

El oídio de las cucurbitáceas, *Podosphaera fusca*

Alejandro Pérez García

Departamento de Microbiología,
Facultad de Ciencias,
Universidad de Málaga, Málaga
aperez@uma.es

La agricultura representa una de las principales actividades de la economía española. Dentro del sector hortícola destaca el cultivo de las cucurbitáceas, con unos beneficios anuales cercanos a los mil millones de euros. Los principales cultivos son los de melón, sandía, pepino, calabacín y calabaza, con gran importancia tanto en dietas locales como en las exportaciones. Entre las enfermedades de origen fúngico que afectan a estos cultivos destaca por su importancia epidemiológica el oídio de las cucurbitáceas. Los oídios son sin duda las más comunes, conspicuas y fácilmente reconocibles de las enfermedades vegetales. En cucurbitáceas la enfermedad se distingue claramente por el desarrollo de unas manchas blanquecinas de aspecto pulverulento en hojas, peciolas, tallos y raramente en frutos (**Figura 1A**). La enfermedad está causada fundamentalmente por dos especies, *Golovinomyces cichoracearum* o *Podosphaera fusca*, que inducen síntomas idénticos pero que pueden ser fácilmente distinguibles bajo el microscopio. En España como en muchos otros países productores de cucurbitáceas, *P. fusca* es el principal agente causal de la enfermedad que representa un serio problema y es uno de los factores más importantes que incrementan los costes de producción y limitan el rendimiento de estos cultivos (Pérez-García et al., 2009).

Para un control adecuado de una enfermedad es necesario un buen conocimiento de la biología del patógeno responsable de la misma. Los oídios (phylum Ascomycota, clase Leotiomycetes, orden

Erysiphales) son, probablemente, el grupo de patógenos vegetales más desconocido a pesar de su gran importancia agronómica, todo ello debido a su dificultad de manejo en el laboratorio. Estos hongos son parásitos biotrofos obli-

gados que crecen en la mayoría de los casos sobre la superficie de la planta y obtienen los nutrientes de las células epidérmicas por medio de unas estructuras especiales de parasitismo denominadas haustorios, lo que limita su cultivo en medios nutritivos. La investigación a nivel mole-

cular se ha concentrado prácticamente en una única especie *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*, el oídio de la cebada, que se ha convertido en la especie modelo de este grupo de patógenos, y a pesar de las dificultades, en uno de los hongos fitopatógenos mejor conocidos. De hecho, el genoma de *B. graminis* f.sp. *hordei* está prácticamente completado y su próxima publicación representará sin duda uno de los avances más importantes en la biología de los oídios de los últimos años. Del resto de oídios la información disponible es comparativamente muy escasa y en muchísimos casos virtualmente inexistente. *Podosphaera fusca* es un buen ejemplo de la absoluta falta de conocimiento a nivel molecular de la mayoría de los oídios. Una simple búsqueda en bases de datos de secuencias de *P. fusca* sólo revela secuencias de ITS-rDNA utilizadas en estudios taxonómicos y filogenéticos, y unas cuantas secuencias asociadas a patentes y de dianas de fungici-

das. Se hace por tanto necesario el profundizar en la biología básica de estos organismos como estrategia fundamental para el desarrollo de medidas de control más racionales y duraderas.

