

**1. SIMPOSIO: PROSPECCIÓN DE
PRODUCTOS NATURALES PARA EL
MANEJO DE FITOPATÓGENOS**

1.1. BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION OF BIOPESTICIDES FROM *Bethencourtia palmensis*

[Producción biotecnológica de bioplaguicidas de *Bethencourtia palmensis*]

Azucena Gonzalez-Coloma

Instituto de Ciencias Agrarias, CSIC, Spain. azu@ica.csic.es

Species belonging to the family Asteraceae are an important source of biologically active terpenes and alkaloids. Senecio is the largest genus of this family with about 1.250 species worldwide (Yang *et al.*, Chem.Biodivers. 2011, 8, 13-72). Plants of this genus are characterized by their content in sesquiterpenes and pyrrolizidine alkaloids (PAs) (Portero *et al.*, Phytochem. Rev. 2012, 11, 391-403). The genera *Bethencourtia* and *Pericallis* have been differentiated from Senecio. *Bethencourtia* is endemic to the Canary Islands and consists of three species: *Bethencourtia hermosae* (Kunke) B. Nord., *Senecio hermosae* Pit = *Canariothamnus hermosae* (Pi.) B. Nord., *B. palmensis* (Nees) Choisy [= *S. palmensis* Buch = *Cheraria palmensis* (Buch) Nees = *Canariothamnus palmensis* (Buch) B. Nord] and *B. rupicola* (B. Nord.) B. Nord. [= *Canariothamnus*

rupicola B. Nord. (Buch, 1825; Nordenstam, *Newsl* 2006a 44, 24-31; *Willdenowia* 2006b, 36, 709)]. Previous studies on *B. palmensis* (an endemic species) showed the presence of unusual silphinenes sesquiterpenes with remarkable insect antifeedant effects acting on insect GABA receptors (Reina *et al.*, J. Nat. Prod. 2001, 65, 448-453; Portero *et al.*, 2012), being compound 1 the major component. Given the importance of this class of sesquiterpenes as insect antifeedants, we have cultivated *B. palmensis* under a series of different conditions including: *in vitro* (plant and transformed roots), aeroponic, and greenhouse (with and without climatic controlled conditions). In this presentation we will discuss the variation in silphinenes according to the different cultivation methods.

1.2. IMPORTANCIA DE LOS PRODUCTOS NATURALES EN LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS

[Importance of the natural products for crop protection]

Esaú Ruiz-Sánchez.

Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal. esau.ruiz@itconkal.edu.mx

Los productos naturales derivados de plantas y microorganismos son una herramienta fundamental para la protección de los cultivos contra plagas y agentes fitopatógenos. Los productos naturales, aplicados de manera preventiva o curativa, son altamente eficientes para disminuir daños por fitopatógenos en el follaje y en la raíz de los cultivos. El uso de estos productos puede disminuir considerablemente la cantidad de productos químicos sintéticos aplicados a los cultivos. La ventaja del uso de los productos naturales incluye baja toxicidad a aplicadores y organismos no objetivo, disminución del riesgo de residualidad de sustancias químicas en los productos cosechados y bajo riesgo de seleccionar poblaciones resistentes de organismos fitopatógenos. Los productos naturales con

actividad biológica contra agentes fitopatógenos han sido estudiados típicamente a través de la evaluación inicial *in vitro* y su posterior evaluación en invernadero. Sin embargo, pocos productos se han desarrollado y registrados como productos comerciales en el mercado de los bioplaguicidas. Algunas de las razones son la baja persistencia de los productos naturales en el ambiente, la falta de estandarización de los compuestos activos en los productos tipo “extractos”, y la falta de conocimiento en la integración de estos productos dentro de los esquemas de manejo de fitopatógenos en campo. A pesar de ello, los productos derivados de plantas o microorganismos representan una alternativa sustentable para mantener la sanidad de los cultivos agrícolas.

1.3. AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE METABOLITOS ACTIVOS CONTRA FITOPATÓGENOS

[Isolation and identification of active metabolites against phytopathogens]

Marcela Gamboa Angulo

Centro de Investigación Científica de Yucatán, México. mmarcela@cicy.mx

La vasta flora mexicana estimada en 23,314 especies de plantas vasculares, donde alrededor del 50% son catalogadas como endémicas (Villaseñor, Rev. Mex. Biodivers. 2016, 87:559-902). Entre estas, un número sorpresivamente bajo de especies vegetales han sido reportadas por sus propiedades bioplaguicidas y aún menos de aquellas que se conocen sus metabolitos activos contra insectos (85), nematodos (7) y hongos fitopatógenos (54 especies) (Hernández-Carlos & Gamboa Angulo, Molecules 2019, 24, 897; Ramirez-Mares & Hernández Carlos, J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci., 2015, 3:96-118). La identificación estructural de las moléculas bioactivas, son importantes para continuar

las investigaciones orientadas a generar más opciones de productos biorracionales, seguros y eficaces para llegar al mercado y los productores. El trabajo inicia con la selección de especies y la bio-exploración (evaluaciones biológicas), se continúa con la investigación fitoquímica de los extractos vegetales promisorios. Esto implica varias etapas de trabajo en el laboratorio, desde diferentes estrategias para fraccionar, aislar y purificar los principios activos de las especies en estudio; llegar a la elucidación estructural implica una labor que depende del análisis de los resultados de diversas técnicas espectroscópicas, espectrométricas y en muchas ocasiones de la derivatización química.

