

## Trichoderma: investigación básica y aplicada en la agricultura

Jorge Poveda y Enrique Monte



Instituto Hispano-Luso de Investigaciones Agrarias (CIALE), Universidad de Salamanca

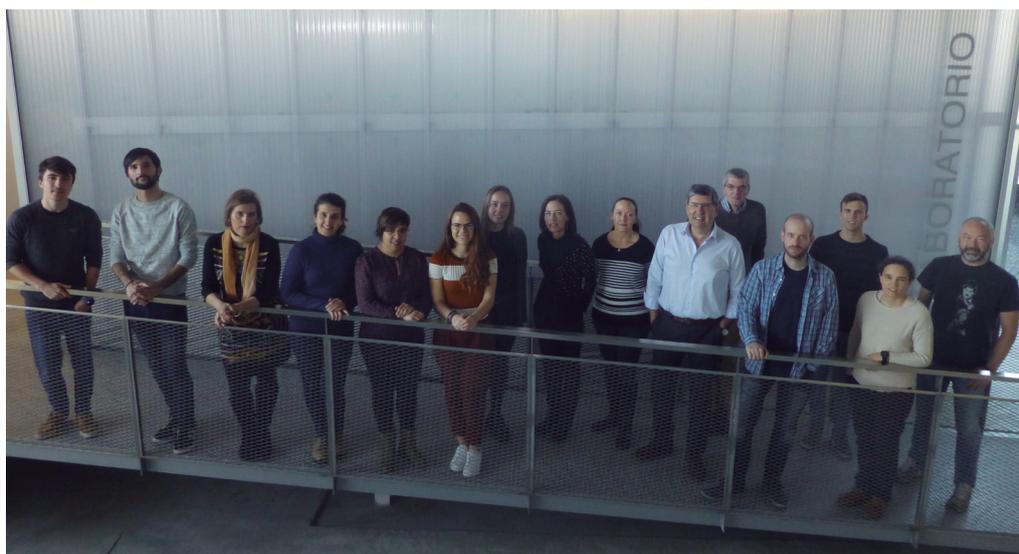


Foto del Grupo de Fitopatología y Control Biológico de la Universidad de Salamanca, de izquierda a derecha:

Alberto Soto, Rafael Mayorga, Belén Rubio, Marcieli Bovolini, Isabel Chamorro, María Illescas, Patricia Abril, Rosa Hermosa, Esperanza Hernández, Enrique Monte, Carlos Nicolás, Jorge Poveda, Daniel Eugui, María Eugenia Morán-Díez y Ángel Emilio Martínez de Alba.

El Grupo de Fitopatología y Control Biológico de la Universidad de Salamanca (USAL) nace en el año 1989, y su actividad se inicia con el estudio de hongos filamentosos del género *Trichoderma* como agentes de control biológico en agricultura. En la actualidad, el grupo posee las menciones de Grupo de Investigación Reconocido de la USAL y de Unidad de Investigación Consolidada de la Junta de Castilla y León.

*Trichoderma* (teleomorfo: *Hypocrea*) es un género fúngico que incluye especies ampliamente estudiadas y utilizadas como agentes de biocontrol, gracias a mecanismos de acción como el micoparasitismo, la antibiosis, la competencia, la promoción del crecimiento vegetal, la inducción de resistencia sistémica vegetal frente patógenos y plagas, o el incremento de la tolerancia frente a estreses abióticos. Además, *Trichoderma* se ha utilizado como una interesante fuente de genes susceptibles de ser utilizados en agrobiotecnología, con el fin de conferir a diferentes cultivos mayor productividad, resistencia y tolerancia a condiciones

adversas. Incluso es útil en diferentes industrias, gracias a su gran potencial enzimático, destacando en los sectores textil, papelero, alimentario, en la depuración de aguas residuales y la biorremediación de suelos contaminados.