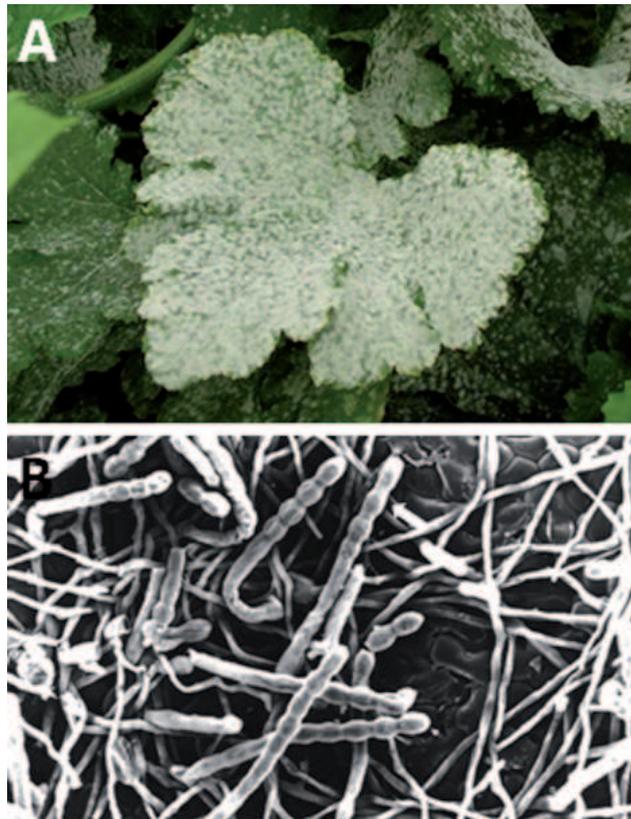


Figura 1. El oídio de cucurbitáceas *Podosphaera fusca*. A. Síntomas típicos de la enfermedad. **B.** Detalle a microscopía electrónica de barrido de una colonia de *P. fusca* donde se observa el entramado de hifas y varios conidióforos (flecha).

PERO, ¿QUÉ SABEMOS DE LA BIOLOGÍA BÁSICA DE *P. fusca*?

El ciclo de vida de *P. fusca* está relativamente bien caracterizado. El ciclo de vida asexual es muy parecido al de otros oídios. El ciclo asexual comienza cuando un conidio alcanza la superficie de un huésped susceptible y germina. La espora produce un tubo germinativo observable 6-8 h después de la inoculación que termina en un apresorio indiferenciado, desde el que se forma un haustorio. Desde este tubo germinativo o desde la espora se forma una hifa primaria que origina un segundo apresorio y haustorio, proceso que ocurre entre las 24-48 h después de la inoculación. Luego las hifas se ramifican para formar hifas secundarias (72 h). Desde algunas hifas secundarias emergen conidióforos erectos en los que se originan 5-10 conidios o esporas asexuales dispuestos en cadena (Figura 1B), completándose así el ciclo asexual en 4-5 días. Tanto el entramado de hifas secundarias como los conidios forman el típico micelio blanquecino sobre la superficie de la planta que constituye el síntoma más característico de la enfermedad. *Podospaera fusca* es un hongo heterotálico por lo que para se inicie el ciclo sexual se requiere la presencia de hifas de los dos tipos de compatibilidad sexual. Como consecuencia, se forma un cuerpo fructífero redondeado denominado casmotecio que contiene una única asca con 8 ascosporas o esporas sexuales. Los detalles de la formación y fusión de gametos son, sin embargo, todavía desconocidos. Además, el ciclo sexual es muy poco frecuente en campo, por lo que la relevancia epidemiológica de la fase sexual de este patógeno permanece aún por determinar.

En lo que se refiere a las interacciones patógeno-planta se conocen algunos detalles relacionados con la fisiología de la respuesta defensiva del hospedador. Los programas de mejora de la resistencia frente al oídio de cucurbitáceas tienen una larga historia y en la actualidad están disponibles en el mercado muchas variedades de pepino, melón y calabaza con resistencia a *P. fusca*. Se han descrito varios genes de resistencia (denominados *Pm*) especialmente en melón, siendo esta resistencia monogénica y dominante en la mayoría de los casos, aunque se han descrito genes recesivos. No obstante, a pesar de que se dispone de muchas variedades comerciales con resistencia a *P. fusca*, el desarrollo de nuevas razas fisiológicas del patógeno limita de forma considerable el control de la enfermedad mediante esta estrategia de empleo de cultivares resistentes. Se conocen dos mecanismos básicos de resistencia a oídios, la denominada resistencia prehaustorial (asociada a la formación de papilas) y la resistencia post-haustorial (asociada a la reacción de hipersensibilidad o HR), sin embargo, en cucurbitáceas sólo se ha identificado la resistencia de tipo post-haustorial. Aunque se asume que la interacción melón-*P. fusca* cumple con el concepto conocido como interacción gen-a-gen, todavía no se han aislado secuencias de los genes *Pm* ni se han identificado genes de avirulencia en el patógeno. En la resistencia post-haustorial de melón frente a *P. fusca* se conoce parte de los mecanismos de defensa implicados en dicha resistencia (Romero et al.,

