

# **1. SIMPOSIO: ENFERMEDADES DE RIESGO DEL BANANO**

## 1.1. MANEJO INTEGRADO DE FUSARIOSIS DEL BANANO

### [Integrated management of banana *Fusarium* blight]

Fernando Haddad, Edson Perito Amorim, Leandro de Souza Rocha.

Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA, Brasil. Fernando.haddad@embrapa.br

La bananicultura brasileña se encuentra entre las cinco más grandes del mundo, con una producción aproximada de 6,8 millones de toneladas en 457,410 mil hectáreas cultivadas (IBGE, 2023). Es importante destacar que las estadísticas brasileñas no diferencian entre la producción de plátano y banano. Las plantaciones del banano están extendidas por todo el territorio brasileño, con énfasis en las regiones Noreste y Sureste, que en 2022 fueron responsables del 35.1 y 33.5% del volumen total de producción, respectivamente (IBGE, 2023). Actualmente, el cultivo en Brasil se basa principalmente en cultivares del subgrupo Prata, destacando BRS Prata-Anã (AAB), clon Prata Gorutuba y Prata Catarina. No obstante, cultivares como ‘Grande Naine’, ‘Nanica’ y ‘Nanicão’, pertenecientes al

Cavendish, principal fruto de exportación en la producción mundial, también gana relevancia en los cultivos del Sureste y Sur de Brasil. Sin embargo, este cultivo enfrenta desafíos fitosanitarios constantes y ampliamente distribuidos geográficamente, destacándose los problemas relacionados con hongos y nematodos. En las principales regiones de bananicultura en Brasil, las mayores pérdidas en la producción de cultivares del subgrupo Prata y Manzano están asociadas a la marchitez por *Fusarium* raza 1, agravadas por la presencia de nematodos del género *Meloidogyne* spp. y *Radopholus similis*, presentes en las principales zonas productoras de banano. Por ejemplo, en el Norte de Minas Gerais (NMG), las pérdidas alcanzan el

100% en bananeras del subgrupo Prata. Existe consenso en que el control cultural y biológico aplicado de manera individual no es eficiente para controlar la enfermedad en variedades susceptibles.

En NMG, algunos productores han eliminado las bananeras de ‘Prata’, susceptibles al patógeno y con alta incidencia de marchitez por *Fusarium*, y han plantado cultivares del subgrupo Cavendish, resistentes a la raza 1 de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc). Sin embargo, las variedades tipo Cavendish tienen un menor valor en el mercado brasileño y, en condiciones de alta densidad de inóculo, pueden verse afectadas y favorecer el surgimiento de nuevas poblaciones del patógeno, más agresivas y con virulencia diferenciada.

La resistencia genética se destaca como la opción de manejo más eficaz y sostenible para la enfermedad (Stover, 1986). Sin embargo, el uso de variedades resistentes para el control de la enfermedad es limitado debido a la variabilidad genética del patógeno (Rocha *et al.*, 2022; Batista *et al.*, 2022; Costa *et al.*, 2014) y a la suplantación de la resistencia causada por la infección de nematodos, principalmente *R. similis* (Rocha *et al.*, 2020). Para el grupo Manzano, la principal variedad, desarrollada por Embrapa, es BRS Princesa (Manzano Princesa), que está en plena adopción en Brasil y tiene un alto valor de mercado. En poco tiempo, sustituirá a la variedad tradicional de Manzano. Para el subgrupo Prata, tenemos BRS Platina, que tiene adopción en algunas localidades, pero se está

desarrollando un nuevo híbrido con características comerciales superiores.

La interacción entre nematodos y Foc en el banano es clave para la eficiencia de la resistencia. En los trabajos de Embrapa, la estrategia para el manejo de la marchitez por *Fusarium* combina el control genético y biológico. Para ello, ya se cuenta con tecnologías en fase de registro de dos productos biológicos para el manejo de nematodos y la marchitez de *Fusarium* en el Ministerio de Agricultura brasileño. Estas tecnologías, junto con el control genético, logran un control total de la marchitez de *Fusarium* en invernaderos y campo.

La principal tecnología desarrollada para integrar el manejo de la enfermedad es un aislado de *Trichoderma asperellum*, con resultados excelentes a nivel de campo (Haddad *et al.*, 2018). La estrategia para el uso del control biológico incluye no solo el efecto directo del agente sobre Foc, sino también el uso de microorganismos que estimulen el desarrollo del banano, proporcionando nutrientes y promoviendo el crecimiento (Moreira *et al.*, 2021). Otro factor importante en el uso de microorganismos antagonistas a Foc es la protección de genotipos resistentes frente a la suplantación de esa resistencia por parte del patógeno.

**Literatura Citada.** Batista I, Heck DW, Santos A, Alves G, Ferro C, *et al.* 2022. The population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in Brazil is not structured by VCG or by geographic origin. *Phytopathology* 125:1-54. 10.1094/PHYTO-02-

22-0045-R. Costa SN, Bragança CAD, Ribeiro LR, Amorim EP *et al.* 2014. Genetic structure of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in different regions from Brazil. *Plant Pathology* 64(1):137-146. <https://doi.org/10.1111/ppa.12242>. Haddad F, Rocha LS, Soares ACF, Martins IPS *et al.* 2018. Management of *Fusarium* wilt of bananas in Minas Gerais, Brazil. *Acta Horticulturae* 1: 137-146. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<https://ibge.gov.br>. Acesso em 10 de novembro de 2023. Moreira, FM, Cairo PAR, Borges AL, Silva LD and Haddad F. 2021. Investigating the ideal mixture of soil and organic compound with *Bacillus* sp. and *Trichoderma asperellum* inoculations for optimal growth and nutrient content of banana seedlings. *South African Journal Of Botany* 137: 249-256, 2021. Rocha AJ, Ferreira MS, Rocha LS, Oliveira SAS, Amorim EP, Mizubuti ESG and Haddad, F. 2020. Interaction between *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* and *Radopholus similis* can lead to changes in the resistance of banana cultivars to *Fusarium* wilt. *European Journal of plant pathology* 157. Rocha AJ, Soares JMS, Nascimento FS, Rocha AS, Amorim VBO, Ramos APS, Ferreira CF, Haddad F and Amorim EP. 2022. Molecular, Histological and Histochemical Responses of Banana Cultivars Challenged with *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* with Different Levels of Virulence. *Plants* 11: 2339. Stover RH and Buddenhagen IW. 1986. Banana breeding: Polyploidy, disease resistance and productivity. *Fruits* 41: 175-191.

