amplió más allá de los patógenos vasculares (Capítulo 7). En plantas de *A. thaliana* infectadas con la bacteria foliar *Pseudomonas syringae* pv. tomato (*Pst* DC3000), FO12 redujo la proliferación del patógeno en un 73% y la incidencia de la enfermedad en casi un 50%. En conjunto, los resultados de esta Tesis Doctoral respaldan el papel de *Fusarium oxysporum* FO12 como un microorganismo multifuncional que integra funciones de biocontrol y bioestimulación, actuando a distintos niveles del sistema planta-suelo, donde su interacción específica con la especie del huésped y las características edáficas condicionan su efectividad. En definitiva, esta investigación posiciona a FO12 como una prometedora solución natural para mejorar la nutrición vegetal y la biodisponibilidad de nutrientes en el suelo, la productividad de los cultivos y la tolerancia de las plantas frente a estreses bióticos y abióticos, contribuyendo al avance hacia un modelo agrícola más sostenible e integrado.



Modo de acción de la cepa no patógena de *F. oxysporum* (FO12) en la inducción de resistencia y adquisición de nutrientes en cultivos herbáceos. Este modelo integra los principales resultados obtenidos en el capítulo 2 (verde), capítulo 3 (amarillo), capítulo 4 (morado), capítulos 5 y 6 (azul), y capítulo 7 (rojo).



El doctorando, directores y miembros del tribunal después de la defensa de la Tesis. De izquierda a derecha: Antonio Rafael Sánchez Rodríguez (Codirector), Carlos Agustí Brisach (Codirector), Jesús Sevillano Caño (Doctorando), María del Carmen del Campillo García (Presidenta), Ioannis A. Stringlis (*online*; Vocal), y Eugenio Llorens Vilarrocha (Secretario).

Trabajos derivados de la Tesis que ya han sido publicados:

Artículo 1: Sevillano-Caño, J., Núñez-Cano, J., Prieto, P., Trapero, A., Sánchez-Rodríguez, A.R., Agustí-Brisach, C., 2024. The endophytic role and growth-promoting ability of the nonpathogenic strain *Fusarium oxysporum* FO12 in herbaceous hosts. *Sci. Hortic.* 332, 113220. (IF: 4.2; Q1).

Artículo 2: Sevillano-Caño, J., Agustí-Brisach, C., García-Mina, J.M., Zamarreño, A.M., Barrón, V., Sánchez-Rodríguez, A.R., 2025. *Fusarium oxysporum* FO12 enhances plant performance by modulating the phytohormone profile and soil properties as a function of the inoculation method. *Plant Soil* 514, 225–246. (IF: 4.1; Q1).

Artículo 3: Sevillano-Caño, J., Córdoba-Galván, C., Sánchez-Rodríguez, A.R., Romera, F.J., Trapero, A., García, M.J., Agustí-Brisach, C., 2025. The non-pathogenic

strain *Fusarium oxysporum* FO12 mitigates simultaneous *Verticillium dahliae* and Fe deficiency stresses in *Arabidopsis thaliana*. *Physiol. Plant.* 177, e70550. (IF: 3.6; Q1).