Desde su creación, el Grupo de Fitopatología y Control Biológico ha profundizado en el conocimiento de *Trichoderma* desde diferentes áreas científicas, como la microbiología, la bioquímica, la fitopatología, las tecnologías ómicas y la fisiología vegetal, incluyendo la agrobiotecnología y la expresión de genes microbianos en plantas. Nuestro grupo ha intentado descifrar el diálogo molecular existente entre *Trichoderma* y las plantas, y su capacidad para colonizar la rizosfera, favorecer la germinación de las semillas y promover el crecimiento, incrementar la tolerancia frente a estreses abióticos como salinidad o sequía, e inducir resistencia sistémica frente al ataque de patógenos y plagas. La investigación aplicada realizada con *Trichoderma* durante años ha dado lugar a la obtención de varias patentes y la creación de empresas spin-off biotecnológicas,

obteniendo el registro del primer fungicida biológico de España (TUSAL<sup>®</sup>), formando parte del primer consorcio internacional que logró el registro de varias formulaciones de *Trichoderma* en la UE, siendo pioneros en los proyectos genómicos llevados a cabo con este hongo y recibiendo los premios Severo Ochoa de la Fundación Príncipe de Asturias (1999), Mecenazgo del Consejo Social de la Universidad de Salamanca (2002) y Fleming de la SEM (2007).

El grupo está liderado por el Dr. Enrique Monte (farmacéutico) y cuenta con una diversa y multidisciplinar plantilla de miembros: la Dra. Rosa Hermosa (farmacéutica), el Dr. Carlos Nicolás (biólogo), la Dra. Purificación Corchete (bióloga), la Dra. Belén Rubio (farmacéutica y bioquímica), la Dra. María Eugenia Morán-Díez (bioquímica y bióloga), el Dr. Ángel Emilio Martínez de Alba (biólogo) y el Dr. Jorge Poveda (biólogo), así como las doctorandas Marcieli Bovolini (ing. forestal) y María Illescas (bioquímica), los doctorandos cotutelados Ali Debbi (ing. agrónomo, Universidad de Argel, Argelia), Isabel Vicente



Fig. 1. Hifas de *Trichoderma harzianum* creciendo en medio de cultivo deficiente en nitrógeno y bajo estrés osmótico (polietilenglicol). 40 aumentos. Fotografía: Daniel Eugui.

(bióloga, Universidad de Pisa, Italia), Laura Gioia (ing. agrónoma, Universidad Federico II, Nápoles, Italia) y William Rivera (biólogo-biotecnólogo, Instituto Tecnológico de Cartago, Costa Rica), y las técnicas Isabel Chamorro y Esperanza Hernández.

En los últimos años, el grupo ha centrado su investigación y publicado trabajos profundizando en el conocimiento sobre la interacción *Trichoderma*-planta, los efectos heredables por las plantas y los beneficios que los cultivos de tomate, trigo y olivo pueden obtener de la aplicación de *Trichoderma* en ambiente natural, como bioestimulante, fitofortificante, inductor de resistencia sistémica y biofungicida. Las actuales líneas de investigación del grupo incluyen: 1) selección de bioestimulantes microbianos basados en *Trichoderma* para su aplicación en cultivos herbáceos extensivos; 2) desarrollo de nanopartículas biogénicas y microencapsulados de proteínas y esporas de diferentes aislados de *Trichoderma* para su aplicación en agricultura; 3) interacción *Trichoderma*-planta: aumento de la tolerancia frente a sequía; y

4) modificaciones epigenéticas en plantas colonizadas por *Trichoderma*.

### QUINCE PUBLICACIONES RELEVANTES DE LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS:

**Rubio, M.B., de Medeiros, H.A., Morán-Díez, M.E., Castillo, P., Hermosa, R. & Monte, E.** (2019). A split-root method to study systemic and heritable traits induced by *Trichoderma* in tomato plants. In: Reinhardt D., Sharma A. (eds) *Methods in Rhizosphere Biology Research*. Rhizosphere Biology. Springer, Singapore, pp. 151-166.

**Debbi, A., Bouregda, H., Monte, E., & Hermosa, R.** (2018). Distribution and genetic variability of *Fusarium oxysporum* associated with tomato diseases in Algeria and a biocontrol strategy with indigenous *Trichoderma* spp. *Frontiers in Microbiology* 9, 282.

**Carrero-Carrón, I., Rubio, M. B., Niño-Sánchez, J., Navas-Cortés, J. A., Jiménez-Díaz, R. M., Monte, E., & Hermosa, R.** (2018). Interactions between *Trichoderma harzianum* and defoliating *Verticillium dahliae* in resistant and susceptible wild olive clones. *Plant Pathology* 67, 1758-1767.