## 1.2. GESTIÓN DEL RIESGO DEL FOC R4T PARA MÉXICO Y OTRAS ENFERMEDADES EMERGENTES EN EL CULTIVO DE PLÁTANO

[Foc TR4 risk management for Mexico and other emerging diseases]

Francisco Ramírez y Ramírez<sup>1</sup>, Guillermo Santiago-Martínez<sup>1\*</sup>, José Guadalupe Florencio-Anastasio<sup>2</sup>.  
<sup>1</sup>Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica). Insurgentes Sur No. 489, Piso-7, CP. 06100. Colonia Hipódromo, Alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México. <sup>2</sup>Programa Operativo Diagnóstico (Referencia Fitosanitaria) Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - Senasica. Carretera Federal México-Pachuca km 37.5, 55740 Tecámac, Estado de México, México. \*Autor para correspondencia: guillermo.santiago@senasica.gob.mx

La marchitez de las musáceas por *Fusarium* es inducida por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T), se ha detectado en 24 países a nivel mundial, incluyendo algunas áreas determinadas en Colombia, Perú y Venezuela del continente americano. Debido a que Foc R4T es una plaga ausente en México, el Senasica se planteó como objetivo implementar un Plan estratégico para prevenir la introducción de la plaga. Se realizó una recopilación de información de las acciones que realiza el Senasica contempladas en el Plan estratégico, tales como: vigilancia (Senasica, 2024), diagnóstico fitosanitario (Senasica, 2023), inspección turística y de mercancías, eventos de comunicación de riesgo y capacitación para reconocimiento de síntomas sospechosos, entre otros. Como parte de la gestión del riesgo, el Senasica determinó que Foc R4T es una plaga de importancia cuarentenaria y estableció medidas fitosanitarias para mitigar el riesgo de introducción. En los puntos de ingreso al país se inspeccionan productos y subproductos de musáceas para su intercepción y, en su caso, retención y/o destrucción; incluyendo la inspección a turistas de manera directa y no intrusiva. Desde 2011 se realizan muestreos para la detección oportuna de la plaga, la vigilancia fitosanitaria se prioriza en áreas que presentan condiciones

potenciales para la expresión de síntomas de la plaga. Se cuenta con un protocolo de diagnóstico fitosanitario armonizado con la NIMF No. 27. Además, se realizan actividades para comunicar a los sectores vinculados en el cultivo de plátano, el riesgo que representa la plaga y eventos de capacitación para el reconocimiento de síntomas de la enfermedad. El Senasica coordina un proyecto para la generación de variedades resistentes y manejo integrado de la plaga mediante el aislamiento y evaluación de organismos antagonistas. Importante indicar que, a junio de 2024, 788 muestras de tejido vegetal de pseudotallo (haces vasculares) de plátano con síntomas de amarillamiento de las hojas sospechosas a Foc R4T, colectadas en los 16 estados productores, han resultado negativas.

**Literatura Citada.** IPPC. 2016. International Standards for Phytosanitary Measures No. 27. <https://www.fao.org/3/cb2615es/cb2615es.pdf>. IPPC. 2021. International Standards for Phytosanitary Measures No. 11. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/66d30348-138e-4eea-9161-bd2316e7cf58/content>. Senasica. 2023. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/protocolos-de-diagnostico>. Senasica. 2024. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/manuales-operativos-del-pvef?state=published>

### 1.3. VIGILANCIA DINÁMICA DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* RAZA 4 TROPICAL EN MÉXICO

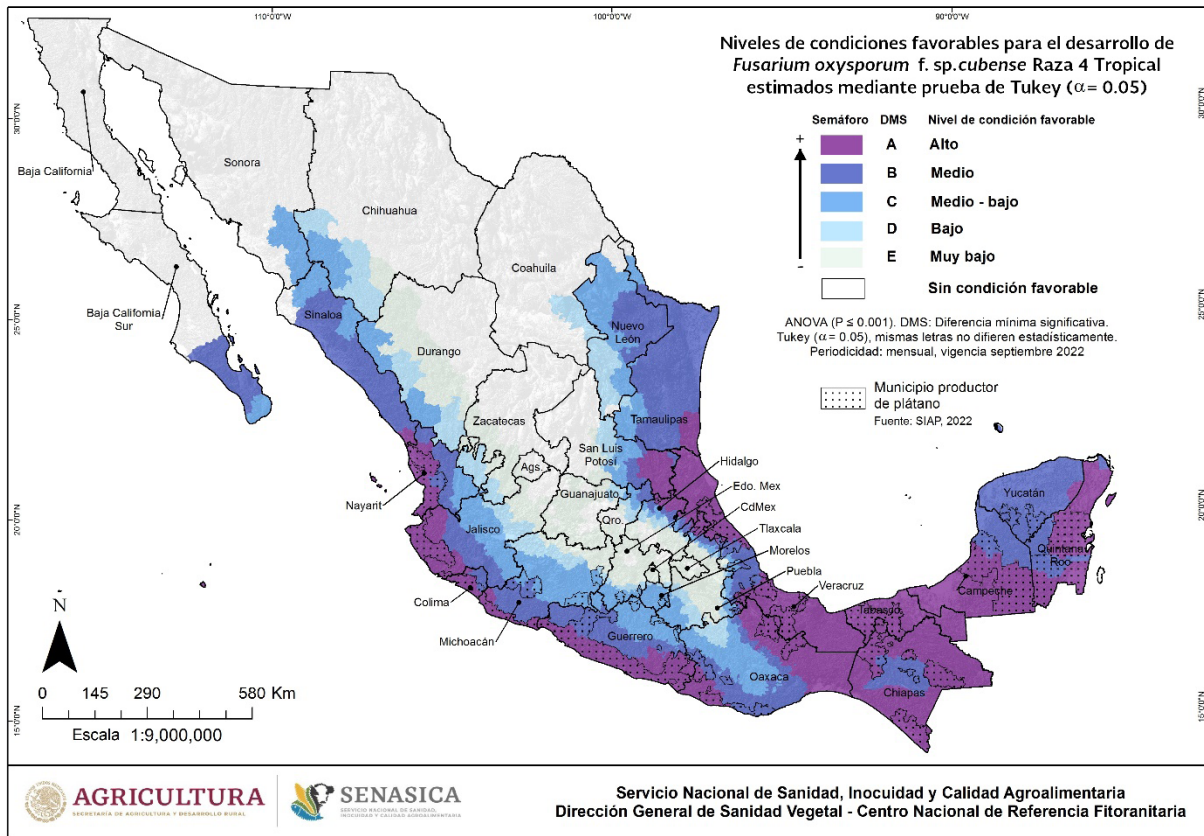
[Dynamic surveillance of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* Tropical Race 4 in Mexico]

Guillermo Santiago-Martínez<sup>1</sup>, Daniela Alejandra Bocanegra-Flores<sup>1</sup>,  
José Guadalupe Florencio-Anastasio<sup>1\*</sup>, María Margarita Oliva-Hurtado<sup>1</sup>, Gabriel Peralta-Valverde<sup>1</sup>,  
Sandra Berenice Rositas-Tristán<sup>1</sup>, Oscar Sánchez-Martínez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Dirección General de Sanidad Vegetal, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Carretera Federal México-Pachuca km 37.5, 55740 Tecamac, Estado de México, México. \*Autor para correspondencia: jose.florencio.i@senasica.gob.mx