2008). En comparación con plantas sensibles, en las plantas resistentes los primeros cambios fisiológicos que se observan están relacionados con la acumulación de especies reactivas de oxígeno como el peróxido de hidrógeno (Figura 2A) o el ión superóxido. Estos cambios tienen lugar 4 h después de la inoculación, es decir, antes de la formación de los primeros haustorios (12 h). Tras este estallido respiratorio inicial se observa un fuerte reforzamiento de paredes celulares con la aparición de depósitos de calosa (Figura 2B) y lignina 12-24 h después de la inoculación. Curiosamente y a diferencia de otros sistemas patógeno-planta, los niveles transcripcionales de fenilalanina amonio liasa no parecen cambiar en respuesta a *P. fusca*. Lo que sí se ha puesto de manifiesto es una expresión diferencial de proteínas PR como β -1,3-glucanasa, que se caracteriza por una rápida activación de la transcripción 12 h después de la inoculación seguido de un pico de actividad 48 h después de la inoculación (Rivera et al., 2002). En resumen, la manifestación de los mecanismos de defensa, incluida la muerte celular característica de la HR, es típicamente post-haustorial, aunque el inicio de la respuesta tiene lugar antes de la formación del primer haustorio. Sin embargo, en algunas líneas resistentes de melón se observa un patrón de resistencia post-haustorial ligeramente distinto al anteriormente

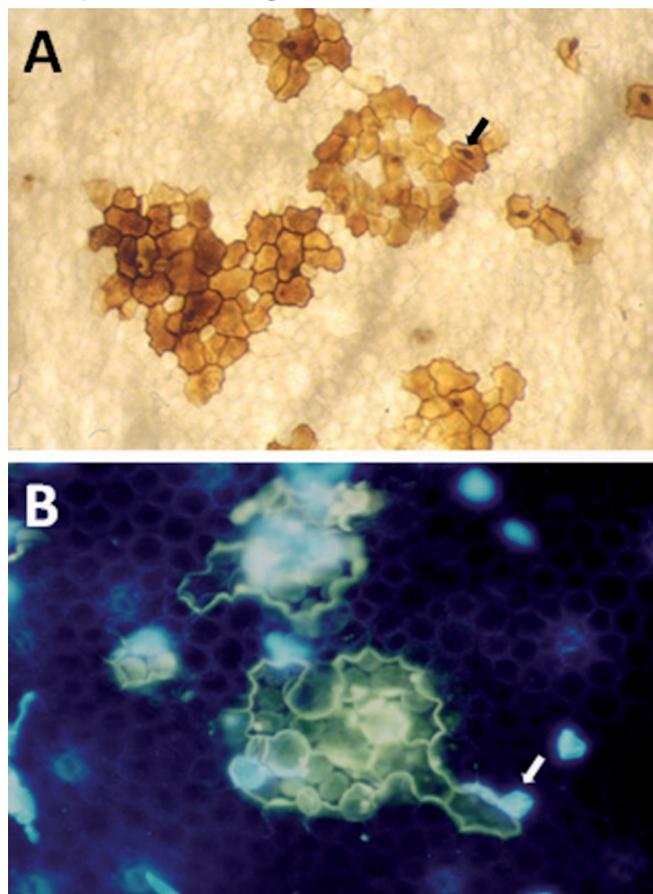


Figura 2. Mecanismos de defensa de melón frente a *P. fusca*. A. Producción de peróxido de hidrógeno (precipitado marrón rojizo). B. Reforzamiento de la pared celular mediante depósitos de calosa (fluorescencia amarilla). Nótese la presencia de conidios germinados del patógeno (flechas).

descrito, en el sentido de que la modificación fisiológica más relevante es la acumulación de calosa, mientras que la reacción de hipersensibilidad parece jugar un papel secundario (Kuzuya *et al.*, 2006).

HERRAMIENTAS PARA SU ESTUDIO

Como ya se ha comentado, los oídios son hongos difíciles de manejar por su naturaleza de parásitos obligados. El cultivo en el laboratorio de *P. fusca* se hace normalmente sobre cotiledones de especies susceptibles como *Lagenaria*, melón o calabacín que se mantienen *in vitro* sobre medio agarizado (Figura 3A), lo que permite el cultivo de los aislados o cepas del hongo en condiciones controladas (Álvarez y Torés, 1997). Este método de cultivo servía a su vez como método de mantenimiento mediante resiembras periódicas, pero no era el sistema más deseable porque no permitía el mantenimiento de grandes colecciones de aislados, era muy tedioso, propenso a la contaminación y además no prevenía de cambios genéticos o fisiológicos tras numerosos subcultivos. Afortunadamente, el desarrollo de métodos de conservación a -80°C (Pérez-García *et al.*, 2006) o en nitrógeno líquido (Bardin *et al.*, 2007) ha solucionado este problema, permitiendo la conservación de colecciones más numerosas durante periodos de tiempo de hasta varios años, lo que supone un salto cualitativo fundamental para el estudio de este patógeno, ya que permitirá la realización de estudios