1.4. EVALUACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES CONTRA NEMATODOS Y HONGOS FITOPATÓGENOS

[Evaluation of plant extracts against nematodes and phytopatogenic fungi]

Jairo Cristóbal Alejo

Tecnológico Nacional de México/Campus Conkal. jairo.ca@conkal.tecnm.mx

Para reducir las pérdidas de producción que inducen nematodos y hongos fitopatógenos, se usan principalmente el control químico sintético, generalmente en dosis elevadas y en cortos intervalos de tiempo, lo que genera el desarrollo de poblaciones y cepas resistentes, en su orden. Como consecuencia adicional, generan contaminación al ambiente, riesgos a la salud humana, al aplicarlos sin las medidas de seguridad y por su residualidad en los frutos de consumo directo. Con este panorama, se implementan alternativas naturales, como los extractos vegetales con resultados prometedores.

Éstos tienen una acción inhibitoria en el desarrollo de nematodos y en el crecimiento fúngico, además tienen las ventajas de poseer un origen natural y menos residual. La temática aborda bioensayos *in vitro* e *in vivo*, donde se implementa el uso de extractos vegetales provenientes de la flora yucateca, para el control del nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*) y hongos postcosecha mitosporicos (*Colletotrichum* spp., *Alternaria alternata*, *Curvularia lunata*, entre otros) que afectan cultivos tropicales.

1.5. USO DE TOXICOLOGIA *IN SILICO* PARA EXPLORAR SITIOS DE ACCIÓN DE PRODUCTOS NATURALES

[*In silico* toxicology to identify target site for natural products]

Emmanuel Hernández Nuñez

Departamento de Recursos del Mar, CINVESTAV unidad Mérida. emanuel.hernandez@cinvestav.mx

La química farmacéutica y la toxicología juegan un papel importante en el descubrimiento y desarrollo de nuevas entidades químicas con potencial actividad biológica, así como en la modificación estructural de productos naturales y derivados sintéticos, con la finalidad de encontrar el grupo

farmacofórico (toxicóforo). Algunos criterios químico-farmacéuticos utilizados en el diseño están basados en: Diseño basado en un Fármaco (“me too drugs”) y derivados de productos naturales. Por tanto, se demostrarán ejemplos siguiendo la metodología del esquema 1, que han sido exitosos para diseñar moléculas con posible actividad biológica.

**SIMPOSIO: DIAGNÓSTICO
MOLECULAR PARA LA
2. IDENTIFICACIÓN DE
FITOPATÓGENOS Y EL ESTUDIO
DE SUS POBLACIONES**

2.1. USING GENOMIC APPROACHES TO INFORM MANAGEMENT OF EMERGING PLANT PATHOGENS

[Utilización de enfoques genómicos para sustentar el manejo de fitopatógenos emergentes]

Niklaus J Grünwald

Horticultural Crops Research Unit, USDA Agricultural Research Service,
Corvallis, OR, USA. nik.grunwald@usda.gov

Plant pathogens appear to emerge at increasing rates, be it due to a combination of climate change, increased human travel, and more frequent global trade among other factors. The genus *Phytophthora* harbors some of the most notorious invasive and emerging pathogens affecting forests, landscape and crop plants. These pathogens cause billion dollar losses annually. Notable examples include the sudden oak death pathogen *P. ramorum* and the Irish famine pathogen *P. infestans*. *P. ramorum* emerged repeatedly by at least five global migrations, three into North America and two into Europe. In both North America and Europe, *P. ramorum* populations remain clonal. Despite the fact that both mating types coexist in North America, sexual reproduction has not been observed. *P. infestans* populations show a similar pattern, but clearly undergo an apparently ‘random’

succession of clonal lineages as novel lineages emerge and older lineages are displaced. Recent work provide support for the hypothesis that clonal *P. infestans* found worldwide are predominantly triploid while sexual populations found in Mexico at the center of origin are diploid. This talk will provide insights into mechanisms of emergence in the genus *Phytophthora* using evolutionary, population genetic, bioinformatics, and genomic approaches. It is becoming increasingly clear that this genus uses an arsenal of tools and mechanisms such as effectors, hybridization, migration, and adaptation to continually reemerge. This work provides a current assessment of *Phytophthora* biology with an emphasis on genomics that facilitates development of translational approaches such as targeted best management practices to manage these pathogens.

2.2. VARIACIÓN MOLECULAR DEL HONGO FITOPATÓGENO *Sporisorium reilianum* EN EL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO

[Molecular variation of the phytopathogen fungus *Sporisorium reilianum* in Valle del Mezquital, Hidalgo]

Hasdra Elena Sánchez-Maya, Yuridia Mercado-Flores, Alejandro Téllez-Jurado,
Miguel Angel Anducho-Reyes
Universidad Politécnica de Pachuca; Juan Pablo Pérez-Camarillo, CIDEA; Omar Mejía,
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. anducho@upp.edu.mx

