Percepción bacteriana durante las primeras etapas de la interacción con plantas

EMILIA LÓPEZ SOLANILLA, JOSÉ JUAN RODRÍGUEZ HERVA Y GEMA LÓPEZ TORREJÓN

Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas (CBGP) Universidad Politécnica de Madrid (UPM/INIA-CSIC). Parque Científico y Tecnológico de la UPM. Campus de Montegancedo, 28223-Pozuelo de Alarcón (Madrid)

emilia.lopez@upm.es | jj.rodriguez@upm.es | gema.lopez@upm.es

https://www.cbgp.upm.es/index.php/es/?option=com_content&view=article&id=159

Foto de grupo. *Arriba de izda a derecha: Anastasia Magklara, Clara Gálvez Roldán, Saray Santamaría Hernando, Gema López Torrejón, Emilia López Solanilla, Claudia Sanchis López. Abajo de izquierda a derecha: Martí Munar Palmer, José Juan Rodríguez Herva, Sandra Nebreda Díaz.*

El laboratorio "Bacterias Fitopatógenas" desarrolla su actividad en el Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas (UPM/INIA-CSIC) y está liderado por la Doctora Emilia López Solanilla.

El objetivo principal de nuestra investigación es comprender los procesos específicos que tienen lugar durante el establecimiento de la infección bacteriana de las plantas con el objetivo de mejorar el diseño de estrategias de interferencia para luchar contra las enfermedades causadas por bacterias en plantas. Las bacterias fitopatógenas colonizan las superficies de las plantas y pueden multiplicarse epífita y saprofíticamente antes de ingresar al tejido vegetal. Cuando las condiciones son favorables, las bacterias ingresan por aberturas naturales o heridas y se multiplican en el apoplasto de la planta activando mecanismos de virulencia e induciendo los síntomas asociados a la enfermedad. En este escenario, tanto la supervivencia en la filosfera, como la entrada a la planta son etapas críticas que condicionan la aparición y propagación de la enfermedad. En los últimos años, nuestro trabajo se ha centrado en conocer las etapas vulnerables del ciclo de vida de las fitobacterias durante el inicio de la infección y los mecanismos de percepción bacteriana que permiten la adaptación al entorno.

Para abordar nuestros estudios empleamos dos modelos de bacterias fitopatógenas que representan diferentes estilos patogénicos: la bacteria hemibiotrofa *Pseudomonas syringae* pv tomato DC3000 (PsPto), que es el agente causal de la mota bacteriana en el tomate, y *Dickeya dadantii* 3937 (Dd3937), una enterobacteria necrotrofa causante de la podredumbre blanda en una amplia gama de huéspedes vegetales.