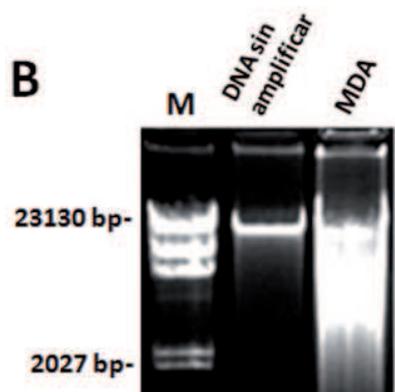
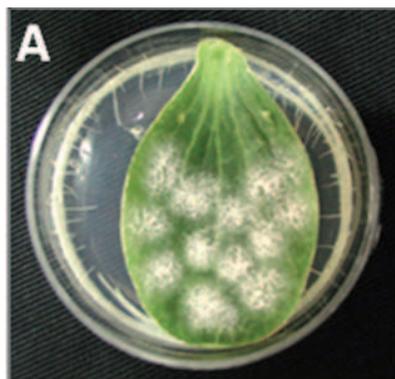


Figura 3. Herramientas básicas para el estudio de *P. fusca*. A. Colonias de *P. fusca* sobre un cotiledón de calabacín. B. Amplificación del genoma mediante MDA.

epidemiológicos y de genética de poblaciones tan limitados hasta el momento. Un aspecto no superado todavía en comparación con otros oídios como *B. graminis*, es el análisis genético de caracteres de *P. fusca* mediante cruzamientos meióticos. Aunque se tienen bien definidos los dos tipos de compatibilidad sexual y la formación de casmotecios se puede inducir en el laboratorio, se desconocen por completo las condiciones más adecuadas para la maduración de los casmotecios y el desarrollo de las ascosporas. No obstante, el desarrollo de nuevas técnicas moleculares está permitiendo superar muchos de los proble-

mas tradicionalmente asociados a la investigación de los oídios. Los estudios moleculares en estos patógenos están limitados por la dificultad de extraer DNA o RNA de calidad adecuada y en cantidad suficiente para realizar análisis moleculares a gran escala. Sin embargo, las modernas tecnologías de amplificación de genomas y transcriptomas completos tienen el potencial para superar estas limitaciones. De hecho, el método denominado “amplificación por desplazamiento múltiple” (MDA) es un sistema de amplificación de genomas completos que ha sido aplicado con éxito en *P. fusca* (Fernández-Ortuño *et al.*, 2007). Este método permite obtener microgramos de DNA de alto peso molecular, alta fidelidad y representativo del genoma amplificado (Figura 3B), a partir de unos pocos nanogramos de DNA de partida, que puede usarse para distintas aplicaciones, pero que puede ser muy útil en estudios de biología de poblaciones cuando se necesita analizar un gran número de aislados en campos como en epidemiología molecular o genética de poblaciones. Esta técnica ha permitido abordar estudios moleculares como el llevado a cabo para determinar el papel de mutaciones en el gen *CYTB* en la resistencia a estrobilurinas en *P. fusca* (Fernández-Ortuño *et al.*, 2008). De la misma manera, se han desarrollado sistemas para la amplificación de transcriptomas completos a partir de unos pocos microgramos de RNA (Tomlins *et al.*, 2006), con lo cual en la actualidad se dispone de la tecnología necesaria para el abordaje de estudios genómicos en microorganismos hasta ahora recalcitrantes a este tipo de estudios como los oídios.

