

1. SIMPOSIO: MANEJO AGROECOLÓGICO DE ENFERMEDADES

1.1. ECOLOGÍA DE FITOPATÓGENOS Y ENFERMEDADES

(Ecology of Phytopathogens and Diseases)

María del Pilar Rodríguez-Guzmán.
Colegio de Postgraduados. pilarrg@colpos.mx

En el presente, debido al reconocimiento que se ha hecho en los últimos 25 años del importante papel que juegan los organismos fitopatógenos no sólo como causantes de pérdidas en la producción y daños económicos de los cultivos de importancia agrícola y forestal, sino también por su invaluable función en la estabilidad y dinámica de las comunidades vegetales, así como en la conservación y enriquecimiento de la diversidad de especies, y su no menos importante papel en la evolución/coevolución de las especies (al menos las dos más directamente involucradas: la planta hospedante y el organismo fitopatógeno) en los sistemas naturales, se puede tener un enfoque amplio e integrado fundamentado en la teoría y metodología ecológicas, en la epidemiología, en la genética de poblaciones, en la biología molecular y en la teoría evolutiva, para renovar y enriquecer el conocimiento y manejo de los fitopatógenos y de las enfermedades que

ocasionan, con el propósito práctico final de llevar a cabo un manejo sustentable de los patosistemas. Un enfoque de ello es la cuantificación y caracterización molecular de las especies, poblaciones y comunidades microbianas en raíces, suelo, filósfera, endósfera vegetal, etc, en estudios de las interacciones entre ellas y los microorganismos fitopatógenos; sin embargo, también deben investigarse interacciones con otras especies y comunidades vegetales y animales, incluyendo insectos, que forman parte de los patosistemas, y que participan en la regulación de las poblaciones que se comportan como especies plaga o patógenas, a través del estudio de la estructura de las redes tróficas. Ejemplos, a) Patosistema aéreo: planta – virus - insecto vector - insectos depredadores/hongos entomopatógenos; y b) Patosistema edáfico: planta - hongos/oomycetos - bacterias/hongos antagonistas – nemátodos de vida libre.

1.2. MECANISMOS DE BIOCONTROL DE FITOPATÓGENOS FÚNGICOS POR BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL

Biocontrol mechanisms of fungal phytopathogens by Plant Growth-Promoting Bacteria]

Gustavo Santoyo-Pizano¹, Sergio de los Santos-Villalobos², Eduardo Valencia-Cantero¹.
Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH. CONACYT-Instituto Tecnológico de Sonora,
Ciudad Obregón, Mexico. gsantoyo@umich.mx

La agricultura requiere nuevas estrategias para controlar los daños causados por los fitopatógenos, y promover efectivamente el crecimiento y la producción de las plantas. Una de las mejores alternativas para lograr este objetivo, es la aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB, por sus siglas en inglés). Las PGPBs no causan daños al ambiente y/o a la salud humana, por eso son una opción viable para el control de patógenos, a diferencia de los agroquímicos. Estudios

recientes también muestran que algunos compuestos antifúngicos (i.e. Clorotalonil) no son tan específicos y pueden inhibir el crecimiento de bacterias benéficas del suelo. Por lo tanto, para seleccionar las mejores PGPB, es esencial analizar sus mecanismos antagónicos hacia fitopatógenos, basándose en métodos de búsqueda confiables y garantizar su aplicación exitosa en el campo. En la presente plática, analizaremos los principales mecanismos de acción antifúngica ejercidos por PGPBs para beneficiar el crecimiento y la salud de las plantas.

1.3. BACTERIÓFAGOS COMO AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO DE BACTERIAS FITOPATÓGENAS DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA

Bacteriophages as agents of biological control of phytopathogenic bacteria of agricultural importance.

Evangelina Quiñones-Aguilar¹, Gabriel Iberra-Rivera¹, Beatriz Guardado-Fierros¹, Oscar Villanueva-Fierro^{1,2}, Alely Candelas-Delgado¹, Felipe Avalos-Salgado¹, Gabriel Rincón-Enríquez^{1*}

¹Laboratorio de Fitopatología-CIATEJ, ²UACH. *grincon@ciatej.mx.