N.º 73 JUNIO 2022

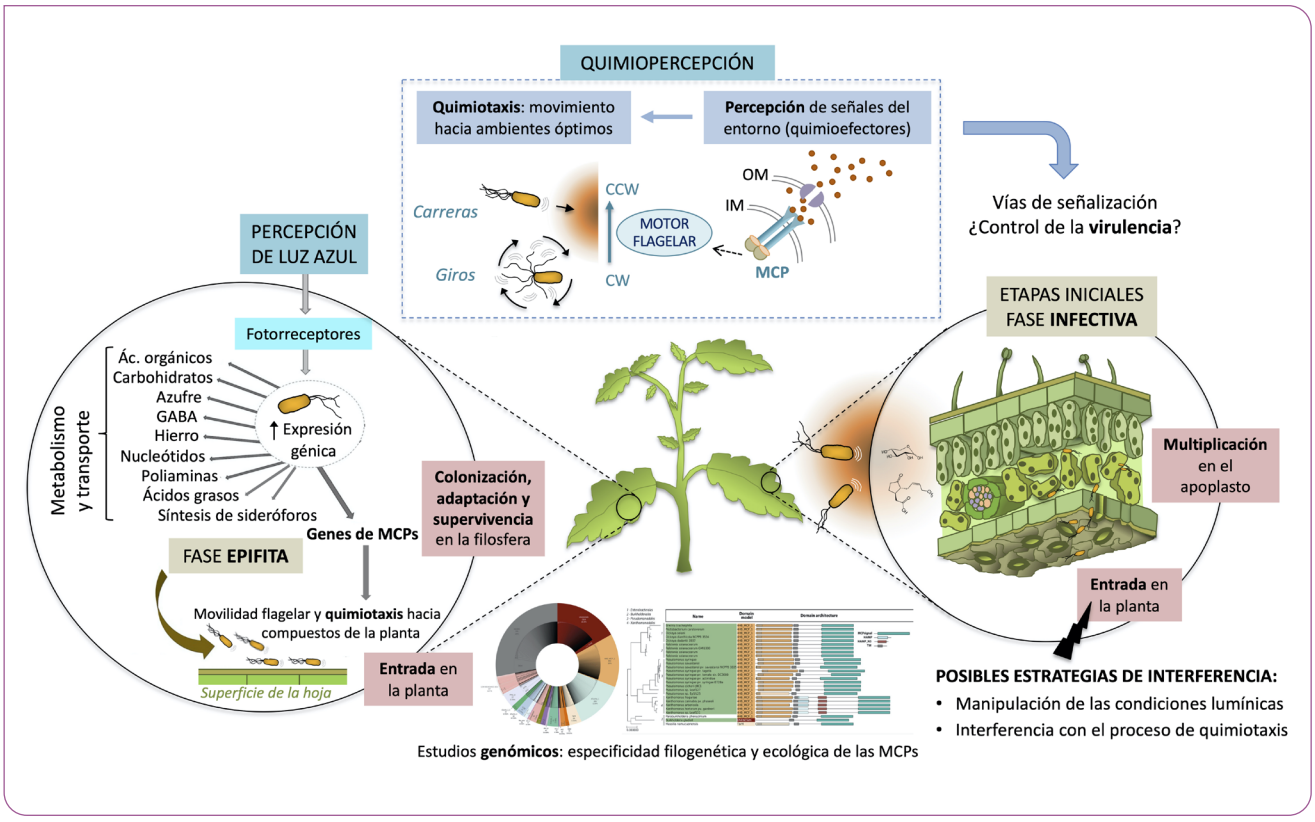

Diagrama explicativo sobre las líneas prioritarias de investigación del grupo "Bacterias Fitopatógenas" del CBGP/INIA-CSIC.

Durante los últimos años nos hemos centrado fundamentalmente en dos ejes de investigación dirigidos a analizar la respuesta a la luz durante la fase epifita y el papel de la quimiopercepción durante la infección.

La luz como señal que controla la patogénesis

La luz se ha revelado como una señal clave que controla las características de aptitud y patogenicidad en PsPto. El genoma de PsPto codifica una sola proteína de dominio LOV sensible a la luz azul y dos bacteriofitocromos sensibles a la luz roja. Hemos descrito que la percepción de la luz por PsPto afecta a la motilidad, la adherencia a las hojas de las plantas y la virulencia, y que estos fenotipos requieren la función de dichos fotorreceptores.

La luz induce una reprogramación genética en PsPto que implica cambios a gran escala en las funciones relacionadas con la tolerancia al estrés y la virulencia. Entre otros aspectos hemos descrito la regulación positiva mediada por luz azul de genes T3SS y la regulación negativa mediada por luz roja de genes de biosíntesis de coronatina, ambos factores de virulencia centrales en esta bacteria. Estos cambios van acompañados de cambios en la virulencia que incluso dependen de la longitud de onda a la que se exponen las poblaciones bacterianas y del estado fisiológico de las plantas con respecto al ciclo diurno. Además, hemos descrito un efecto "priming" nocturno mediado por la detección de la ausencia de luz, que optimiza la entrada bacteriana a través de los estomas al amanecer. En conjunto, estos resultados respaldan un modelo en el que PsPto optimiza la invasión de hojas y el posterior crecimiento en el apoplasto mediante la explotación de señales basadas en la presencia, ausencia y calidad de la luz.

Quimiopercepción durante el proceso de infección

La señalización que subyace a la quimiopercepción se inicia mediante el reconocimiento de señales, conocidas como quimioefectores, por parte de quimiorreceptores (CR) o proteínas de quimiotaxis aceptoras de metilo (MCP). Los quimiorreceptores difieren en topología, modo de detección, ubicación celular y tipo de dominio de unión a ligando (LBD). El número de quimiorreceptores depende del estilo de vida bacteriano. Además, muchos genomas bacterianos codifican múltiples vías quimiosensoriales. En la mayoría de las bacterias fitopatógenas, el número de quimiorreceptores es significativamente alto, lo que sugiere que la percepción a través de estas proteínas tiene un papel relevante en la fisiología de estas bacterias.