EL PROBLEMA DE LA RESISTENCIA A FUNGICIDAS

Aunque se han invertido grandes esfuerzos en programas de mejora, los agricultores siguen viendo en el oídio de las cucurbitáceas a una de sus grandes preocupaciones, de manera que la aplicación de fungicidas continúa siendo la principal herramienta de lucha contra esta enfermedad en la mayoría de los cultivos. El impacto del control químico, sin embargo, ha sido mucho más atenuado de lo esperado por la facilidad con la cual *P. fusca* desarrolla resistencia, haciendo ineficaces rápidamente a muchos fungicidas sistémicos. Desde la primera detección de cepas resistentes a benomilo en 1967 en EEUU, *P. fusca* ha exhibido un elevado potencial para desarrollar resistencias a varias clases de fungicidas incluyendo benzimidazoles (MBC), inhibidores de C14- α -demetilasa (DMI), morfolinás, organofosfatos, hidroxipirimidinas, inhibidores Qo (QoI) y quinoxalinas (McGrath, 2001). En España el oídio de las cucurbitáceas se controla principalmente mediante dos clases de fungicidas, estrobilurinas y DMI. Como consecuencia de este uso preferente se han detectado importantes problemas de resistencia a estos productos en las principales zonas de cultivo de cucurbitáceas de la mitad sur de la península (Fernández-Ortuño *et al.*, 2006). El manejo efectivo de la resistencia a fungicidas en un hongo fitopatógeno reside en gran parte en la capacidad para la evaluación y el seguimiento eficaces de la misma en campo. En el caso de hongos biotrofos como los oídios, la

Alejandro Pérez García

(Málaga, 1968) es licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Málaga (1991) y Doctor por la misma Universidad (1996). Realizó una estancia postdoctoral de tres años en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Wageningen (Países Bajos), bajo la dirección de Pierre de Wit. Desde octubre de 1999 trabaja en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga, en la que es Profesor Titular de Microbiología desde 2003. Desde 2006 es Secretario del Grupo Especializado Microbiología de Plantas de la SEM y desde finales de 2008 Tesorero de la Junta Directiva de la Sociedad Española de Fitopatología. Desde hace 10 años dirige la línea de investigación sobre "Oídio de cucurbitáceas" dentro del grupo "Microbiología y Patología Vegetal" que dirige Antonio de Vicente, en estrecha colaboración con Juan A. Torés (Estación Experimental "La Mayora", CSIC). Otras líneas de investigación dentro del grupo "Microbiología y Patología Vegetal" son la que aborda el estudio de la necrosis apical del mango causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* y la coordinada por Francisco Cazorla sobre el control biológico de *Rosellinia necatrix* en aguacate.



14- α -metil-3,6-diol. Muchos patógenos, incluidos los oídios, han desarrollado resistencia a los DMI, habiéndose propuesto varios mecanismos moleculares para explicar esta resistencia entre los que se incluyen mutaciones o sobreexpresión del gen *CYP51*. En lo referente a la resistencia a fungicidas DMI en *P. fusca* la sobreexpresión de *CYP51* ha quedado descartada como principal mecanismo de resistencia ya que no existen diferencias de expresión consistentes entre aislados sensibles y resistentes a DMI y además el promotor de *CYP51* es idéntico en ambos tipos de aislados. No obstante, parece existir cierta correlación entre determinadas sustituciones de aminoácidos y los diferentes fenotipos de resistencia observados. Estudios de modelado parecen situar estos cambios de aminoácidos en el canal de acceso del sustrato al sitio catalítico de la enzima, lo que podría explicar su papel en la resistencia. Para confirmar este punto y puesto que a día de hoy no es posible transformar de forma estable ningún oídio, estamos introduciendo tanto alelos sensibles como resistentes a DMI en levadura con objeto de demostrar el papel de estas mutaciones en la resistencia a estos fungicidas.

CONTROL BIOLÓGICO DE LA ENFERMEDAD, ¿UNA ALTERNATIVA FACTIBLE?

El preocupante problema de la resistencia a fungicidas y la creciente concienciación de la opinión pública sobre los efectos negativos de muchos productos químicos sobre el medio ambiente, ha propiciado la búsqueda de medidas para el control del oídio de las cucurbitáceas alternativas o complementarias a los productos fitosanitarios convencionales, pero ambientalmente más aceptables. Productos naturales tales como extractos vegetales, detergentes, aceites minerales, soluciones de micronutrientes, sílice e incluso la leche cruda de vaca, han sido propuestos en la literatura como alternativas menos perjudiciales que las prácticas de control tradicionales. Sin embargo, la estrategia de control más investigada de tales alternativas está basada en el empleo de enemigos naturales del patógeno o lo que es lo mismo, el control biológico. En términos generales, las estrategias a priori más interesantes para el control biológico de los oídios se pueden clasificar en dos tipos: 1) el empleo de microorganismos que son enemigos naturales de los oídios que los atacan mediante parasitismo y/o antibiosis y 2) el empleo de microorganismos que protegen a la planta contra los oídios mediante la inducción de los mecanismos de defensa del huésped. En nuestro laboratorio hemos demostrado la eficacia de productos basados en esporas de los hongos micoparásitos *Ampelomyces quisqualis* y *Lecanicillium lecanii*, así como de dos cepas de *Bacillus subtilis* (Figura 4), para controlar el oídio de cucurbitáceas en melón a escala semicomercial (Romero et al., 2007c). Además, las bases moleculares de la actividad de biocontrol de las cepas de *B. subtilis* han sido examinadas en detalle, estableciéndose el papel de los lipopéptidos de las familias de las iturinas y de las fengicinas como los principales responsables de la actividad antagonista contra *P. fusca* (Romero et al., 2007b).