Los bacteriófagos son virus de bacterias (10^{32} virus en el planeta). Estos virus pueden emplearse para controlar enfermedades bacterianas de plantas, evitando contaminación al suelo y siendo una biotecnología inocua para los organismos vivos donde se aplican. El objetivo fue aislar, caracterizar y evaluar bacteriófagos de distintos patosistemas fitobacterianos. Se evaluaron bacteriófagos de los patosistemas: pudrición de agave (varias especies bacterianas), pudrición de bulbo de nardo (*Pseudomonas aeruginosa*), tizón del fuego en manzano (*Erwinia amylovora*), tizón del halo en frijol (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, Psph) y mancha bacteriana en solanáceas (*Xanthomonas vesicatoria*, Xv). En todos los casos los bacteriófagos aislados mostraron una inhibición significativa (Tukey, $P \leq 0.05$) del crecimiento bacteriano en condiciones *in vitro*. Experimentos *in planta*

mostraron. Para nardo se redujo significativamente (Kruskal-Wallis, $P \leq 0.05$) la pudrición en los bulbos cuando se inoculó preventivamente el bacteriófago PaF21. En tanto para el tizón del halo en frijol se encontró que los bacteriófagos (F04) redujeron la población de Psph a nivel de suelo, mientras que en plantas de frijol bajo invernadero se controló significativamente (Tukey, $P \leq 0.05$) la aparición de síntomas cuando los bacteriófagos fueron aplicados. Finalmente, en plantas de chile a nivel de invernadero y campo se encontró una reducción de los síntomas de la mancha bacteriana (Xc) al aplicar los fagos contenidos en una formulación. Estos resultados muestran el uso de los bacteriófagos en el control biológico de enfermedades de origen bacteriano en plantas, lo cual podría ser una solución de bajo impacto para el ambiente en los agroecosistemas.

1.4. INTERACCIONES DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y FITOPATÓGENOS DE LA RIZÓSFERA

Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and rhizosphere phytopathogens

Alejandro Alarcón¹, Ronald Ferrera-Cerrato¹, John Larsen².

¹Colegio de Postgraduados. ²Universidad Nacional Autónoma de México. aalarconcp@gmail.com

Este trabajo muestra interacciones de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y algunos fitopatógenos en la rizosfera de plantas, en tres modelos de estudio. El primer modelo evaluó el efecto de HMA en la atenuación del daño de *Meloidogyne incognita* en *Impatiens balsamina* con o sin aplicación de fertilización nitrogenada. En este modelo los HMA incrementaron la tolerancia al ataque del nematodo induciendo mayor crecimiento aun cuando la raíz mostró abundante formación de agallas. El segundo modelo pre-inoculó HMA y/o *Trichoderma* en plántulas de lechuga fueron sometidas a la infección de *Sclerotinia sclerotiorum*, demostrando que la severidad de la enfermedad causada por el fitopatógeno fue atenuada por ambos hongos benéficos a las 96h, induciendo menor actividad fenilalanina amonioliasa. La combinación HMA y *Trichoderma* con aplicación de una solución de

10Mm de K₂CO₃ produjo mayor sobrevivencia de plantas infectadas con *S. sclerotiorum*. El tercer modelo evaluó la interacción de HMA y el virus del mosaico del tabaco (VMT) en plantas de tabaco. La inoculación de HMA no atenuó los síntomas de la infección del VMT en plantas de tabaco; las plantas infectadas (donadoras) como sanas (receptoras) mostraron respuestas de crecimiento similares, posiblemente por el puente simbiótico que generan los HMA ya que las raíces de ambas plantas amplificaron el fragmento de 250pb correspondiente al VMT. No se obtuvo evidencia contundente de que el HMA sea vector de virus, probablemente es vehículo de partículas virales que pueden infectar plantas sanas. En conclusión, los HMA confieren tolerancia y atenuación de enfermedades causadas por fitopatógenos. Estas respuestas son dependientes de la agresividad del fitopatógeno sobre su hospedante.

1.5. AGROBIODIVERSIDAD Y FITOPATÓGENOS

Agrobiodiversity and Phytopathogens

Alejandro Martínez-Palacios y Selene Ramos-Ortiz.
IIAF-UMSNH; apalacios56@gmail.com.

Las redes tróficas (RT) o redes alimenticias, es la interconexión natural de las cadenas alimenticias, donde las plantas fijadoras de energía solar son la base del flujo de energía a los otros niveles alimenticios. La biodiversidad en cualquier ecosistema está fundamentada por las RT, su ruptura ocasiona pérdida de la biodiversidad y la presencia de plagas y enfermedades. Las RT después de un disturbio ambiental, permiten la estabilidad del sistema, caso contrario, en las sistemas agrícolas, el estrés es permanente, debido al uso continuo de agroquímicos, los cuales rompen las RT y provocan la manifestación de enfermedades. La agro-biodiversidad se puede establecer en áreas no perturbadas y perturbadas. En el primer caso se establecen pequeños claros donde se plantan los cultivos, estableciendo labores mínimas; en el segundo, los cambios son radicales, es necesario eliminar el uso de agroquímicos