La Marchitez de las musáceas, ocasionada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* Raza 4 Tropical (Foc R4T), es una plaga de importancia económica en la producción de banano en el mundo. En México su condición es Ausente y de importancia cuarentenaria, por lo que, el Senasica realiza acciones de vigilancia para su detección oportuna en 16 entidades federativas. Con la finalidad de optimizar la vigilancia con un enfoque dinámico y flexible en tiempo y espacio, el objetivo del trabajo fue desarrollar un modelo dinámico para delimitar áreas con condiciones potenciales para la expresión de síntomas de la plaga. Para ello, se utilizaron: una cuadrícula de 1 km<sup>2</sup> (cuadrante), que abarca todo el país; variables climáticas obtenidas del modelo Climate Forecast System versión 2, el software GrADS para la visualización de cuadrículas, se realizó una interpolación de variables climáticas y se

obtuvieron los pronósticos y perspectivas climáticas mensuales por cuadrante, tomando en cuenta las condiciones óptimas para el desarrollo de Foc R4T, de acuerdo con la literatura; se determinaron escalas estimando el efecto de las variables, así como índices parciales y generales de cada cuadrante, finalmente, se integraron las variables fijas. Como resultado, el modelo permite priorizar seis niveles con condiciones favorables para la expresión de síntomas, que va de Alto a Sin condición, y a diferentes escalas que van de lo nacional hasta nivel de predio o parcela, permitiendo priorizar y dirigir las actividades mensuales de muestreo implementadas por Senasica para la detección oportuna de la enfermedad en puntos específicos de las diferentes áreas productoras, con base en una lógica dinámica y flexible en espacio y tiempo; optimizando los recursos económicos y humanos disponibles.



**Figura 1.** Estimación de condiciones favorables potenciales para la expresión de síntomas de Foc R4T en México para el mes de septiembre de 2022, por medio del modelo dinámico.

**Literatura Citada.** Senasica. 2017. Manual técnico del trapeo preventivo contra moscas exóticas de la fruta. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica). <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/288484/Ma->

[nual\\_del\\_Trapeo\\_Preventivo\\_de\\_Moscas\\_Exóticas.pdf](#). SMN-CONAGUA. 2023. Pronóstico climático de precipitación y temperatura. Servicio Meteorológico Nacional de México-Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>.

## 1.4. SITUACIÓN ACTUAL DEL MOKO DEL PLÁTANO (*Ralstonia solanacearum* Raza 2) EN MÉXICO

### [Current situation of the banana moko (*Ralstonia solanacearum* Race 2) in Mexico]

Jose Manuel Gutiérrez-Ruelas<sup>1</sup>; Jesús García-Feria<sup>1</sup>; Ana Martha Cuellar-Tule<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Dirección de Protección Fitosanitaria, Dirección General de Sanidad Vegetal, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. \*Autor de correspondencia: ana.cuellar@senasica.gob.mx.

La bacteria *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (fototipo II), conocido comúnmente como “Moko del plátano”, el cual ataca al cultivo del plátano, causando la marchitez y muerte, es de difícil manejo y resulta uno de los problemas fitosanitarios más serios que afectan a Musáceas en regiones tropicales y subtropicales del mundo. En México se encuentra presente, no ampliamente distribuida y bajo control oficial en Chiapas y Tabasco. Las condiciones que favorecen el desarrollo, diseminación y supervivencia de la enfermedad son: a) suelo, agua e insectos; b) material vegetal: movimiento de cormos e hijuelos enfermos y asintomáticos y c) medidas fitosanitarias ineficientes. Sin embargo, la dispersión más importante se realiza a través del movimiento de plantas infectadas. El Senasica publicó la NOM-068-SAG/FITO-2015, *Por la que se establecen las medidas fitosanitarias para combatir el moko del plátano y prevenir su dispersión*, a fin de priorizar recursos, así como esfuerzos importantes a través de la Campaña contra Moko del Plátano en cualquier parte del territorio mexicano donde se detecte su presencia. La campaña ejecuta acciones de exploración, muestreo, diagnóstico y control de

focos de infección en 33,161 hectáreas, las cuales incluyen medidas de bioseguridad y de comunicación del riesgo, ejecutadas por personal técnico de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal en Chiapas y Tabasco. Actualmente, se cuenta con avances significativos, logrando el confinamiento de la enfermedad en los municipios de Mazatán, Pichucalco, Reforma, Tapachula y Suchiate, Chiapas; y en Centro, Cunduacán, Huimanguillo, Tacotalpa y Teapa, Tabasco. En el resto de los estados productores de plátano se mantiene ausente la plaga. Estas acciones también contribuyen a la vigilancia y detección temprana de la Marchitez por *Fusarium* – Foc R4T (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical), plaga ausente en México.

**Literatura Citada.** Senasica. 2023. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/FichasTecnicasV2.aspx>. Senasica. 2021. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/642207/MANUAL\\_OPERATIVO\\_MOKO\\_DEL\\_PL\\_TANO\\_2021.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/642207/MANUAL_OPERATIVO_MOKO_DEL_PL_TANO_2021.pdf). Senasica. 2024. <https://dj.senasica.gob.mx/AtlasSanitario/storymaps/moko.html>

## 2. SIMPOSIO: NUTRICIÓN Y FITOSANIDAD



## 2.1. NUTRICIÓN SOSTENIBLE PARA POTENCIAR LA SANIDAD DE LOS CULTIVOS: LA VISIÓN DE YARA

### [Sustainable nutrition to improve crop health: Yara's Vision]

Jorge Luis Flores-Sánchez<sup>1</sup>, Alejandro Huesca<sup>1</sup>, Santiago Domínguez-Monge<sup>2</sup>,

Joaquín Velazquez-Monreal<sup>3</sup>, Miguel Manzanilla-Ramirez<sup>3</sup>, Hector San Martín-Matheis<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Yara Mexico. Av. Américas 1545 Col Providencia, Guadalajara, Jalisco 44630. <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Ixtacuaco. Canoas Km. 4.5, Cong. Javier, Rojo Gómez, Tlapacoyan, Veracruz 93600. <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental Tecomán. KM. 35, Carretera Colima-Manzanillo, Tecomán, Colima 28930. <sup>4</sup>Facultad de Agronomía-UAS. A Entronque Carretera Culiacan-El Dorado 5-Km.17, Culiacán, Sinaloa 80000.