Sporisorium reilianum es un hongo fitopatógeno que ocasiona la enfermedad sistémica en el maíz conocida como carbón de la espiga. En México, la región más afectada es el Valle del Mezquital, la cual, aporta más del 50% de la producción de maíz en el estado de Hidalgo. Considerando lo anterior, este trabajo se diseñó para conocer la variabilidad genética de las poblaciones de este fitopatógeno, utilizando los marcadores moleculares ITS, aspartil proteasa, β -tubulina y la endonucleasa mitocondrial LAGLIDADG en un espacio geográfico regional, con la finalidad de conocer los factores ambientales o geográficos que actúan durante su diseminación. Se muestreó y aisló un total de 53 cepas de *S. reilianum*, sus DNAs fueron extraídos y purificados, así como los marcadores amplificados y

secuenciados. Un análisis BAPS de estructuración genética de los marcadores secuenciados permitió recuperar tres agrupaciones genéticas ($K=3$), mientras que el análisis de varianza molecular mostró un índice de fijación muy bajo ($F_{ST}=0.0146$), esto no fue estadísticamente significativo, lo que indica poca diferenciación genética entre grupos. Además, el valor determinado para el coeficiente de diferenciación genética (Gst) mostró poca variación entre los grupos genéticos, mientras que el número de flujo de genes (Nm) fue de 8,25. El estimador de D' Tajima y la red de haplotipos indicaron una rápida expansión poblacional. En conjunto, estos resultados sugieren que el tipo de reproducción y migración son factores clave en la evolución y virulencia de este hongo.

2.3. TÉCNICAS MOLECULARES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FITOPATÓGENOS

[Molecular techniques for the identification of plant pathogens]

Hilda Victoria Silva-Rojas

Producción de Semillas, Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México; Ángel Rebollar-Alviter, Centro Regional Morelia, Universidad Autónoma Chapingo, Morelia, Michoacán; Mónica Osnaya-González, Área de Fitopatología, Colegio de Posgraduados, Campus Campeche, Campeche, México. hsilva@colpos.mx

Las enfermedades de las plantas causadas por microorganismos patógenos representan una seria amenaza para la producción de alimentos, la seguridad alimentaria y la estabilidad de los ecosistemas a nivel mundial. Una de las estrategias para reducir el impacto que pueden causar las poblaciones de fitopatógenos, es el desarrollo de herramientas apropiadas que permitan la detección e identificación oportuna de los agentes biológicos causantes de enfermedades como bacterias, fitoplasmas, protistas, oomycetos, hongos, nematodos, virus y viroides. Por estas razones, las técnicas moleculares basadas en DNA se han convertido en la principal herramienta para un diagnóstico preciso, oportuno y confiable. El desarrollo de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) ha permitido la amplificación *in vitro* de una determinada región de DNA y las modificaciones subsecuentes como la qPCR y PCR digital obtener cuantificaciones relativas y absolutas de las copias de DNA ‘*target*’. Asimismo, mediante las técnicas de secuenciación capilar

es posible determinar la secuencia de nucleótidos utilizadas en estudios sobre identificación filogenética de microorganismos cultivados y no cultivados, detección de mutaciones, determinación de especies crípticas, evaluación de la biodiversidad, reconocimiento de factores de patogenicidad y resistencia a antibióticos entre otros. Conjuntamente con el desarrollo de estas técnicas, el uso de marcadores moleculares dirigidos a la amplificación del operón ribosomal y de genes mitocondriales, se están utilizando para la generación de códigos de barras únicos para los microorganismos, como la secuencia 16S rDNA para procariotas y secuencias parciales de los genes de mantenimiento conocidos como ‘*housekeeping*’ para eucariotas. Asimismo, con las técnicas de secuenciación de genomas completos y metagenomas, se tiene el conocimiento de las poblaciones de fitopatógenos en un determinado nicho ecológico, el cual es apoyado por plataformas bioinformáticas que soportan el análisis de millones de secuencias nucleotídicas.

2.4. MICROBIOMAS Y PATOBIOMAS EN LA INTERACCIÓN PLANTA-FITOPATÓGENO

[Microbiomes and pathobiomas in plant-phytopathogen interaction]

Damaris Desgarenes

Red de Biodiversidad y Sistemática. Instituto de Ecología, A.C. (INECOL). Xalapa, Veracruz, México.

damaris.desgarenes@inecol.mx

Las plantas albergan una gran diversidad de microorganismos dentro y fuera de sus diferentes tejidos, dichos microorganismos constituyen lo que se conoce como microbioma. El microbioma juega un papel muy importante en la salud y productividad de las plantas, debido a que cumple distintas funciones para su hospedero. El equilibrio de las interacciones que establecen las plantas con su microbioma puede verse alterado por el ataque de patógenos, promoviendo el desarrollo de enfermedades a través de la cooperación o co-infección de diferentes patógenos. La idea de que las enfermedades pueden ser causadas por uno o más patógenos, establece las bases para el concepto de patobioma, el cual describe al patógeno como un componente de una comunidad microbiana compleja. La teoría del patobioma considera la interacción entre 1) patógenos clave, que modulan las defensas

de la planta y afectan notoriamente la composición del microbioma; 2) patógenos accesorios, que encuentran su nicho en el patobioma auxiliando a los patógenos clave en la colonización del hospedero o en la obtención de nutrientes; y 3) patobiontes, que pasan de comensales o mutualistas a patógenos de la planta, como respuesta a las alteraciones en el microbioma. El concepto de patobioma contradice el postulado fundamental de Koch y Hill de “un patógeno-una enfermedad”, estableciendo que las enfermedades se originan a partir de una compleja red de interacciones entre microorganismos, que a su vez está influenciada por diversos factores externos. Esto nos hace replantear la manera en la que podemos abordar el estudio de los procesos de patogenicidad en las enfermedades de las plantas y en cómo caracterizamos y definimos los agentes causales de las mismas.