y permitir que la mal llamada maleza se establezca junto con los cultivos, la descontaminación paulatina del suelo permite el regreso de las RT, y con ello la salud de nuestros cultivos, además de iniciarse la recuperación del suelo y conservación del agua, así como de la reducción del estrés. La interacción de microorganismos rizosféricos, como los hongos micorrizicos arbusculares, los *Trichoderma* y bacterias del género *Pseudomonas* entre otros, catalogados como agentes de control biológico, así como los diazotrofos (bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico) fortalecen la resistencia a enfermedades y el desarrollo de las plantas. El objetivo de esta revisión y de ejemplos aplicados en plantaciones de agaves, fue comprender el efecto de los factores ambientales del suelo en la incidencia de enfermedades de las plantas y las mejores estrategias de manejo de cultivos.

2. SIMPOSIO: INTERACCIONES PLANTA-PATÓGENO

2.1. EFECTO DE LA MARCHITEZ POR PHYTOPHTHORA SOBRE EL MICROBIOMA RIZOSFÉRICO DEL AGUACATE

Effect of Phytophthora root rot on the avocado rhizosphere microbiome

Itzel A. Solís-García¹, Alfonso Méndez Bravo², Damaris Desgarenes¹,
Edith Garay-Serrano¹, Frédérique Reverchon¹.

¹Instituto de Ecología, A.C. ²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Morelia,
UNAM. frederique.reverchon@inecol.mx

La microbiota asociada a la rizósfera de las plantas juega un papel importante para la salud de los cultivos. La presencia de agentes fitopatógenos que infectan a la planta puede modificar dicha microbiota y así tener implicaciones para la productividad de la planta y la calidad del suelo. Nuestro objetivo es entender cómo la infección de una planta por un microorganismo fitopatógeno puede re-estructurar las comunidades microbianas asociadas con su rizósfera, tomando el aguacate (*Persea americana*) y el oomicete *Phytophthora cinnamomi* como modelo de estudio. Se colectaron muestras de suelo rizosférico de árboles de aguacate sanos y de árboles con síntomas de marchitez por *Phytophthora* en una huerta de Huatusco, Veracruz. Se extrajo el ADN de cada muestra y se secuenciaron amplicones de las regiones 16S (bacterias)

e ITS (hongos) del rADN, mediante plataformas de Illumina. El análisis bioinformático de los datos obtenidos evidenció un cambio en la estructura de la comunidad bacteriana rizosférica, con una menor abundancia relativa de Actinobacteria y Firmicutes y una mayor abundancia de Proteobacteria en las raíces de los árboles infectados. La comunidad de hongos rizosféricos también se vio afectada por la infección por *Phytophthora*, con una dominancia de hongos patótrofos, saprótrofos y simbiótrofos y con la presencia exclusiva del phylum Olpidiomycota en las raíces de los árboles enfermos. La re-estructuración del microbioma rizosférico del aguacate por la marchitez por *Phytophthora* podría tener consecuencias para los procesos microbianos que ocurren en el suelo.

2.2. CAMBIOS EN EL PERFIL METABÓLICO, LA EXPRESIÓN GLOBAL DE GENES Y LA MICROBIOTA FUNCIONAL RIZOSFÉRICA DEL AGUACATE *PERSEA AMERICANA* MILL. OCASIONADOS POR LA MARCHITEZ POR *FUSARIUM*

Fusarium dieback in avocado modifies metabolite profile, global gene expression and impacts active rhizospheric microbiome.

Itzel Aislinn Aguirre-Pérez^{1,2}, Ulises Olivares-Pinto¹, Benjamín Rodríguez-Haas³, J. Luis Monribot-Villanueva³, José A. Guerrero-Analco³, Akif Eskalen⁴, Julio Vega-Arreguín², Frédérique Reverchon³, Alfonso Méndez-Bravo¹.

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores - Morelia (LANASE), UNAM. ²Escuela Nacional de Estudios Superiores – León. ³Instituto de Ecología, A.C. ⁴UC Davis.
amendezbravo@enesmorelia.unam.mx