Jorge.flores@yara.com

La nutrición vegetal desde la visión clásica es inherente al manejo integrado del cultivo; sin embargo, de acuerdo a los desafíos globales como el calentamiento global, emergencia de nuevas plagas y enfermedades, disponibilidad limitada de agua y suelo arable, es imperativo un enfoque holístico que permita hacer más eficiente el uso de los nutrientes (EUN), eficiencia del uso del agua (EUA), reducir la huella de carbono y potenciar la sanidad de los cultivos. Estos pilares fueron evaluados en dos estudios desarrollados con el objetivo de medir el efecto de la nutrición balanceada para mitigar el efecto productivo del HLB en limón mexicano (LM) y limón persa (LP) en Tecomán, Colima y Martínez De la Torre, Veracruz, respectivamente, con 100 % de severidad. Se establecieron cuatro tratamientos en LM, T3 y T4 consistieron en dosis balanceadas de N-P-K-Mg-S y Ca (T3=120-36-60-3-26-134; T4=149-73-120-20-53-150). El T2

(T2=testigo INIFAP) consistió en N-P-K (120-60-60) y T1 (T1=testigo absoluto) sin aplicación. En LP (T3=190-56-147-10-60-102; T4=225-68-222-20-90-119), T2 (T2=testigo regional) consistió en N-P-K (180-50-150) y T1 (T1=testigo absoluto) sin aplicación. Se evaluó el rendimiento (kilogramos de frutos) por árbol/año. En ambos casos, el mejor tratamiento fue T4, en LM el incremento en rendimiento fue de 27 % en comparación con el testigo regional y 37 % en comparación con el testigo absoluto. En LP fue del 13 % y de 53 %, regional y testigo absoluto, respectivamente. Adicionalmente, se determinó que el tratamiento T4 reduce 50 % las emisiones de carbono (kg eCO<sub>2</sub>/t), en comparación con el testigo regional de ambas regiones. Lo anterior enfatiza la importancia de la nutrición balanceada como medida de manejo eficiente del HLB de los cítricos en la región y coadyuva a mantener la producción global de alimentos.

## 2.2. EFECTO DE LA BIOESTIMULACIÓN EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTA, HUANGLONGBING (HLB), WOOD POCKET Y LAS RESERVAS EN ÁRBOLES DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia*) EN MARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ, MEXICO

Julio Chavarin, Acadian, México  
jchavarin@acadian.ca

Se evaluó la efectividad de la línea Acadian Plant Health en la producción, reducción de síntomas de HLB y Wood Pocket, así como las reservas en hojas y raíces en el cultivo de limón Persa (*Citrus latifolia*) en comparación con un tratamiento estándar del mercado, cultivado en forma convencional. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos: aplicados al follaje y/o suelo: 1. Stimplex Foliar, 2. Acadian Suelo + Stimplex Foliar, 3. Acadian Gold Star vía Drench + Stimplex Foliar, 4. Estandar comercial vía foliar, los cuales se compararon con el 5. Testigo productor cooperante (Sin Bioestimulación) con tres repeticiones en cinco árboles para Grado 1 y 2, con un total de 75 árboles para cada grado. Los datos se analizaron con ANOVA y comparación de medias por Tukey (0.05 %), en un área de 1.0 m<sup>2</sup>/punto cardinal del árbol. Se registraron las siguientes variables: Porcentajes de daño en árboles mediante la fórmula de Abbott para HLB y Wood Pocket, Flores/m<sup>2</sup>, frutos amarrados/m<sup>2</sup>, frutos/árbol, kg/ha, brotes totales (BT), hojas totales (HT), hojas sanas (HS) y dañadas con Huanglongbing (HDHLB) así como hojas dañadas por Wood Pocket (HDWP), reservas en hojas (clorofila y azúcares) y raíces (almidón y Arginatos). El Déficit de Presión de Vapor (DPV) indicó una transpiración baja a óptima en árboles de limón Persa, R<sup>2</sup>= 0.8816 con un comportamiento lineal accedente en los seis meses de estudio.

Hubo una reducción en los efectos de WP/HLB en árboles grado 1 y 2 con daño bajo a sin efecto, follaje verde, pocas ramas secas y menor cantidad de frutos afectados, en árboles tratados con Stimplex, Stimplex + Acadian y Gold Star + Stimplex. Mayor número de frutos por árbol y kilos por hectárea, menor cantidad de frutos con manchado sectorial (WP), así como mayor número BT, mayor tamaño del brote, más hojas por brote, mayor número de hojas sanas y menor número de HDWP donde se aplicó Stimplex, Stimplex + Acadian y Gold Star + Stimplex, que con respecto al testigo. Las reservas en árboles con Grado 1 mantienen un equilibrio en hojas (Azúcares y clorofila) y raíces (almidón y arginatos) con valores óptimos en árboles tratados con productos Acadian al follaje y suelo que, con respecto al estándar comercial y testigo absoluto. En los tratamientos con productos Acadian, los árboles tuvieron una mayor cantidad de raíces para grado 1 que con respecto a los tratados en grado 2. La nutrición foliar y regulador de crecimiento Tipo I de los productos Acadian fue efectiva y no provocó síntomas de toxicidad en hojas, flores y frutos. Los productos Acadian aplicados al follaje y suelo en sus diferentes dosis y número de aplicaciones puede ser utilizado en el manejo de WP y HLB, en el cultivo de limón Persa, así como implementarlo en el programa de manejo integrado de este cultivo.

# 3. SIMPOSIO: MANEJO QUÍMICO CON UN ENFOQUE SUSTENTABLE

### 3.1. A PERSPECTIVE OF TRADITIONAL AND BIOLOGICAL FUNGICIDES AS SUSTAINABLE SOLUTIONS FOR MANAGING CROP DISEASES

[Una perspectiva de los fungicidas tradicionales y biológicos como soluciones sostenibles para el manejo de enfermedades en los cultivos]

Cruz Avila-Adame

Corteva Agriscience, 9330 Zionsville Road, Indianapolis, IN, 46268, USA.

E-mail: cruz.avila-adame@corteva .com

According to the United Nations, the global population could reach 9.7 billion in 2050. This continuous human growth requires an increase of food production in a world where the arable land is becoming a critical limitation. Yet, plant fungal pathogens also constitute a major threat to the 168 crops considered by the Food and Agriculture Organization as essential to feed the people. To mitigate crop losses caused by fungal diseases, chemical control has been, and will continue being, a reliable alternative for growers. However, the development of pathogen resistance to the 3 current major classes of fungicides, and the customer demand for more environmentally friendly and sustainable solutions restrain a broader use of synthetic fungicides. The agrochemical industry is investing in developing

safer traditional and biological solutions for crop protection. Currently, Inatreq™ and Adavel™ actives developed by Corteva Agriscience are natural-product inspired fungicides with a novel mode of action and reduced rate per ha to control highly important ascomycete and basidiomycete pathogens, such as *Zymoseptoria tritici* in wheat. Furthermore, biologicals are a rapidly growing market and biofungicides can be incorporated into a disease control strategy. A program like this may enable farmers to spray less often or use lower amounts of conventional fungicides and would also delay development of fungicide resistance. This talk will provide a perspective on how traditional and biological fungicides can be integrated as sustainable alternatives to control fungal plant pathogens.