evaluación de la resistencia se convierte en un proceso largo y tedioso, poco útil en la toma de decisiones, por lo que se hace necesario el desarrollo de sistemas de diagnóstico rápido de estas resistencias, para lo que se necesita establecer previamente las bases moleculares de las mismas. Las estrobilurinas o fungicidas QoI tienen su diana en la respiración mitocondrial del hongo, en concreto se unen al sitio Qo del complejo enzimático citocromo bc₁, bloqueando la transferencia de electrones en la cadena respiratoria y conduciendo a una deficiencia en ATP. En muchos hongos patógenos incluido *P. fusca*, la resistencia viene conferida por una mutación puntual en el gen *CYTb* lo que se traduce en un cambio de glicina por alanina en la posición 143 (G143A) del citocromo b. La presencia de esta mutación ha sido utilizada con éxito para la detección y cuantificación molecular de resistencia a fungicidas QoI en varios hongos fitopatógenos mediante PCR específica de alelo y qPCR. Curiosamente la sustitución G143A no se ha observado en ninguno de los aislados de *P. fusca* resistentes a QoI examinados en nuestro laboratorio, así como tampoco se ha observado ningún otro cambio que correlacione con la resistencia. Por lo tanto, el mecanismo molecular preciso que confiere resistencia a QoI en las poblaciones españolas de *P. fusca* no se ha identificado todavía. Por su parte, los DMI son los fungicidas más usados en agricultura y también contra los oídios. Actúan inhibiendo la citocromo P450 esterol 14- α -demetilasa (*CYP51*) lo que se traduce en una reducción de los niveles de ergosterol, un componente mayoritario de las membranas del hongo, y la acumulación de esteroides intermediarios tóxicos como

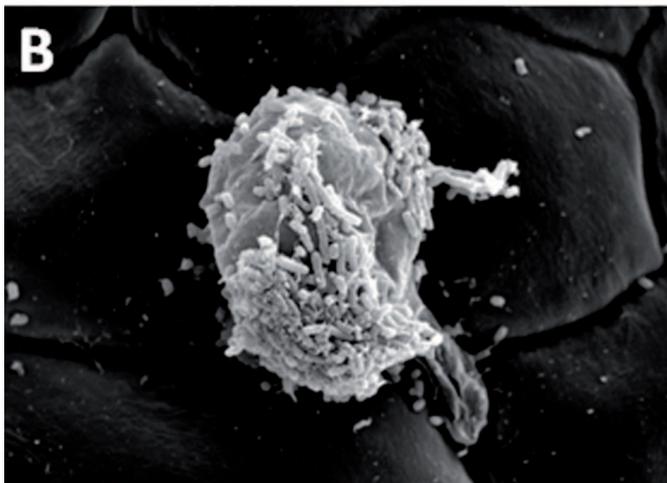


Figura 4. Agentes de control biológico de oídio de cucurbitáceas. A. Hifas de *Lecanicillium lecanii* penetrando (flecha) un conidio de *P. fusca*. **B.** Células de *Bacillus subtilis* sobre un conidio germinado de *P. fusca*.

Además, se constataron los daños ultraestructurales ocasionados por estos lipopéptidos en las membranas celulares de los conidios de *P. fusca* (Romero *et al.*, 2007a). Para cultivos en campo abierto como los de melón, la estrategia de usar hongos micoparásitos o bacterias productoras de antibióticos es inviable, ya que estos organismos son muy dependientes de una humedad relativa elevada para llevar a cabo con éxito la actividad de biocontrol, por lo que el empleo de estos microorganismos quedaría restringido a cultivos protegidos. Por tanto, se hace necesario o bien mejorar la supervivencia de estos agentes para su empleo en campo abierto, o bien considerar otro tipo de estrategias de control biológico que permitan evitar la exposición de los agentes a un ambiente tan difícil y cambiante como es la filosfera de estos cultivos. Una posible estrategia es el empleo de rizobacterias, como son ciertas cepas de *Pseudomonas* y *Bacillus* que colonizan el aparato radicular de la planta sin causar daño aparente y que parecen proteger a la planta de infecciones posteriores mediante la inducción de las defensas de la planta en un fenómeno conocido como resistencia sistémica inducida o ISR (van Loon *et al.*, 1998). En cucurbitáceas el fenómeno de la ISR ha sido demostrado únicamente en pepino y frente a algu-