Las plantas poseen la capacidad de responder ante sus patógenos modificando la expresión de un gran número de genes que activan la producción de metabolitos con actividad antimicrobiana. A su vez, la microbiota benéfica que se asocia con diferentes órganos vegetales puede modificarse por influencia de los agentes fitopatógenos. Entender cómo la activación de las respuestas de defensa vegetal influyen en los cambios funcionales de sus microbiomas, podría contribuir al manejo exitoso de enfermedades de importancia agrícola; en este estudio describimos el efecto ocasionado por una enfermedad necrotizante del aguacate, la marchitez por *Fusarium*, sobre la expresión de genes de defensa vegetal, la producción de metabolitos

potencialmente involucrados en sus respuestas de defensa y el enriquecimiento funcional de su diversidad bacteriana asociada con la rizósfera de árboles sintomáticos. El análisis transcriptómico de los órganos de árboles infectados, y la caracterización meta-transcriptómica de su microbiota bacteriana rizosférica sugieren que la expresión diferencial de genes de defensa influye en el enriquecimiento de grupos funcionales bacterianos que se asocian con las raíces. La correlación entre el transcriptoma y metaboloma vegetal modifican la diversidad funcional (metatranscriptomas) asociados a los árboles enfermos alterando el metabolismo de lípidos complejos y carbohidratos por efecto de la marchitez por *Fusarium*.

2.3. USO DEL SILENCIAMIENTO GÉNICO PARA EL ANÁLISIS FUNCIONAL DE GENES Y LA PROTECCIÓN DE PLANTAS CONTRA OOMICETOS PATÓGENOS

Cinthia Valentina Soberanes- Gutiérrez, Harumi Shimada-Beltrán y Julio C. Vega-Arreguín.
Escuela Nacional de Estudios Superiores. León, UNAM, jvega@enes.unam.mx

El patógeno *Phytophthora capsici* es causante de la enfermedad del tizón en solanáceas y cucurbitáceas, causando grandes pérdidas económicas. Es de gran relevancia desarrollar nuevas herramientas para prevenir la infección por este devastador patógeno. Una forma eficiente de analizar la importancia de los mecanismos de defensa en plantas ha sido por medio del silenciamiento genético. En nuestro laboratorio se ha utilizado la metodología de silenciamiento de genes inducido por el huésped (HIGS), utilizando el patosistema *P. capsici*-*Nicotiana spp.* Estando interesados principalmente en genes efectores y en el gen GIP1 que codifica a una proteína inhibidora de glucanasas (GIP1) que inhibe la actividad de endoglucanasas, implicadas en respuesta de defensa de las plantas contra la infección. En este trabajo se identificaron

genes efectores de la fase biotrófica y necrotófica del oomiceto, además se utilizó la técnica de HIGS para silenciar el gen GIP1 en *P. capsici*, el cual tiene 777 nucleótidos y codifica para una proteína hipotética de 259 aa. Se realizó la clonación del gen en el vector TOPO pENTR/D mediante el sistema Gateway y posteriormente en el vector binario pHellsgate 12, se realizó la expresión transitoria en *N. benthamiana*. Y al realizar la infección con zoosporas de *P. capsici*, se observó una disminución significativa en el tamaño de la lesión causada por el patógeno. Se realizó el análisis de su expresión mediante qRT-PCR. Confirmando que dicho gen está involucrado en la patogénesis de *P. capsici* y el silenciamiento mediante HIGS se puede utilizar para combatir a este patógeno.

2.4. ANÁLISIS FUNCIONAL DE LOS EFECTORES LysM DE *Trichoderma atroviride* DURANTE SU INTERACCIÓN CON PLANTAS Y FITOPATÓGENOS

Functional analysis of the LysM effectors of *Trichoderma atroviride* during its interaction with plants and phytopathogens

Vianey Olmedo-Monfil, Francisco Vargas-Gasca, Yordan J. Romero-Contreras, Sandra Gómez-Méndez y Juan Ignacio Macías-Segoviano. Universidad de Guanajuato. vg.olmedo@ugto.mx

En los hongos fitopatógenos se ha demostrado la relevancia de los efectores, confiriéndoles la capacidad de alterar la estructura y función de su hospedero, facilitando la infección. La estrategia molecular que involucra efectores también es mostrada por hongos micorrícicos. Entre los habitantes ubicuos de la rizósfera se encuentran los hongos pertenecientes al género *Trichoderma*, los cuales tienen diversos estilos de vida, creciendo como saprófitos, como parásitos de otros hongos, incluidos muchos fitopatógenos y como simbiontes benéficos de plantas, promoviendo el crecimiento y mejorando la respuesta de defensa vegetal. Los efectores agrupados en la familia LysM son unos de más estudiados en los sistemas patogénicos y están relacionados con mecanismos que incluyen la protección de la pared celular, la inactivación

de quitinasas, que forman parte de la defensa vegetal y el secuestro de quitina libre, la cual sería reconocida por las plantas para activar la defensa. Nosotros estamos interesados en definir cuáles efectores participan en los eventos tempranos que regulan la interacción de *Trichoderma* con las plantas. A partir de un catálogo de posibles efectores de *Trichoderma atroviride*, identificamos seis genes codificantes para productos con dominios LysM, como posibles efectores. Hemos analizado sus patrones de expresión durante la interacción con la planta modelo *Arabidopsis thaliana* y con fitopatógenos. Adicionalmente, hemos determinado la participación de dos de estos efectores en la actividad micoparasítica de *T. atroviride* contra algunos fitopatógenos y en la interacción con plantas como *A. thaliana*, ajo y jitomate.