# 4. SIMPOSIO: CONTROL BIOLÓGICO DE FITOPATÓGENOS

## 4.1. PERSPECTIVAS SUSTENTABLES DEL CONTROL BIOLÓGICO

### [Sustainable perspectives of biological control]

\*Jairo Cristóbal-Alejo,

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Laboratorio de Fitopatología.

Tecnológico Nacional de México/Campus Conkal, Yucatán, México

\*jairoca54@hotmail.com

En la península de Yucatán, donde se concentra la reserva hidrológica de México, se cultivan hortalizas de ciclo corto, esta actividad dinámica, predispone a estos cuerpos de agua en riego permanente de contaminación por agroquímicos convencionales, por lo que es imperante que se mantengan áreas de producción con un enfoque sustentable. La estrategia para conseguirlo, es a través de la prevención, mediante monitoreos del clima, que permita relacionar ciclos biológicos y prevalencia de los fitopatógenos, también con la implementación de tácticas de manejo que incluyen el cultural y el biológico. En este último, se conocen alrededor de 750 especies de hongos como *Beauveria*, *Metarhizium*, *Trichoderma* y micorrizas, que se aplican como agentes de control biológico de enfermedades de la raíz y como promotores de crecimiento vegetal (2, 4). Combinaciones de estos microorganismos son utilizados con resultados exitosos en combinación con portainjertos de cultivares silvestres, para disminuir el progreso de epidemias en cultivos tropicales protegidos y a cielo abierto (1, 5). En postcosecha, la exploración y validación de estructuras orgánicas de extractos vegetales, es exitosa para el control de hongos fitopatógenos (3). El potencial y la evidencia del control biológico y biorracional de enfermedades con microorganismos y moléculas naturales, son recursos que se deben de explotar, con el propósito de elaborar bioinsumos y proteger de la contaminación los ecosistemas por la activi-

dad agrícola y, salvaguardar los recursos naturales.

**Literatura citada.** 1. Celis-Perera SE, Cristóbal-Alejo J, Reyes-Ramírez A, Garruña-Hernández R, Tun-Suarez JM and Gamboa-Angulo M. 2023. *Trichoderma asperellum* Ta13-17 in the growth of *Solanum lycopersicum* and biocontrol of *Corynespora cassiicola*. Revista mexicana de fitopatología 41(1): 70-81. 2. Cristóbal-Alejo J, Ramos-Zapata JA, Garruña-Hernández R, Reyes-Estébanez MM y Herrera-Parra E. 2023. Consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares y *Trichoderma* controlan a *Meloidogyne incognita* en chile habanero. Ecosistemas y recursos agropecuarios 10(3). 3. Herrera-Parra E, Cristóbal-Alejo J, Magaña-Álvarez A, Medina-Baizabal IL and Gamboa-Angulo M. 2024. Antifungal effect of *Bonellia flammea* extracts against *Colletotrichum magnum* in postharvest fruits of *Carica papaya* cv. Maradol. Journal of Plant Diseases and Protection. 1-10. 4. Moo Koh FA, Cristóbal Alejo J, Reyes Ramírez A, Tun Suárez JM, Gamboa Angulo M and Islas-Flores IR. 2018. Interspecific incompatibility of *Trichoderma* species against *Meloidogyne incognita* in *Solanum lycopersicum*. Scientia fungorum 47: 37-45. 5. Navarrete-Mapen RZ, Cristóbal-Alejo J, Uc-Vázquez A, Reyes-Ramírez A, Tun-Suárez JM y Alvarado-López CJ. 2020. Respuesta del injerto de *Capsicum chinense-Capsicum annuum* var. glabriusculum a Begomovirus en campo. Revista mexicana de fitopatología 38(2): 226-238.

## 4.2. COLMENA: COLECCIÓN DE MICROORGANISMOS EDÁFICOS Y ENDÓFITOS NATIVOS PARA CONTRIBUIR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Sergio de los Santos Villalobos

Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). 5 de febrero 818 sur, col. Centro, Ciudad Obregón,  
Sonora, México. sergio.delossantos@itson.edu.mx

Para lograr la sostenibilidad y la rentabilidad agrícola en México, es necesario abordar la degradación del suelo en nuestros sistemas de producción agrícola. Los microorganismos del suelo son clave para la productividad de los agroecosistemas, especialmente aquellos promotores del crecimiento vegetal, ya que potencian su crecimiento y desarrollo, mejoran la adquisición de nutrientes, mitigan el estrés biótico y abiótico, y las protegen contra plagas y enfermedades, incrementando así los rendimientos y calidad de los cultivos.

En este sentido, para conocer las dinámicas y uso agrobiotecnológico de las comunidades microbianas en los agroecosistemas es esencial el aislamiento, la caracterización y la preservación de estos microorganismos en colecciones microbianas. La preservación *ex situ* de esta diversidad permitirá explorar más a fondo la ecología de los microorganismos presentes en los agroecosistemas y salvaguardar su potencial agrobiotecnológico. En este sentido, en 2014 se creó la Colección de Microorganismos Edáficos y Endófitos Nativos (COLMENA), en el Instituto Tecnológico de Sonora. La misión de COLMENA es reducir la pérdida de la diversidad microbiana relacionada con las prácticas agrícolas intensivas en México, a través del aislamiento, preservación, caracterización y afiliación taxonómica de los recursos genéticos microbianos, así como el impacto de la bioaumentación de estos microorganismos para migrar hacia una agricultura sostenible.

Actualmente, COLMENA preserva más de 1600 microorganismos (70% bacterias y 30% hongos) asociados con diversos cultivos de importancia económica para México, tales como trigo, maíz, alfalfa, papa y frijol, cítricos, mango, chile, entre otros. COLMENA se ha especializado en la identificación y caracterización de cepas microbianas con capacidades metabólicas relacionadas con la promoción del crecimiento de las plantas y el biocontrol de enfermedades vegetales. Hasta la fecha, se han analizado más de 400 cepas, entre las cuales se han identificado, por ejemplo, nuevas especies y subespecies del género *Bacillus* cuya inoculación en consorcio al trigo incrementa en 15% el rendimiento de este cultivo, reduciendo en 50% la aplicación del fertilizante nitrogenado. Actualmente, COLMENA desarrolla diversos proyectos de investigación enfocados en estrategias de fermentación y bioformulación de inoculantes microbianos, así como evaluaciones en otros cultivos. Estos proyectos buscan diseñar alternativas que combinen el uso de microorganismos benéficos con el uso reducido de agroquímicos para aumentar el rendimiento de los cultivos, la eficiencia en el uso de nitrógeno y agua por las plantas. Adicionalmente, otros proyectos se centran en identificar los mecanismos metabólicos y moleculares de acción de dichos microorganismos implicados en la promoción del crecimiento de los cultivos y el biocontrol de enfermedades fúngicas, a través de estudios genómicos, evolutivos, metagenómicos, metabolómicos y transcriptómicos.