2.5. IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE ESPECIES DE *Fusarium*, CASO DE ESTUDIO: *Fusarium falciforme* (FSSC 3 + 4)

[Molecular identification of *Fusarium* species, case study: *Fusarium falciforme* (FSSC 3+4)]

Carlos Alfonso López-Orona, Tomas Aarón Vega-Gutiérrez, Guadalupe Alfonso López-Urquídez
Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Sinaloa. clopezorona@uas.edu.mx

Los miembros del complejo de especies de *Fusarium solani* (FSSC) son responsables de aproximadamente dos tercios de todas las fusariosis de humanos y animales. Además, muchas especies fitopatógenas económicamente importantes se encuentran dentro de este complejo, donde las especies del FSSC son indistinguibles morfológicamente entre sí. Para diseñar una correcta estrategia de control es indispensable la correcta identificación del agente causal de una enfermedad. El objetivo fue identificar al agente causal de la fusariosis del cultivo de tomate, maíz y cebolla en el estado de Sinaloa. En los años, 2017, 2018 y 2019, se colectaron plantas de tomate, maíz y cebolla de predios comerciales de Sinaloa con síntomas de marchitez, amarillamiento

de las hojas y necrosis del tejido vascular. La identificación del agente causal fue mediante análisis de la identidad de la secuencia del gen EF-1 α de 16 aislados. El análisis filogenético se realizó con el método de Neighbor-Joining con el software Geneious R9 con el gen EF1- α de los aislados. El análisis filogenético reveló que están relacionados con *F. falciforme*, lo que se confirmó mediante BLAST en las bases de datos FUSARIUM ID y *Fusarium* MLST. Se realizaron pruebas de patogenicidad, encontrándose patógenos los aislados de *F. falciforme*, causando síntomas similares a los observados en campo para cada cultivo. No se observaron síntomas en las plantas control después de 60 días de la inoculación.

SIMPOSIO: ALTERNATIVAS
3. BIOLÓGICAS PARA EL MANEJO
DE FITOPATÓGENOS

3.1. LA INICIATIVA AFLASAFE: CONTROL DE AFLATOXINAS EN MAÍZ, CACAHUATE Y SORGO, UTILIZANDO CEPAS ATOXIGÉNICAS DE *Aspergillus flavus* EN VARIOS PAÍSES AFRICANOS

[The Africa-wide Aflasafe Initiative: mitigating aflatoxin contamination of maize and groundnut using atoxigenic strains of *Aspergillus flavus*]

Alejandro Ortega-Beltran^{1,*}, Joseph Atehnkeng¹, Charity Mutegi¹, Titilayo D.O. Falade¹, George Mahuku¹, Adebawale Akande¹, Lawrence Kaptoge¹, Amadou L. Senghor¹, Joao Augusto¹, Juliet Akello¹, Matieyedou Konlambigue¹, Daniel Agbetiamah¹, Madjaliwa Nzamwita¹, Tahirou Abdoulaye¹, Patrick Jarju², Adama Neya³, Karim Dagno⁴, Solara Elmutasim⁵, Abuelgasim Elzein⁶, Ekanao Tedihou⁷, Basso Adamou⁸, Christopher Suh⁹, Martine Zandjanakou-Tachin¹⁰, Peter Okomoh¹, Jane Kamau¹, Kenneth A. Callicott¹¹, Peter J. Cotty^{11,12}, Ranajit Bandyopadhyay¹.

¹ International Institute of Tropical Agriculture (IITA). ² National Food Security, Processing and Marketing Corporation, Banjul, The Gambia. ³ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Ouagadougou, Burkina Faso. ⁴ Institut d'Économie Rurale, Bamako, Mali. ⁵ Samil Industrial Co., Khartoum, Sudan. ⁶ University of Khartoum, Khartoum, Sudan. ⁷ Institut Togolais de Recherche Agronomique, Lomé, Togo. ⁸ Institut National de la Recherche Agronomique, Niamey, Niger. ⁹ Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Yaoundé, Cameroon. ¹⁰ Université Nationale d'Agriculture, Kétou, République du Bénin. ¹¹ United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service, Tucson, Arizona. ¹² Ocean University of China, Qingdao, China. *A.Beltran@cgiar.org

Las aflatoxinas son metabolitos secundarios altamente tóxicos y carcinogénicos producidos por *Aspergillus flavus* y otras especies de *Aspergillus*. El maíz, cacahuete, pistacho, sorgo, chiles, entre otros cultivos, son susceptibles a las aflatoxinas. Estas toxinas amenazan la salud pública, reducen la productividad de animales de granja, y afectan al comercio. La contaminación se puede minimizar utilizando productos de biocontrol basados en cepas atoxigénicas (incapaces de producir aflatoxinas) de *A. flavus* que excluyen competitivamente a los hongos productores de aflatoxinas. Esa tecnología fue desarrollada en los Estados Unidos por el USDA-ARS y actualmente se utiliza en varios estados de ese país en cientos de miles de hectáreas de maíz, algodón, almendro, pistache, higo, y

cacahuete. La tecnología ha sido adaptada y mejorada por el International Institute of Tropical Agriculture (IITA) en colaboración con USDA-ARS y varias instituciones para usarse en países del África sub-Sahariana. Varios productos bajo el nombre Aflasafe han sido o están siendo desarrollados en 22 países. Cada producto contiene como ingrediente activo cuatro cepas atoxigénicas de *A. flavus* nativas del país en que se utiliza el producto. Cuando el producto se aplica correctamente, las cepas atoxigénicas desplazan a los hongos toxigénicos y menor acumulación de aflatoxinas ocurre a la cosecha y pos-cosecha. Con mecanismos de incenti-vación (AgResults: <https://agresults.org/projects/nigeria>) y comercialización (www.aflasafe.com), la tecnología Aflasafe esta siendo escalada a través de