3. SIMPOSIO: SALUD DE SUELOS Y RAÍCES

3.1. SUELOS SUSTENTABLES CON RAÍCES SALUDABLES

Sustainable Soils with Healthy Roots

Mayra E. Gavito-Pardo

Universidad Nacional Autónoma de México. mgavito@cieco.unam.mx

La salud de las raíces está directamente relacionada con la salud del suelo. En la vegetación natural, rara vez se produce una invasión de plagas o enfermedades aunque los organismos que las causan suelen estar presentes, pero están en bajas cantidades. Las condiciones que llevan al desequilibrio de las poblaciones se crean con prácticas agrícolas inadecuadas para mantener controlados a los organismos más oportunistas y agresivos. El monocultivo con baja variación genética, la baja biodiversidad en los sistemas productivos, el exceso de nutrientes lábiles, el uso de herbicidas y plaguicidas, el exceso de labranza y de riego, son ejemplos de prácticas que van degradando los mecanismos naturales de control biológico hasta eliminarlo de los campos de cultivo. El control químico, a diferencia del biológico, actúa rápidamente, pero es de efecto temporal y en la mayoría de los casos el problema

regresa en unos meses. El control biológico natural se construye lentamente pero su efecto suele ser persistente, como en la vegetación natural. Desafortunadamente, hoy en día el control biológico se practica queriendo sustituir los insumos químicos por insumos orgánicos y bioinoculantes.

En esta plática se revisarán conceptos, mecanismos y acciones para mantener suelos productivos saludables y las razones por las que el control biológico basado en la sustitución simple de productos químicos por orgánicos tiene poco éxito y poca apropiación social en nuestro país. En nuestro país es apremiante investigar más para desarrollar más formas alternativas de manejo y capacitar a los productores para iniciar la transición hacia un control biológico natural basado en el mantenimiento de los mecanismos naturales, con poca intervención por parte del productor.

3.2. EXPRESIÓN DE RESPUESTAS DE DEFENSA EN CHILE JALAPEÑO INOCULADO CON AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO DE *Phytophthora capsici* Leo

Defense responses expression in Jalapeño pepper inoculated with biological control agents of *Phytophthora capsici* Leo

Chávez-Díaz¹; Aranda-Ocampo, Sergio¹; Alarcón Alejandro¹; Delgadillo-Martínez, Julián¹; Larsen John²; Zavaleta-Mejía, Emma¹

¹Colegio de Postgraduados ²Universidad Autónoma de México. zavaleta@colpos.mx

La marchitez del chile causada por *Phytophthora capsici* (Pc). El uso de agentes de control biológico (ACB) asociados a la rizósfera ejerce un efecto directo sobre la sanidad del cultivo al inducir resistencia y controlar las poblaciones de fitopatógenos. Este estudio evaluó la capacidad antagonica *in vitro* de 21 ACB bacterianos y fúngicos contra Pc, su efecto sobre el crecimiento de plantas de Jalapeño, la compatibilidad entre ACB y su capacidad protectora contra Pc *in vivo*, también, se evaluaron los niveles de transcritos de los genes *WRKY-a* y *WRKY 1* (factores de transcripción), *PRI* (proteína relacionada con patogénesis), *GLU* (glucanasas), *CHI* (quitinasas), *POX* (peroxidasas) y *EAS* (5-epiaristoliqueno sintasa) en plantas de Jalapeño inoculado con un consorcio de ACB. El agente bacteriano S4, identificado como *Pseudomonas protegens*, inhibió el crecimiento *in*

vitro de Pc en un 69% ($P \leq 0.05$), *Trichoderma virens* T01 presentó un 99% de colonización sobre Pc ($P \leq 0.05$). *Pseudomonas tolaasii* A46 y *Trichoderma atroviride* T0X incrementaron el peso seco en las plantas un 10% y 36% ($P \leq 0.05$), respectivamente. El consorcio *P. protegens* S4 + *P. tolaasii* A46 (S4+A46) redujo la incidencia de la marchitez del chile en un 76% y la severidad en un 90%, también incrementó el peso seco en un 11% y el área radical en 38%, con respecto al testigo ($P \leq 0.05$). La expresión de todos los genes evaluados, fue mayor en las raíces de las plantas inoculadas con el consorcio de S4+A46, en comparación con las plantas no inoculadas ($P \leq 0.05$). *EAS* alcanzó su máxima expresión con mayor rapidez, 5.14 veces más a las 24 horas posteriores a la inoculación (hpi), mientras que *PRI*, *GLU* y *CHI*, acumularon 6.36, 4.40 y 2.72 veces más transcritos a las 72 hpi.