nas enfermedades pero no frente a oídio. Por tanto, el empleo de rizobacterias inductoras de ISR aparece como una alternativa a explorar en la lucha contra el oídio de las cucurbitáceas. En nuestro laboratorio hemos seleccionado varias cepas de *P. fluorescens*, *B. subtilis* y *B. cereus* como rizobacterias inductoras de ISR en melón que parecen proteger frente al oídio en ensayos en cámara bajo condiciones controladas. En la actualidad estamos analizando las bases moleculares de la ISR en melón inducida por estas bacterias, así como su capacidad de protección frente a otras enfermedades y sobre otras plantas hospedadoras.

CONCLUSIONES

Podosphaera fusca representa una de las amenazas más serias para la producción de cucurbitáceas en todo el mundo. A pesar de los esfuerzos realizados para la obtención de variedades mejoradas y el desarrollo de nuevos fungicidas, el control efectivo y consistente de la enfermedad permanece aún esquivo a los agricultores. El uso de variedades resistentes, combinado con la alternancia de fungicidas y la progresiva introducción de alternativas más seguras que los productos químicos convencionales, incluyendo productos inorgánicos, orgánicos y biológicos, serán las estrategias usadas en el control de la enfermedad en los próximos años. Aunque el análisis genético de caracteres de *P. fusca* está todavía por resolver, las herramientas moleculares emergentes desarrolladas para el patógeno y la inminente secuenciación del genoma de *B. graminis* f. sp. *hordei* y otros oídios serán muy útiles para el planteamiento de investigaciones futuras. En concreto, estos avances facilitarán el análisis de los procesos fisiológicos y moleculares implicados en la patogenicidad y biología de *P. fusca*, y la comprensión del diálogo molecular entre patógeno y hospedador. Todo esto sentará las bases para el diseño de nuevas materias activas efectivas contra este oídio, permitiéndonos encarar la enfermedad y el diseño de programas de control de una manera más racional.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez B y Torés JA (1997) Cultivo in vitro de *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht. ex Fr.), efecto de diferentes fuentes de carbono sobre su desarrollo. *Bol San Veg Plagas* **23**, 283-288.
- Bardin M, Suliman ME, Sage-Palloix AM, Mohamed YF y Nicot PC (2007) Inoculum production and long-term conservation methods for cucurbits and tomato powdery mildews. *Mycol Res* **111**, 740-747.
- Fernández-Ortuño D, Pérez-García A, López-Ruiz F, Romero D, de Vicente A y Torés JA (2006) Occurrence and distribution of resistance to QoI fungicides in populations of *Podosphaera fusca* in south central Spain. *Eur J Plant Pathol* **115**, 215-222.
- Fernández-Ortuño D, Torés JA, de Vicente A y Pérez-García A (2007) Multiple displacement amplification, a powerful tool for molecular genetic analysis of powdery mildew fungi. *Curr Genet* **51**, 209-219.
- Fernández-Ortuño D, Torés JA, de Vicente A y Pérez-García A