intervenciones públicas, privadas, o público-privadas. Además, el biocontrol se usa en programas de manejo integrado que incluyen buenas prácticas de pre- y pos-cosecha, campañas de concientización, cuantificación de aflatoxinas, desarrollo de mercados, políticas dietéticas, entre otras prácticas. Estos programas se diseñan junto con actores relevantes de los sistemas productivos. Mas de 300,000 ha de maíz, cacahuete, y sorgo han sido tratadas y esos

cultivos acumulan >90% menos aflatoxinas que cultivos no tratados, y cultivados, procesados, y almacenados utilizando practicas tradicionales. En esta presentación se explicará el largo trayecto para desarrollar productos de biocontrol y su escalamiento, lo cual contribuye a i) mejorar la seguridad alimentaria, ii) promover el comercio organizado, y iii) mejorar la salud y economía de miles de agricultores Africanos y sus familias.

3.2. LA MICORRIZACIÓN COMO ALTERNATIVA BIOLÓGICA EN CULTIVOS AGRÍCOLAS

[Mycorrhization as a biological alternative in agricultural crops]

Quiñones-Aguilar Evangelina¹, González-López Michelle¹, Guízar-González Cecilia¹, Enríquez-Vara Jhony¹, Mendoza-Hernández Christian^{1,3}, Díaz-Parra Guillermo¹, Hernández-Hernández Cuauhtémoc^{1,2}, López-Pérez Luis², Rincón-Enríquez Gabriel¹.

¹CIATEJ, ²UMSNH, ³UPB. grincon@ciatej.mx; equinones@ciatej.mx.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos simbióticos que colonizan las raíces del 80% de las plantas. El hongo ayuda a la planta a mejorar su nutrición y a tolerar factores adversos de tipo biótico y abiótico: enfermedades, plagas, sequa, salinidad y contaminación, a cambio el hongo recibe un lugar donde vivir y fotosintatos para completar su ciclo de vida. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la micorrización en el control de enfermedades, plagas y sequía. Se realizaron cuatro experimentos: 1. Guanábana para determinar el efecto de la micorrización en la producción de metabolitos secundarios interesantes; 2. Limón mexicano para determinar el efecto de la micorrización en el desarrollo del HLB en invernadero; 3. Guayaba, para determinar el efecto de la micorrización en la tolerancia a sequía y en la proliferación de nematodos; 4. Maíz para determi-

nar el efecto de la micorrización en el desarrollo del gusano cogollero. Los resultados mostraron que plantas de guanábana micorrizadas en condiciones de estrés hídrico, presentaron un incremento del 800% de la anonacina, un metabolito con actividad insecticida, mientras que en limón mexicano micorrizado se incrementó la presencia de microorganismos benéficos en la rizosfera y se produjo un retraso en la manifestación de síntomas del HLB, por su parte plantas de guayaba micorrizadas mostraron tolerancia al estrés hídrico, así como una menor cantidad de agallas; en el maíz micorrizado, el gusano cogollero mostró menor peso corporal, lo cual pudo deberse a la presencia de metabolitos secundarios que hicieron menos apetitoso el tejido vegetal. Estos resultados muestran el efecto benéfico de los HMA en diversos cultivos ante condiciones de estrés biótico o abiótico.

3.3. *Pochonia chlamydosporia*: UN VERSÁTIL HONGO PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS

[*Pochonia chlamydosporia*: a versatile fungus for the biological control of phytopathogenic nematodes]

Rosa H. Manzanilla-López
Instituto Politécnico Nacional. rosa.manzanilla@gmail.com

Los nematodos fitopatógenos causan importantes pérdidas en la producción de hortalizas y otros cultivos. La eliminación progresiva de los nematocidas para su control, así como la necesidad de implementar estrategias compatibles con el ambiente, han fomentado cada vez más el uso de los agentes de control biológico. El hongo nematófago *Pochonia chlamydosporia* (*Metacordyceps chlamydosporia*; *Clavicipitaceae*), es un parásito facultativo de los huevos y hembras de los nematodos formadores de quistes (*Globodera* spp., *Heterodera* spp.), agalladores (*Meloidogyne* spp.), falso-agallador (*Nacobbus aberrans sensu lato*) y el nematodo reniforme (*Rotylenchulus reniformis*). Sin embargo, además de ser un agente de control biológico, *P. chlamydosporia* tiene otras capacidades multitróficas y simbióticas importantes tales como: ser un organismo saprótrofo del suelo, colonizador de la rizosfera, endófito de la raíz, parásito facultativo de otros invertebrados (moluscos, insectos), hiperparásito y antagonista de algunos fitopatógenos del suelo. *Pochonia*, además, es compatible con

diferentes estrategias usadas comúnmente en el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades, incluido el control químico (fungicidas, herbicidas, nematicidas). La biología molecular, las tecnologías 'ómicas' y la secuenciación del genoma del hongo, han comenzado a revelar a *Pochonia* como un hongo mucho más versátil de lo que hasta hace poco era considerado. Su genoma, por ejemplo, incluye genes relacionados con la adaptación al endofitismo que pueden ser beneficioso para la planta hospedante. Varias cepas del hongo están disponibles comercialmente para el control biológico de nematodos, ya sea como un producto formulado con una sola cepa o con más de un agente de control. El nicho inicial del hongo en el mercado de productos agrobiológicos como bionematicida, se ha expandido al de los promotores de crecimiento vegetal y activación de rutas bioquímicas de defensa natural en la planta. Los metabolitos secundarios y los compuestos orgánicos volátiles producidos por *Pochonia* son áreas de interés actual en la investigación del hongo.