3.3. CONTROL BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES DE PLANTAS CON ACTINOBACTERIAS Y HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES

Biological control of plant diseases with actinobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi

Gabriel Rincón-Enríquez¹, Luis Rivera-Lopez¹, Jesús Trinidad-Cruz¹, Alfredo Reyes-Tena^{1,2}, Luis López-Pérez², Evangelina Esmeralda Quiñones-Aguilar¹

¹Laboratorio de Fitopatología-CIATEJ, ²IIAF-UMSNH. equinones@ciatej.mx.

El control biológico consiste en el uso organismos o sus productos para disminuir poblaciones de fitopatógenos. Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) pueden emplearse para disminuir la severidad de las enfermedades vía la activación de la resistencia inducida por micorrización (MIR) o mediante competencia directa a nivel de la raíz con hongos fitopatógenos; igualmente las actinobacterias pueden actuar de manera directa contra esos fitopatógenos. El objetivo fue evaluar el efecto de control indirecto o directo de los HMA y actinobacterias sobre *Botrytis cinerea* (Bc), *Phytophthora capsici* (Pc) y *Fusarium* sp. Para HMA en petunia se lograron reducir significativamente (Tukey, $P \leq 0.05$) los síntomas por botritis en petunias micorrizadas comparadas con plantas sin HMA, lo cual indica una activación del MIR; mientras que la micorrización logró una reducción (Kruskal-Wallis,

$P \leq 0.05$) de la marchitez en plantas de *Agave cupreata* provocada por *F. oxysporum* comparadas con el control sin HMA. Respecto al uso de actinobacterias se han logrado inhibiciones significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) del crecimiento a nivel *in vitro* contra bacterias (*Xanthomonas* sp.) y hongos fitopatógenos (*F. oxysporum*, *F. solani*, *F. euwallaceae*). En condiciones *in planta*, para el modelo Chile-Pc el empleo de actinobacterias redujeron síntomas de marchitamiento en comparación con plantas del tratamiento control. La combinación de HMA y actinomicetos en plantas de Chile mostraron menor marchitez provocada por Pc (Kruskal-Wallis, $P \leq 0.05$) en comparación con plantas inoculadas solo con Pc. Estos resultados sugieren que los HMA y las actinobacterias podrían emplearse como parte del control de enfermedades de plantas de importancia agrícola.

3.4. LA MARCHITEZ DE LA ZARZAMORA: ETIOLOGÍA, EPIDEMIOLOGÍA Y MANEJO INTEGRADO

The blackberry wilt: aetiology, epidemiology and integrated management

Angel Rebollar-Alviter¹, Hilda V. Silva-Rojas, Uriel Acosta-González¹, Angel Hernández-Cruz³, Rigoberto Castro-Sosa¹, Abel Saldivia-Tejeda¹, Jesús Hernández-Castrejón³, Erik Pérez-Ayala³, Rodrigo Izquierdo-Gutiérrez³, Humberto Carrasco-Meraz³, Luis A. Zamacona-Corona³.

¹Universidad Autónoma Chapingo. ²Colegio de Postgraduados.

³Instituto Tecnológico del Valle de Morelia. rebollalarviter@gmail.com

La marchitez es la enfermedad más importante de la zarzamora (*Rubus* sp.) en México. Se estima que más de 2000 ha se han perdido recientemente resultando en un alto impacto social y económico en Michoacán. Los primeros síntomas se observaron en el ciclo 2009-2010 en el cultivar ‘Tupy’ en el Valle de Los Reyes, Michoacán. Fue hasta el ciclo 2011-2012, cuando se observó la presencia de plantas marchitas después de la poda a ras y la presencia de un amarillamiento progresivo que culminaba en secamiento de la planta. A partir del 2013 se han realizado una serie de estudios con la finalidad de conocer el papel de los componentes epidemiológicos que influyen en el desarrollo de la

enfermedad. Los resultados indicaron que el agente causal de la enfermedad *Fusarium oxysporum*, capaz de dispersarse por el viento, agua y otros medios. La caracterización de la epidemia, sugiere un proceso policíclico que surge en agregados en la parcela. El contenido de cobre, magnesio, hierro, material orgánica y sodio en el suelo contribuyeron significativamente a la variación de los datos de incidencia, severidad y densidad de inóculo. Resultados de diferentes experimentos indicaron que es factible reducir significativamente la intensidad de la enfermedad a través de la integración de tácticas químicas, biológicas e inductores de resistencia aplicado bajo principios epidemiológicos centrado en el cultivo.