Nuestro grupo ha trabajado en la descripción y análisis de la quimiotaxis en las bacterias modelo con las que trabajamos, determinando el perfil de quimioefectores a los que responden, estudiando la relevancia de la quimiotaxis durante el proceso de infección y describiendo el repertorio de quimiorreceptores en ambos modelos. Además, hemos caracterizado la función de quimiorreceptores específicos implicados en la percepción de aminoácidos, de

azúcares de pared vegetal y de fitohormonas, y hemos descrito su implicación en la virulencia.

También estamos interesados en el análisis de las vías de señalización activadas a partir de la función de los quimiorreceptores, ya que diversas evidencias obtenidas en nuestros trabajos apuntan a un control de funciones adicionales a la motilidad que entroncan con el control global de la virulencia. Adicionalmente, y en relación con esto, hemos encontrado evidencias que sugieren un acoplamiento de la percepción de la luz y la quimiopercepción en poblaciones epifitas.

Además, estamos llevando a cabo una aproximación bioinformática al estudio de los quimiorreceptores en genomas de bacterias asociadas a plantas. Nuestros trabajos nos han permitido describir la especificidad filogenética y ecológica de los quimiorreceptores para identificar aquellos específicamente involucrados en la interacción con las plantas.

Publicaciones seleccionadas

Sanchis-López C, Cerna-Vargas JP, Santamaría-Hernando S, Ramos C., Krell T, Rodríguez-Palenzuela P, López-Solanilla E, Huerta-Cepas J y Rodríguez-Herva JJ. (2021). Prevalence and specificity of chemoreceptor profiles in plant-associated bacteria. mSystems e00951-21.

Santamaría-Hernando S, Cerna-Vargas JP, Martínez-García PM, de Francisco-de Polanco S, Nebreda S, Rodríguez-Palenzuela P, Rodríguez-Herva JJ y López-Solanilla E. (2020). Blue light perception by epiphytic *Pseudomonas syringae* drives chemoreceptor expression enabling efficient plant infection. Mol Plant Pathol 21: 1606-1619.

Cerna-Vargas JP, Santamaría-Hernando S, Matilla MA, Rodríguez-Herva JJ, Daddaoua A, Rodríguez-Palenzuela P, Krell T y López-Solanilla E. (2019). Chemoperception of specific amino acids controls phytopathogenicity in *Pseudomonas syringae* pv. tomato. mBio 10: e01868-19.

Santamaría-Hernando S, Senovilla M, González-Mula A, Martínez-García PM, Nebreda S, Rodríguez-Palenzuela P, López-Solanilla E y Rodríguez-Herva JJ. (2019). The *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000 PSPTO_0820 multidrug transporter is involved in resistance to plant antimicrobials and bacterial survival during tomato plant infection. PLoS *ONE* 14: e0218815.

Santamaría-Hernando S, Rodríguez-Herva JJ, Martínez-García P, Río-Álvarez I, González-Melendi P, Zamorano J, Tapia C, Rodríguez-Palenzuela P y López-Solanilla E. (2018). *Pseudomonas syringae* pv. tomato exploits light signals to optimize virulence and colonization of leaves. Environ Microbiol 20: 4261-4280.

Martínez-García PM, López-Solanilla E, Ramos C y Rodríguez-Palenzuela P. (2016). Prediction of bacterial associations with plants using a supervised machine-learning approach. Environ Microbiol 18: 4847–4861.

Río-Alvarez I, Muñoz-Gómez C, Navas-Vásquez M, Martínez-García PM, Antúnez-Lamas M, Rodríguez-Palenzuela P y López-Solanilla E. (2015). Role of *Dickeya dadantii* 3937 chemoreceptors in the entry to Arabidopsis leaves through wounds. Molecular Plant Pathol 16: 685-698.

Martínez-García PM, Ramos C y Rodríguez-Palenzuela P. (2015). T346Hunter: a novel web-based tool for the prediction of type III, type IV and type VI secretion systems in bacterial genomes. PLoS ONE 10: e0119317.

Río-Álvarez I, Rodríguez-Herva JJ, Manuel Martínez P, González-Melendi P, García-Casado G, Rodríguez-Palenzuela P y López-Solanilla E. (2014). Light regulates motility, attachment and virulence in the plant pathogen *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000. Environ Microbiol 16: 2072-2085.

Río-Álvarez I, Rodríguez-Herva JJ, Cuartas-Lanza R, Toth I, Pritchard L, Rodríguez-Palenzuela P y López-Solanilla E. (2012). Genome-wide analysis of the response of *Dickeya dadantii* 3937 to plant antimicrobial peptides. Mol Plant-Microbe Interact 25: 523-533.