### 4.3. MICROBIOMA RIZOSFÉRICO: PRIMERA BARRERA PARA EL CONTROL DE LA MARCHITEZ BACTERIANA DE LA PAPA CAUSADA POR *Ralstonia solanacearum*

[Rhizosphere microbiome: first barrier for the control of potato bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum*]

Virginia Ferreira<sup>1</sup>, Florencia Tourné<sup>1</sup>, Ignacio Eastman<sup>2</sup>, María Cecilia Rodríguez-Esperón<sup>2</sup>, Gustavo Rodríguez<sup>3</sup>, Matías González<sup>3</sup>, Francisco Vilaró<sup>4</sup>, Guillermo Galván<sup>4</sup>, Paola Gaiero<sup>4</sup>, Giovanni Larama<sup>5</sup>, Paola Duran<sup>5</sup>, Máximo González<sup>6</sup>, Raúl Platero<sup>2</sup>, María Inés Siri<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Laboratorio de Microbiología Molecular, Área Microbiología, Departamento de Biociencias, Facultad de Química, Universidad de la República, Uruguay; <sup>2</sup>Departamento de Bioquímica y Genómica Microbianas, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, Ministerio de Educación y Cultura, Uruguay; <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay; <sup>4</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay; <sup>5</sup>Laboratorio de Biocontrol, Universidad de La Frontera, Chile; <sup>6</sup>Centro de Estudios Avanzados de Zonas Áridas, Universidad de La Serena, Chile. Correspondencia: msiri@fq.edu.uy

La marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* es una enfermedad devastadora para el cultivo de papa. Su control es desafiante debido a la alta persistencia del patógeno en el suelo y en hospederos alternativos. Nuestro grupo en Uruguay trabaja en el desarrollo de variedades de papa resistentes a través de un programa de mejoramiento genético que busca aprovechar los atributos de especies Solanaceas silvestres. También se ha reconocido la importancia del microbioma rizosférico en la salud de las plantas y su capacidad para conferir resistencia a enfermedades. Este estudio tiene como objetivo investigar la composición y función del microbioma rizosférico en diferentes genotipos de papa y su relación con la resistencia a *R. solanacearum*. Para ello, se seleccionaron dos genotipos de papa con niveles contrastantes de resistencia a la marchitez bacteriana. Las plantas se inocularon con *R. solanacearum* mediante inoculación en el suelo. Los ensayos se realizaron en macrotúnel utilizando

un diseño de bloques completos al azar con cuatro réplicas biológicas por tratamiento. Para cada genotipo (resistente, susceptible) se evaluaron plantas sanas (sin inocular) y plantas infectadas. Se realizó el seguimiento de la enfermedad mediante la evaluación de síntomas de marchitamiento y el patógeno fue cuantificado en la rizósfera por recuento en placa. La composición de la comunidad bacteriana fue evaluada mediante secuenciación masiva del gen ARNr 16S.

El genotipo resistente se mantuvo asintomático durante todo el ensayo y presentó una concentración significativamente menor del patógeno en la rizósfera ( $p < 0.05$ ), alcanzando  $1.5 \times 10^4$  ufc/g en el genotipo resistente y  $5.0 \times 10^6$  ufc/g en el susceptible. La inoculación tuvo un efecto significativo sobre el microbioma rizosférico en ambos genotipos ( $p < 0.001$ ). Además, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la composición y diversidad del microbioma rizosférico entre los genotipos de



papa evaluados ( $\beta$ -diversidad). El análisis realizado permitió identificar los géneros *Lactobacillus*, *Gluconobacter*, *Sphingobacterium* y *Chryseobacterium* como géneros diferenciales presentes únicamente en las plantas resistentes sin inocular y con una abundancia relativa mayor al 0.5%.

Estos hallazgos resaltan el papel del microbioma rizosférico como modulador de las interacciones que la planta establece con patógenos a nivel del suelo. Los resultados obtenidos proporcionan una base para identificar potenciales agentes antagonistas y contribuyen a incorporar un nuevo componente de control para el manejo integrado de esta enfermedad.

#### **4.4. LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA, CASO DE ESTUDIO SOBRE LA INVESTIGACIÓN EN LA COMERCIALIZACIÓN DE INSUMOS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO**

**[The Baja California peninsula, a case study on the research and marketing of inputs for biological control]**

Ramon Jaime Holguín-Peña

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo de Santa Rita Sur; La Paz, B.C.S. México; C.P. 23096. jholguin04@cibnor.mx

El objetivo de la investigación en materia fitosanitaria es la eventual solución de una problemática relacionada con los cultivos de importancia agrícola. Y más importante, que el conocimiento se traduzca en la disposición de los productos de manera comercial. Especialmente, en la agricultura orgánica, la disposición de productos es muy limitada y a veces la efectividad en campo, es poco documentada. Uno de los principales ejes operativos del biocontrol es proporcionar herramientas para el manejo y control de plagas y enfermedades. Sin embargo, disponer la tecnología en manos de los productores siempre ha implicado un punto de quiebre, especialmente al momento de la comercialización. En este punto, los procesos que conllevan a la transferencia de la investigación al campo son variados y complejos. Es por eso, que los casos de éxito de productos comerciales son mucho menores que la información generada en los puntos de investigación, incluyendo la iniciativa privada, universidades y/o centros educativos. Los factores que influyen son diversos, interactuando desde; el descubrimiento de nuevos agentes, disponibilidad de nuevas herramientas, valoración del escalamiento, el ajuste e implementación de las pruebas de efectividad biológica, la adecuada medición de la eficacia de los productos, dificultad para la investigación de productos antivirales, entre los más importantes. Aun con todo esto, aún existen muchos agentes de

control biológico que aún no han sido explorados, desde la búsqueda de microorganismos nativos, metabolitos de plantas nativas con actividad antimicrobiana, y el estudio de las ciencias ómicas. La península de Baja California con su división política de dos estados; Baja California (BC) y Baja California Sur (BCS), cuentan con varias zonas agrícolas de importancia nacional y mundial, especialmente en el cultivo del tomate, alfalfa, algodón, cebolla, fresa, calabaza de verano, hierbas aromáticas. En la actividad agrícola los municipios de BC con mayor superficie sembrada son: Mexicali, Ensenada (San Quintín) y Tecate. En BCS, la industria agrícola se ha mantenido relativamente pequeña, en gran parte por la escasez del agua (SIACON, 2019; SADER, 2018), sin embargo, más del 70% de la producción agrícola se concentra en los municipios de La Paz, San José del Cabo y Comondú y Vizcaíno. En esta región agrícola en las últimas décadas ha despuntado por el gran uso de productos biológicos como suplementos de la nutrición y para el control de enfermedades. Sin embargo, a pesar de la abundante generación de conocimiento estos beneficios no se han reflejado enteramente en los sectores productivos. Al final, se plantea la experiencia y se comparten reflexiones sobre el estudio de los agentes biológicos de control y la necesidad de traducir el conocimiento en la exploración comercial para el desarrollo regional y nacional.