**Mendoza-Mendoza, A., Zaid, R., Lawry, R., Hermosa, R., Monte, E., Horwitz, B. A., & Mukherjee, P. K.** (2018). Molecular dialogues between *Trichoderma* and roots: role of the fungal secretome. *Fungal Biology Reviews* 32, 62-85.

**Rubio, M. B., Pardo, A. J., Cardoza, R. E., Gutiérrez, S., Monte, E., & Hermosa, R.** (2017). Involvement of the transcriptional coactivator ThMBF1 in the biocontrol activity of *Trichoderma harzianum*. *Frontiers in Microbiology* 8, 2273.

**Rubio, M. B., Hermosa, R., Vicente, R., Gómez-Acosta, F. A., Morcuende, R., Monte, E., & Bettiol, W.** (2017). The combination of *Trichoderma harzianum* and chemical fertilization leads to the deregulation of phytohormone networking, preventing the adaptive responses of tomato plants to salt stress. *Frontiers in Plant Science* 8, 294.

**Medeiros, H. A., de Araújo-Filho, J. V., De Freitas, L. G., Castillo, P., Rubio, M. B., Hermosa, R., & Monte, E.** (2017). Tomato progeny inherit resistance to the nematode *Meloidogyne javanica* linked to plant growth induced by the biocontrol fungus *Trichoderma atroviride*. *Scientific Reports* 7, 40216.

**Domínguez, S., Rubio, M. B., Cardoza, R. E., Gutiérrez, S., Nicolás, C., Bettiol, W., Hermosa, R., & Monte, E.** (2016). Nitrogen metabolism and growth enhancement in tomato plants challenged with *Trichoderma harzianum* expressing the *Aspergillus nidulans* acetamidase *amdS* gene. *Frontiers in Microbiology* 7, 1182.

**Carrero-Carrón, I., Trapero-Casas, J. L., Olivares-García, C., Monte, E., Hermosa, R., & Jiménez-Díaz, R. M.** (2016). *Trichoderma asperellum* is effective for biocontrol of *Verticillium* wilt in olive caused by the defoliating pathotype of *Verticillium dahliae*. *Crop Protection* 88, 45-52.

**Malmierca, M.G., McCormick, S.P., Cardoza, R.E., Monte, E., Alexander, N.J. & Gutiérrez, S.** (2015). Production of trichodiene in a *Trichoderma harzianum erg1* silenced strain evidence the importance of the sterol biosynthetic pathway to induce the expression of plant defense-related genes. *Molecular Plant Microbe Interactions* 28, 1181-1197.

**Malmierca M.G., Barúa, J., McCormick, S.P., Izquierdo-Bueno, I., Cardoza, R.E., Alexander, N.J., Hermosa, R., Collado, I. G., Monte, E. & Gutiérrez, S.** (2015). Novel aspinolide production by *Trichoderma arundinaceum* with a potential role in *Botrytis cinerea* antagonistic activity and plant defence priming. *Environmental Microbiology* 17, 1103-1118.

**Pérez, E., Rubio, M. B., Cardoza, R. E., Gutiérrez, S., Bettiol, W., Monte, E., & Hermosa, R.** (2015). The importance of chorismate mutase in the biocontrol potential of *Trichoderma parareesei*. *Frontiers in Microbiology* 6, 1181.

**Rubio, M. B., Quijada, N. M., Pérez, E., Domínguez, S., Monte, E., & Hermosa, R.** (2014). Identifying *Trichoderma parareesei* beneficial qualities for plants. *Applied and Environmental Microbiology* 80, 1864-1873.

**Alonso-Ramírez, A., Poveda, J., Martín, I., Hermosa, R., Monte, E., & Nicolás, C.** (2014). Salicylic acid prevents *Trichoderma harzianum* from entering the vascular system of roots. *Molecular Plant Pathology* 15, 823-831.

**Nicolás, C., Hermosa, R., Rubio, B., Mukherjee, P. K., & Monte, E.** (2014). *Trichoderma* genes in plants for stress tolerance-status and prospects. *Plant Science* 228, 71-78.