3.4. USO DE MICROORGANISMOS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Phytophthora* Y *Fusarium* EN CULTIVOS DE CHILE Y AGAVE

[Use of microorganisms for the biological control of *Phytophthora* and *Fusarium* in chili and agave crops]

Joaquín Alejandro Qui-Zapata
Biotecnología Vegetal, CIATEJ. jqui@ciatej.mx

Las enfermedades de raíz son de los principales problemas fitosanitarios que afectan a los cultivos de chile y agave. La marchitez o secadera asociada a *Phytophthora capsici* es un grave problema para los cultivos de diferentes especies de chile (*Capsicum* sp.). Por otra parte, la marchitez del agave, asociada a *Fusarium oxysporum* es una de las principales enfermedades que afectan al agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. azul). Ambas enfermedades representan grandes pérdidas económicas o un aumento en los costos de producción en los cultivos. Aunque se ha descrito el uso de agroquímicos para el control de estas enfermedades, su impacto ambiental puede ser alto, además

de generar resistencia si no se usan correctamente. El uso de microorganismos de control biológico se considera como una alternativa viable para sustituir a los agroquímicos o combinarlos para disminuir su impacto en el ambiente o potenciar su efectividad. Esta estrategia de control biológico tiene diferentes mecanismos de acción que dificultan la generación de resistencia o evitan que los patógenos generen estrategias para contrarrestarlos. Además, se ha encontrado que derivados de estos microorganismos también pueden tener un efecto de control sobre las diferentes enfermedades.

3.5. FAGOTERAPIA PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES BACTERIANAS EN PLANTAS DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA

[Phagoththerapy for the control of bacterial diseases in plants of agricultural interest]

Quiñones-Aguilar Evangelina¹, Ibarra-Rivera Gabriel¹, Ríos-Sandoval Marcela¹, Ávalos-Salgado Felipe¹, Candelas-Delgado Alely¹, Guardado-Fierros Beatriz¹, García-Márquez Eristeo¹, Bautista-Villegas Susana¹, Guízar-González Cecilia¹, Solís-Sánchez Alejandro¹, Enríquez-Vara Jhony¹, Uc-Varguez Alberto¹, Fraire-Velazquez Saúl², Villanueva-Fierro Oscar^{1,3}, Robles-Hernández Loreto³, García-Ávila Clemente⁴, López-Villegas Edgar⁵, López-Pérez Luis⁶, Rincón-Enríquez Gabriel.

¹CIATEJ, ²UAZ, ³UACH, ⁴SENASICA, ⁵ENCS-IPN, ⁶UMSNH. grincon@ciatej.mx

La fagoterapia es el empleo de bacteriófagos para el control de bacterias causantes de problemas en distintas áreas del quehacer humano; en particular, en la agricultura existen problemas de enfermedades bacterianas en plantas de importancia agrícola, actualmente el tratamiento de estos problemas fitopatológicos es mediante el empleo de antibióticos agrícolas; sin embargo, este tratamiento ha traído problemas de resistencia bacteriana a estas moléculas, contaminación de suelos, aguas y en la salud humana. Por lo cual a nivel mundial está resurgiendo una tendencia de nuevas alternativas de control de bacterias fitopatógenas. El objetivo de este estudio fue mostrar el biocontrol de enfermedades bacterianas de plantas de importancia agrícola mediante bacteriófagos. Para esto se realizaron experimentos en los siguientes patosistemas

bacterianos: pudrición blanda (varias especies bacterianas) en agave (*A. tequilana*, *A. cupreata*) y en pitahaya (*Hylocerus undatus*); pudrición blanda (*Pseudomonas aeruginosa*) en nardo (*Polianthes tuberosum*); tizón de fuego (*Erwinia amylovora*) en mazana (*Malus domestica*); tizón del halo (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) en frijol (*Phaseolus vulgaris*); cancro de los cítricos (*Xanthomonas citri*); mancha bacteriana (*X. vesicatoria*) en chile (*Capsicum annum*) y jitomate (*Solanum lycopersicum*). En todos los patosistemas se encontraron bacteriófagos líticos *in vitro*. Para tizón del halo y mancha bacteriana hay efectividad biológica en invernadero. Se tiene una formulación con nanopartículas de zinc y bacteriófagos para el biocontrol de *X. vesicatoria* en campo.