4. SIMPOSIO: TECNOLOGÍAS E INNOVACIONES APLICADAS A LA FITOPATOLOGÍA

4.1. AUTOMATIZATION OF EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE SYSTEMS APPLIED TO PHYTOSANITARY RISKS MANAGEMENT

Automatización de sistemas de vigilancia epidemiológicos aplicados al manejo de riesgos fitosanitarios

Gustavo Mora-Aguilera¹, Gerardo Acevedo-Sanchez¹, Juan José Coria-Contreras¹, Eduardo Guzmán-Hernandez¹, Eder Flores-Colorado¹, Rigoberto González-Gómez², Miguel Ángel Javier², Pedro Robles² y Jesús Feria²

¹Colegio de Postgraduados, LANREF. ²SENASICA-DGSV. morag@colpos.mx

Classical epidemiology focuses on plant disease *protection*. This point of view emphasizes disease measurements (Y_i) on time on restricted space (the production unit). This approach has been the main epidemiological stream since Vanderplank's seminal epidemiology book and strongly relies on the infection (*i.e.* the pathogenicity cycles) rather than on the contagious principle required for an effective development of our science. Another major constrain is the epidemiology focus on plant diseases instead of a broader pest application. As a result, in the last 60 years epidemiology has been effective at limited time-space scales but has been unable to provide definitive phytosanitary support under current sustainable and resilient views. However, new and cheaper genomics technics, current computer resources, available communication devices, and web processing make it possible to envision a new epidemiology frontier for effective ecological and sustainable pest management. The new paradigm should be based on prevention and scaling the epidemiological frame at regional and community level in order to develop early warnings on pest spreading, establishment and economical damage. Time and space scaling is also required for systemic studies on environmental agriculture impacts and the

effect of climatic change on crop health and pests population. Prevention places the *plant-host* on the center of the epidemiological system subordinating *clime*, *pathogen* and remaining components. Contagious and colonization process are now truly relevant in epidemiology risk analysis (ERA). ERA relies on the following assumptions: 1). Real or potential Y_0 on specific dimensional space (focus) and time is crucial to estimate risks, 2). *Region* becomes the risk framework to estimate epidemic inductivity, 3). *Pest load* (as extension of Garret's inoculum potential) and the *epidemic force* at the pest source region should be estimated to determine the risk range, 4). The *epidemiological system* is the rational scheme to account for risk factors. Under these assumptions, ERA applies to both, regulatory and endemic pests, and becomes fundamental in epidemiological surveillance systems for planning and sustainable production. ERA requires a comprehensive field assessment and data processing at biological time units feasible with current digital technology resulting on big effective phytosanitary data. With this method, decision making for pest management and risk communication relies on automatized dynamics algorithms. The new epidemiology approach is presented and discussed with an

epidemiological surveillance system automatized for coffee (ESSC) (<http://www.royacafe.lanref.org.mx>). ESSC is integrated on a web platform: a planned, structured big data network in a temporal and spatial dimension. A total of 54 pest damage/occurrence, plant phenology and climatic dynamic variables are weekly or biweekly measured by 70 trained officials directly on 795 coffee plantations sites distributed in 176 counties of the 11 coffee producing states. Six complementary agronomic variables are registered per productive unit evaluated. In addition to *H. vastatrix*, ESSC allows the surveillance of nineteen coffee pests—nine of them under quarantine status—using a customized graphic and mapping interface by mining a 2013-2019 data base of 54 and 4.8 millions of climatic and epidemiological records, respectively. For coffee rust, a set of 20 dynamic algorithms for early warning are estimated at a weekly, biweekly

and annual basis allowing farmers to undergo prevention actions at regional foci condition before an extensive epidemic condition occurs. Using this approach, ESSC has assisted 145 000 farmers and 267 000 coffee hectares in risky areas. Data quality, standardization, real time data transfer and risk communication is achieved by using three Android mobile applications. The public one, App-AlertaCafe has users in more than 50 countries according to *google analytics*. Other automatized epidemiological surveillance systems (AESS) include SIVEAgave with a data base of 7.9 million records base on 33 variables and 8 algorithms and SIFICITricos with 20 million, 46 variables and 15 algorithms. All AESS are powered by a Linux/Apache server under Mysql programed in PHP, Java, html and CSS. No doubt. Plant pest epidemiology is becoming a new science ready to face future challenges.