- (2008) Field resistance to QoI fungicides in *Podosphaera fusca* is not supported by typical mutations in the mitochondrial cytochrome b gene. *Pest Manag Sci* **64**, 694-702.
- Kuzuya M, Yashiro K, Tomita K y Ezura H (2006) Powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) resistance in melon is categorized into two types based on inhibition of the infection processes. *J Exp Bot* **57**, 2093-2100.
- McGrath MT (2001) Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew: experiences and challenges. *Plant Dis* **85**, 236-245.
- Pérez-García A, Mingorance E, Rivera ME, del Pino D, Romero D, Torés JA y de Vicente A (2006) Long-term preservation of *Podosphaera fusca* using silica gel. *J Phytopathol* **154**, 190-192.
- Pérez-García A, Romero R, Fernández-Ortuño D, López-Ruiz F, de Vicente A y Torés JA (2009) The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca* (synonym *Podosphaera xanthii*), a constant threat to cucurbits. *Mol Plant Pathol* **10**, 153-160.
- Rivera ME, Codina JC, Olea F, de Vicente A y Pérez-García A (2002) Differential expression of beta-1,3-glucanase in susceptible and resistant melon cultivars in response to infection by *Sphaerotheca fusca*. *Physiol Mol Plant Pathol* **61**, 257-265.
- Romero D, de Vicente A, Olmos JL, Dávila JC y Pérez-García A (2007a) Effect of lipopeptides of antagonistic strains of *Bacillus subtilis* on the morphology and ultrastructure of the cucurbit fungal pathogen *Podosphaera fusca*. *J Appl Microbiol* **103**, 969-976.
- Romero D, de Vicente A, Rakotoaly RH, Dufour SE, Veening JW, Arrebola E, Cazorla FM, Kuipers OP, Paquot M y Pérez-García A (2007b) The iturin and fengycin families of lipopeptides are key factors in antagonism of *Bacillus subtilis* toward *Podosphaera fusca*. *Mol Plant-Microbe Interact* **20**, 430-440.
- Romero D, de Vicente A, Zerriouh H, Cazorla FM, Fernández-Ortuño D, Torés JA y Pérez-García A (2007c) Evaluation of biological control agents for managing cucurbit powdery mildew on greenhouse grown melon. *Plant Pathol* **56**, 976-986.
- Romero D, Rivera ME, Cazorla FM, Codina JC, Fernández-Ortuño D, Torés JA, Pérez-García A y de Vicente A (2008) Comparative histochemical analyses of oxidative burst and cell-wall reinforcement incompatible and compatible melon-powdery mildew (*Podosphaera fusca*) interactions. *J Plant Physiol* **165**, 1895-1905.
- Tomlins SA, Mehra R, Rhodes DR, Shah RB, Rubin MA, Bruening E, Makarow V y Chinnaiyan AM (2006) Whole transcriptome amplification for gene expression profiling and development of molecular archives. *Neoplasia* **8**, 153-162.
- van Loon LC, Bakker PAHM y Pieterse CM. (1998) Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annu Rev Phytopathol* **36**, 453-483.

IV Premio de fotografía en Microbiología Federico Uruburu



La cuarta edición de este premio se fallará durante la celebración del XXII Congreso Nacional de Microbiología - SEM 2009.

Bases del concurso:

- Podrán participar todas las personas interesadas en el tema inscritas en el XXII Congreso Nacional de Microbiología de la SEM (Almería, septiembre de 2009).
- Las fotografías se ajustarán al formato 18x24 cm. La fotografía tendrá que presentarse sobre cartulina que le sobrepase 3 cm alrededor.
- Para entrar en el concurso el tema será inédito y tendrá que estar relacionado con la Microbiología.
- La fotografía se presentará bajo un pseudónimo en un sobre cerrado junto con otro con los datos del autor: nombre, apellidos, número del DNI, domicilio y teléfono de contacto.
- Cada autor podrá concursar con un máximo de 3 fotografías.
- Los originales deberán remitirse a la Secretaría del XXII Congreso Nacional de la SEM:
Secretaría del XXII Congreso de la SEM
Departamento de Biología Aplicada (Área de Microbiología)
Universidad de Almería
La Cañada de San Urbano
04120 Almería
- El plazo para la recepción de fotografías concluirá el día de la

inauguración del XXII Congreso Nacional de Microbiología de la SEM (21 de septiembre).

- Se otorgará un único premio consistente en una cámara de fotos digital.
- Cada obra deberá llevar un título expreso, marcado en el pie de la fotografía, y una nota breve explicativa de su contenido, que no excederá de cincuenta palabras.
- Las obras presentadas a concurso quedarán expuestas durante el transcurso del XXII Congreso Nacional de Microbiología de la SEM.
- La elección de la obra galardonada se efectuará por votación popular entre los asistentes al XXII Congreso Nacional de Microbiología de la SEM. Durante su celebración, se comunicará debidamente a los congresistas el lugar y forma de realizar la votación.
- Las obras presentadas al concurso quedarán en propiedad de la Sociedad Española de Microbiología para su uso con fines divulgativos y siempre citando al autor.
- La organización exime su responsabilidad en cuanto al desperfecto o extravío de originales.
- La organización rechazará las obras que no cumplan los requisitos anteriormente expuestos.
- La participación en este concurso supone la total aceptación de estas bases.