3.6. LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN MICROORGANISMOS AISLADOS PARA EL MANEJO BIOLÓGICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

[Intellectual property in isolated microorganisms for plague and disease biological management]

Norma I. García-Calderón

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. norma.garcia@ipicyt.edu.mx

La Propiedad Intelectual es un área técnico-legal que garantiza la protección de aquellas invenciones o creaciones humanas que tengan una aplicación económica. Es de suma importancia recalcar que un producto o proceso puede ser protegido por más de un tipo de figura legal (patente, marca, derecho de autor), constituyendo así una protección integral de la Propiedad Intelectual. En este caso, hablaremos de las estrategias y recomendaciones para la protección de microorganismos aislados, ya que, conforme ha evolucionado esta área de la técnica, los examinadores de patentes cada vez son más renuentes para otorgar invenciones que involucren tipo de tecnologías. Por lo tanto, hay que tener en cuenta las ventajas competitivas del microorganismo, frente a otros similares, o más aún, llegar a caracterizar el compuesto que permite combatir

plagas y enfermedades en plantas. De esta manera, la protección de la Propiedad Intelectual no está limitada únicamente a la cepa aislada como tal, sino también puede comprender un extracto con actividad biológica, un compuesto específico derivado del extracto/microorganismo aislado, y también un proceso para combatir plagas o enfermedades en plantas. Vislumbrar el producto o proceso final (como se vería en el mercado) es fundamental para establecer una estrategia de protección legal adecuada. Adicionalmente, la transferencia del conocimiento es un tema importante que también abordaremos en esta plática, toda vez que un paso esencial para el éxito de una invención en el mercado es lograr que el licenciataria asimile la tecnología en forma óptima para que se expanda su difusión y comercialización hacia terceros.

3.7. USO DE GERMOPLASMA MICROBIANO PARA EL CONTROL DE FITOPATÓGENOS EN CULTIVOS TROPICALES

[Use of microbial germplasm to control phytopathogens on tropical crops]

Zahaed Evangelista-Martínez

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, AC.

Subsede Sureste. zevangelista@ciatej.mx

La producción de alimentos para consumo humano o animal han ido evolucionado hacia la creación de sistemas de cultivo que tengan bajo impacto al medio ambiente, sustentables y no dependan del uso de productos químicos para el control de enfermedades. En este sentido, se ha venido aplicando el control biológico como una estrategia que se ha aplicado a fin de disminuir los efectos nocivos de los organismos patógenos sobre los cultivos mediante la utilización de microorganismos antagonistas. Un gran número de microorganismos, tanto hongos como bacterias han sido aislados, seleccionados y evaluados respecto a sus actividades promotoras de crecimiento vegetal y las mejoras en la productividad y sanidad vegetal. Estos recursos microbianos son muy importantes para la investigación agrícola, por lo cual las colecciones

de microorganismos son la base para el desarrollo de soluciones que contribuyan en el control de plagas. En esta plática se conversará sobre el uso del germoplasma microbiano para el control de microorganismos fitopatógenos, en especial sobre hongos que causan diversas enfermedades en plantas y frutos. Se enfatizará en el grupo bacteriano del género *Streptomyces* con base en el uso del microorganismo o en los metabolitos secundarios que producen como una estrategia importante en los planes de manejo agrícola de plagas y enfermedades. La propuesta es usar recursos microbianos nativos de México en una forma sitio específica, de manera que el recurso microbiano este adaptado a las condiciones edáficas y climáticas de las distintas regiones del país.

4. SIMPOSIO: ENFERMEDADES EMERGENTES Y CUARENTENARIAS

4.1. PRODUCCIÓN DE SEMILLAS LIBRES DE ToBRFV: PRÁCTICAS DE MANEJO FITOSANITARIO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

[Production of seeds free of ToBRFV: phytosanitary management practices in the production process]

Olivia García González
AMSAC

La semilla es la base de la producción de cultivos, de ahí que semillas libres de fitopatógenos sean un prerrequisito para la producción sustentable de alimentos. Un objetivo común de las empresas semilleras es el poder entregar un producto libre enfermedades que cubra las expectativas de los clientes en forma oportuna cumpliendo con las legislaciones fitosanitarias vigentes. Las enfermedades transmisibles por semilla con patógenos tales como bacterias, hongos o virus, que se encuentran en la superficie o interior de la semilla, tienen el potencial de diseminar la enfermedad en el subsecuente ciclo de cultivo. La sanidad de la semilla comienza en las plantas de las cuales se obtiene dicha

semilla, por lo cual es crucial el contar con buenas prácticas de producción de cultivos, así como con medidas eficientes de prevención y manejo de enfermedades. Una vez cosechados los frutos de los cuales se extraerá la semilla se llevan a cabo una serie de medidas higiénicas que permiten limpiar la superficie de la semilla y prepararla para su procesamiento. Posteriormente, la semilla se analiza para descartar la presencia de ciertas enfermedades transmisibles por semilla, entre las que se encuentra el ToBRFV. El conjunto de medidas en campo, durante el procesamiento de la semilla y su posterior análisis son la clave en la producción y comercialización de semillas libres de ToBRFV.

4.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL FOC R4T

[Current situation of FOC R4T]