**SIMPOSIO: BIOINSUMOS  
5. MICROBIOLÓGICOS PARA  
CONTROL DE FITOPATÓGENOS**

## 5.1. FAGOTERAPIA: ELABORACIÓN DE BIOINSUMOS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES BACTERIANAS EN PLANTAS

[Phagotherapy: preparation of bioinputs for the control of bacterial diseases in plants]

Evangelina Esmeralda Quiñones-Aguilar<sup>1</sup>, Gabriel Ibarra-Rivera<sup>1</sup>, Guillermo Alejandro Solís-Sánchez<sup>1</sup>, Ma. Consuelo de J. López-Vielma<sup>1</sup>, Felipe Alexis Avalos-Salgado<sup>1</sup>, Itzayana Alely Candelas-Delgado<sup>1</sup>, Marcela Ríos-Sandoval<sup>1</sup>, Jorge Daniel Payán-Almazán<sup>1</sup>, Margarita Martínez-García<sup>1,2</sup>, María Dolores García-Parra<sup>2</sup>, Eristeo García-Márquez<sup>3</sup>, Alberto Uc-Varguez<sup>4</sup>, Oscar Antonio Villanueva-Fierro<sup>1,5</sup>, Loreto Robles-Hernández<sup>5</sup>, Clemente de Jesús García-Ávila<sup>6</sup>, Gabriel Rincón-Enríquez<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Laboratorio de Fitopatología-CIATEJ, <sup>2</sup>Tecnología-Alimentos-CIATEJ; <sup>3</sup>Unidad Noreste-CIATEJ; <sup>4</sup>Unidad Sureste-CIATEJ; <sup>5</sup>FCA-UACH; <sup>6</sup>CNRF-DGSV-SENASICA. \*grincon@ciatej.mx

Los bacteriófagos son virus que atacan a células bacterianas. El uso de estos virus para controlar bacterias patógenas o que provocan problemas en las actividades humanas se le conoce como fagoterapia. En particular la fagoterapia vegetal ha sido la base para la generación de bio-productos que utilizan como ingrediente activo a los bacteriófagos; en la agricultura a estos productos se les conoce como bioinsumos; en el mercado mexicano hasta la actualidad no existe bioinsumo a base de estos virus. Por lo cual en el equipo de fitopatología de CIATEJ se planteó el objetivo de implementar un programa de control biológico de bacterias problema de plantas, en humanos y de alimentos mediante el empleo de la fagoterapia. En este resumen se enfocará al desarrollo de bioinsumos para el control de enfermedades bacterianas. Se tienen una colección de bacteriófagos en los patosistemas siguientes: (1) pudrición blanda del agave tequilero (*Agave tequilana*: varias especies bacterianas); (2) pudrición blanda en bulbos de nardo (*Polianthes tuberosa*: *Pseudomonas aeruginosa*); (3) tizón del fuego en manzana (*Malus domestica*: *Erwinia amylovora*); (4) pudrición blanda de la pitahaya

(*Hylocerus undatus*: varias especies bacterianas); (5) tizón del halo en frijol (*Phaseolus vulgaris*: *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*); (6) cancro de los cítricos (*Citrus lemon*: *Xanthomonas citri*); (7) mancha bacteriana en chile (*Capsicum annuum*: *Xanthomonas euvesicatoria*). A partir de este último patosistema se elaboró un bioinsumo denominado Fagolytic. Dos bacteriófagos ΦXaF13 (un inovirus, con un genoma de AND circular de 7045 pb) y ΦXaF18 (un myovirus, con un genoma de ADN lineal de 47704 pb) contenidos en una formulación a base de nanopartículas de zinc fueron producidos a nivel de laboratorio y en planta piloto en biorreactores de 150 L. Se evaluó la efectividad biológica de Fagolytic producido en laboratorio y en planta piloto en condiciones de invernadero y campo; los resultados mostraron efectividad biológica desde 85% (en campo) hasta un 97% (en invernadero) para controlar la mancha bacteriana, lo cual fue significativamente (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) comparable con el control químico a base de cobre o incluso superior cuando se utilizaron algunos antibióticos agrícolas. Actualmente, Fagolytic está en proceso de transferirse mediante licenciamiento

de la patente 412087 (<https://vidoc.impi.gob.mx/visor?d=MX/2024/33644>) a empresas interesadas en esta tecnología, se espera en un futuro cercano este bioinsumo esté disponible en el mercado mexicano de agrobiológicos.

## 5.2. ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DE BIOINSUMOS EN EL MODELO *Kosakonia radicincitans* UYSO10-CAÑA DE AZÚCAR

[Basic studies for the development of bioinputs in the model  
*Kosakonia radicincitans* UYSO10-sugarcane]

Cecilia Taulé<sup>1,2</sup>, Enzo Calzada<sup>1,2</sup>, Máximo González<sup>3</sup>, Alexandra Stoll<sup>3</sup>,  
Raúl Platero<sup>2,4</sup>, Federico Battistoni<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>Laboratorio de Interacción Planta-Microorganismo. Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), Ministerio de Educación y Cultura, Uruguay; <sup>2</sup> Centro de Investigación en Ciencias Ambientales (CICA-IIBCE); <sup>3</sup>Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas. Chile; <sup>4</sup>Laboratorio de Microbiología Ambiental, IIBCE. ctaule@iibce.edu.uy

En Uruguay, la caña de azúcar se planta como cultivo multipropósito. A partir del mismo se obtiene azúcar, bioetanol, energía y alimento animal. El cultivo necesita grandes cantidades de fertilizante químico, con implicaciones negativas ambientales, sociales y económicos. En este sentido, se ha desarrollado una línea de investigación dirigida a la búsqueda de bacterias endófitas benéficas como alternativa o complemento al uso de fertilización química. Inicialmente se demostró que tres de las variedades de caña de azúcar cultivadas en Uruguay son capaces de obtener cantidades significativas de N a partir de la fijación biológica del N (35-59%). A partir de dichas variedades se construyó y caracterizó una colección de bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas a sus tallos. Asimismo, mediante ensayos de promoción del crecimiento vegetal (PCV) se identificó la cepa *K. radicincitans* UYSO10 como PCV. Por otra parte, mediante ensayos bioquímicos y fisiológicos se determinó que UYSO10 es diazótrofa y productora de ácido indolacético (AIA), posibles mecanismos involucrados en la PCV observada. Posteriormente, empleando

una aproximación microscópica y de biología molecular se demostró que UYSO10 es un endófito verdadero, describiéndose el proceso de infección y colonización en plantas de caña de azúcar. Estos resultados determinaron la elección de la cepa *K. radicincitans* UYSO10 como modelo de estudio, y secuenciación de su genoma. El análisis de su genoma mostró la presencia de dos operones que codifican las enzimas Mo-nitrogenasa y Fe-nitrogenasa. Mediante la construcción y caracterización de cepas mutantes en genes estructurales de dichas enzimas ( $\Delta nifH$ ,  $\Delta anfH$  y  $\Delta nifH\text{-}\Delta anfH$ ), se determinó que ambas son funcionales y necesarias para la PCV de caña de azúcar. Finalmente, mediante un abordaje transcriptómico y proteómico se estudió la expresión diferencial de genes y proteínas en las distintas etapas de interacción planta-bacteria. Los resultados permitieron identificar genes y proteínas expresados que codifican para enzimas claves involucradas en la PCV. Los resultados obtenidos constituyen un insumo clave para entender los mecanismos subyacentes en la interacción gramínea-bacteria endófito PCV y por lo tanto para el uso de bioinsumos.