John Jairo Alarcón Restrepo
SATAGRO, Colombia. johnjalarconr@gmail.com

Con la llegada de FOC R4T al continente americano y particularmente a Colombia, ha puesto en riesgo el sector exportador, la económica campesina y los países de la región que basan su economía en estos renglones. Para el mes de agosto de 2019, se confirmó la presencia del hongo *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* raza 4 tropical – FOC R4T (recientemente clasificado como *Fusarium odoratissimum* Maryani, Lombard, en cultivos de banano Cavendish del departamento de La Guajira, por lo cual el ICA expidió la Resolución 11912 de 2019 del 9 de agosto de 2019 “Por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de la enfermedad conocida como Marchitez de las musáceas por Foc R4T”. Posteriormente, en el mes de octubre de 2019, el ICA expidió la Resolución ICA 17334 “Por medio de la cual se establece el plan de bioseguridad

y vigilancia fitosanitaria para la Marchitez por *Fusarium* en predios de producción de plátano y banano registrados ante el ICA para la exportación en fresco”, asimismo, el día 6 de agosto de 2020 se prorroga por seis meses más la emergencia fitosanitaria a través de la resolución 072820. El plan de contingencia puesto en marcha para subsanar la problemática en el país contempla la permanente vigilancia de 2.213 hectáreas con producción de plátano y banano en la Guajira, la erradicación de 227.500 plantas con presencia del hongo de FOC R4T, la vigilancia permanente de los 10 fincas afectadas hasta el presente con la enfermedad las cuales se encuentran en cuarentena, refuerzo de cuatro puestos de control existentes y la implementación de dos nuevos para controlar la movilización, con apoyo de la Policía Nacional y el ICA.

4.3. PLAGAS CUARENTENARIAS DE LOS CÍTRICOS: Huanglongbing Y EL MANEJO DE *Diaphorina citri* REVISITADOS

[Quarantine pests of citrus: Huanglongbing and the management of *Diaphorina citri* revisited]

J. Isabel López-Arroyo

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental
General Terán. General Terán, Nuevo León, México. lopez.jose@inifap.gob.mx

La citricultura de México, actualmente es afectada por los patógenos asociados o causantes de las enfermedades Huanglongbing, tristeza de los cítricos, y leprosis; además, existe la amenaza cercana del cancro de los cítricos, clorosis variegada de los cítricos y la mancha negra. Aunado a esto, con la excepción de esta última enfermedad, todos los patógenos mantienen una relación estrecha con vectores (ej. HLB-*Diaphorina citri*, tristeza de los cítricos-*Toxoptera citricida*; leprosis-*Brevipalpus* spp.) o facilitadores de la enfermedad, como es el caso del minador de los cítricos con el cancro. De los complejos anteriores, Huanglongbing es el único con característica de letalidad alta y ocurrencia nacional. Hasta el momento, a nivel mundial, la citricultura empresarial de Brasil es la única que ha obtenido un nivel exitoso en su manejo, con obtención incluso de cosechas con máximos históricos en años recientes, asociadas también a condiciones

climáticas favorables. Esto lo han logrado principalmente con la eliminación de plantas enfermas, siembras con plantas certificadas, y un manejo extensivo e intensivo del vector basado en el uso frecuente de insecticidas. Este programa de control es considerado económica y ecológicamente inviable para un número alto de huertas en México, lo que obliga para el país a buscar estrategias que permitan reducir poblaciones del vector, sin los costos arriba indicados. Manejo regional, uso racional de insecticidas, control localizado del insecto, liberación o aplicación de agentes de control biológico, concentración en árboles jóvenes y herramientas de toma de decisiones para la intervención en el manejo de *D. citri*, son componentes importantes en la lucha establecida contra el vector del patógeno asociado al Huanglongbing en México, a la vez que se impacta en el control del resto de vectores de patógenos en la citricultura nacional.

4.4. *Neopestalotiopsis* EN FRESA

[*Neopestalotiopsis* in strawberry]

Angel Rebollar-Alviter, Centro Regional Morelia, Universidad Autónoma Chapingo, Morelia, Mich. México; Hilda Victoria Silva-Rojas, Producción de Semillas, Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México; Dionicio Fuentes-Aragón, Optimal Berry Group. Zamora, Mich. Mexico. Merari Martínez-Ruiz, Hacher-Fres, Jacona, Mich. arebollara@taurus.chapingo.mx

Entre las enfermedades de mayor impacto en México destacan las pudriciones de raíz y corona asociadas a *Fusarium oxysporum*, *Macrophomina phaseolina*, *Phytophthora* sp. y *Pythium* entre otros. En los últimos 3 años en el valle de Zamora, Michoacán se han presentado fuertes epidemias en plantas recién establecidas que se manifiestan como manchas foliares con un patrón circular concéntrico que derivan en tizones que cubren gran parte de la hoja. Las raíces se torna de color oscuro; en interior de las corona aparecen manchas irregulares café claro o marrón con el centro mas claro que avanza hasta cubrir gran parte de la corona. En plantas en producción los síntomas se manifiestan como un amarillamiento ligero de las hojas externas que avanza hacia el cogollo de la planta hasta que se colapsa. Con frecuencia, de las coronas de dichas plantas se aísla *M. phaseolina* y *F. oxysporum* asociados con *Neopestalotiopsis* sp. Las pruebas de patogenicidad resultaron en los mismos síntomas

observados en campo. Los estudios morfológicos y moleculares y posterior análisis filogenético indicaron que el agente causal de dichos síntomas es *Neopestalotiopsis rosae*. Una exploración regional en el ciclo 2019-2020 evidenció que la intensidad de la enfermedad fue mayor en plantaciones establecidas con planta a raíz desnuda, provenientes de viveros establecidos en suelo, en contraste con aquellas que provenían de planta de cepellón. El seguimiento de las plantas de viveros locales hasta su establecimiento en campos comerciales indicó que *N. rosae* puede dispersarse a partir de plantas infectadas de dichos viveros o de otros estados. Sin embargo, avances en la temporada 2020-2021, evidencian la presencia del mismo patógeno en planta de cepellón de viveros comerciales. Se abordarán y discutirán las implicaciones, el impacto de esta enfermedad emergente y posibles alternativas de solución.