### 5.3. MODULACIÓN DE LA DIVERSIDAD MICROBIANA COMO POSIBLE MECANISMO DE PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO, EL CASO *Streptomyces* - *Festuca arundinacea*

[Modulation of microbial diversity as a possible plant growth promotion mechanism,  
the case of the interaction *Streptomyces* - *Festuca arundinacea*]

\*Patricia Vaz Jauri<sup>1,2,3</sup>, Enzo Calzada<sup>2,3</sup>, Cecilia Taulé<sup>2,3</sup>, Stephanie Jurburg<sup>4</sup> y Federico Battistoni<sup>2,3</sup>.

<sup>1</sup>Laboratorio de Microbiología de Suelos, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, UDELAR, Uruguay; <sup>2</sup>Laboratorio de Interacción Planta-Microorganismo. Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), Ministerio de Educación y Cultura, Uruguay, <sup>3</sup>Centro de Investigación en Ciencias Ambientales (CICA-IIBCE),

<sup>4</sup>Department of Applied Microbial Ecology (AME). Helmholtz Centre for Environmental Research, Germany. Autor de correspondencia: pativaz@gmail.com

A partir de una colección de bacterias endófitas de un cultivar de *Festuca arundinacea* de origen uruguayo, cv. SFRO Don Tomás, se obtuvo la cepa *Streptomyces albidoflavus* UYFA156, aislada específicamente de semillas. La cepa demostró consistentemente promover el crecimiento de plantas (PCV) del cultivar del que fue aislada, mientras que no ejerció ningún efecto significativo en otro cultivar ampliamente utilizado, cv. Tacuabé. Estudios de microscopía revelaron que la cepa es capaz de colonizar similarmente los tejidos internos de ambos cultivares, descartando la incompatibilidad en las primeras etapas de interacción. Ante estos resultados, nuestro grupo se propuso dilucidar los mecanismos moleculares que llevan a tal especificidad del efecto PCV por la cepa *S. albidoflavus* UYFA156. Las bacterias del género *Streptomyces* se caracterizan por la producción de numerosos metabolitos, los cuales pueden tener un efecto sobre el ambiente biótico que las rodea. Por otro lado, está reportado que diferentes cultivares de una misma especie vegetal suelen poseer diferentes comunidades endófitas asociadas. Teniendo en cuenta estos

dos antecedentes, se plantea la hipótesis de que la especificidad de la PCV observada en plantas de festuca esté basada en una modulación de la microbiota asociada a los cultivares. Para esto, se evaluó la PCV por la cepa UYFA156 en un total de 9 cultivares y se estudiaron por secuenciación masiva de los genes ARNr 16S, las comunidades bacterianas endófitas de 6 cultivares de *F. arundinacea*, 3 que presentaron PCV tras la inoculación con la cepa y 3 que no mostraron diferencias. La proporción de géneros con abundancias alteradas por la inoculación fue significativamente mayor en los cultivares con PCV respecto a aquellos sin PCV. A su vez, la diversidad de las comunidades bacterianas aumentó significativamente en los cultivares donde hay PCV tras la inoculación, mientras que no se detectaron cambios en los cultivares donde no hay PCV. Estos resultados son consistentes con un marco teórico que indica que una mayor diversidad microbiana se asocia a un mejor estado de salud de los sistemas, al mismo tiempo que abren numerosas interrogantes a explorar.

## 5.4. INOCULANTES MICROBIANOS: CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

[Microbial inoculants: technical considerations for the protection of intellectual property]

Zahaed Evangelista-Martínez.

CIATEJ AC Subsede Sureste. zevangelista@ciatej.mx

Los bioinsumos agrícolas son productos elaborados a partir de microorganismos vivos o de los compuestos que producen, empleados para estimular los procesos de nutrición vegetal, mejorar la tolerancia al estrés abiótico, disponer de aquellos nutrientes inmovilizados en el suelo, mejorar la salud del suelo, equilibrar la diversidad microbiana, y reducir la presencia de microorganismos fitopatógenos. Los bioinsumos de origen microbiano se han posicionado en el sector agrícola como una alternativa importante al uso de los agroquímicos. Por ejemplo, a nivel mundial se ha proyectado que el mercado de los biopesticidas tendrá un crecimiento del 15.9% hacia 2028 respecto a 2023, lo cual representa un incremento en ventas de los 6.7 billones de USD a 13.9 billones. De acuerdo con la función que realizan los bioinsumos se pueden clasificar en biofertilizantes, biopesticidas, bioinoculantes, bioestimulantes, bioestabilizadores, o biocontroladores. Estos productos pueden formularse usando a los microorganismos, los metabolitos secundarios que producen, o bien, con proteínas y enzimas. Pueden formularse con bacterias, levaduras, hongos y micorrizas. Si se desarrollan a partir de metabolitos bioactivos, la formulación

puede producirse con un metabolito purificado o con una mezcla de varios (extracto bioactivo) obtenido por una fermentación microbiana controlada. En el caso de las proteínas, se pueden preparar formulaciones con péptidos antimicrobianos (AMPs) o enzimas degradadoras de la pared celular de hongos fitopatógenos. Cada vez es mayor la demanda de los consumidores por alimentarse con productos libres de agroquímicos, por tanto, los sectores involucrados en la elaboración y comercialización también han venido incrementándose. México no es la excepción a este fenómeno y se ha visto un crecimiento significativo en la venta de estos productos en los últimos años. Sin embargo, continuamos con una dependencia en las importaciones de bioinsumos, que contienen microorganismos aislados de áreas geográficas con condiciones ambientales muy diferentes a las de nuestro país. Por lo anterior, el objetivo de la presentación es discutir algunos de los aspectos técnicos que resultan relevantes para la protección intelectual de las investigaciones sobre los insumos microbianos. Se destacarán los aspectos técnicos más relevantes a tomar en cuenta sobre la investigación aplicada que se pretendan proteger en México.