4.2. TECNOLOGÍAS ESPECTRALES PARA LA IDENTIFICACIÓN MICROBIANA Y VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE ENFERMEDADES EN CULTIVOS AGRÍCOLAS

Spectral technologies for microbial identification and epidemiological surveillance of crop diseases

Moisés Roberto Vallejo-Pérez

CONACyT-Universidad Autónoma de San Luis Potosí, CIACyT,
San Luis Potosí, S.L.P. vallejo.pmr@gmail.com

Según FAO (2011) la seguridad alimentaria es un derecho humano, una condición indispensable para alcanzar el bienestar general y que coadyuva para el desarrollo social; sin embargo, el constante crecimiento de la población exige un continuo abastecimiento de alimentos en cantidad y calidad. Por lo tanto, el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías que efficienten la obtención y procesamiento de información a gran escala, son indispensables para minimizar el efecto de riesgos potenciales en la producción de alimentos. La espectroscopia se basa en la interacción de la energía radiante con la materia, permitiendo realizar análisis cualitativos y cuantitativos del espectro resultante, siendo aplicable a la fitosanidad y agricultura de precisión. Particularmente, la espectroscopia Raman se ha implementado en cultivos agrícolas para la detección rápida de enfermedades de

etiología bacteriana, viral, fúngica e inclusive para diferenciar estrés abiótico, su implementación no requiere de preparación previa de la muestra, no es invasiva, puede ser portátil e inclusive automatizable. Mediante el uso de espectrómetros Micro-Raman la identificación microbiana puede realizarse en minutos, lo que reduce tiempos y permite el procesamiento de muestras a gran escala. Por otra parte, el desarrollo de los vehículos aéreos no tripulados (VANTs) equipados con cámaras espectrales, actualmente son cada día más accesibles y de mayor resolución (no disponible de imágenes satelitales) facilitando la realización de análisis espaciales y temporales que junto con la verificación *in situ*, permiten un seguimiento epidemiológico más preciso en poblaciones vegetales, lo cual resultaría imposible mediante la búsqueda visual e incosteable por técnicas convencionales.

4.3. INOCULANTES MICROBIANOS: TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN, FORMULACIÓN, CONTROL DE CALIDAD Y APLICACIÓN

Microbial inoculants: Production technologies, formulation, quality control and application

Miguel Bernardo Nájera-Rincón

Campo Experimental Uruapan (INIFAP). minaj47@hotmail.com

Los productos microbianos y sus metabolitos desempeñan un papel fundamental en los sistemas agrícolas como promotores del crecimiento y en la protección vegetal. Su importancia se ha incrementado debido a la demanda de consumidores y mercados interesados en la comercialización y consumo de productos libres de plaguicidas sintéticos, y en consecuencia, amigables con el ambiente. Debido a su creciente demanda, la producción y venta en México ha experimentado un crecimiento significativo durante los últimos diez años. No obstante, la mayoría de las pequeñas y medianas empresas continúan utilizando tecnologías de producción y formulación basadas en métodos artesanales sin un adecuado sistema de control de calidad, lo que trae como consecuencia la venta de productos que no cumplen con los mínimos estándares en términos

de su densidad, viabilidad, pureza y eficacia biológica, que se traduce en experiencias negativas en el uso de agentes microbianos por parte de los agricultores. Aunado a lo anterior, en la actualidad es común la producción y aplicación de consorcios elaborados sin bases científicas que aseguren la sinergia de sus componentes, formulados con diversas fuentes de carbono y nitrógeno bajo el supuesto de que potenciarán el desempeño de los diversos microbios incluidos en el consorcio. Por otra parte, es común la falta de información y seguimiento por parte de los agentes de cambio hacia los agricultores para una adecuada aplicación de dichos productos. Ante ésta situación, durante la presentación se discutirán los aspectos anteriores y el papel que desempeñan las instituciones encargadas de la regulación para la producción, formulación y venta de los inoculantes microbianos.

4.4. PROMOCIÓN DE SALUD DE LAS RAÍCES Y CRECIMIENTO VEGETAL DE CHILE CON NANOTUBOS DE CARBONO EN COMBINACIÓN CON *Trichoderma harzianum*

Carbon nanotubes in combination with *Trichoderma harzianum* promote root health and plant growth of chili pepper

Clara Migoya-Bulnes¹, Sylvia P. Fernández-Pavía², Javier Villegas-Moreno², Javier Lara-Romero², John Larsen¹, Carlos E. González-Esquivel¹.

¹Universidad Nacional Autónoma de México; ²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. cgesquivel@cieco.unam.mx

El fitopatógeno *Phytophthora capsica* es causante de dañar severamente la producción de chile. En el presente estudio se evaluaron métodos alternativos al uso de plaguicidas para el control del patógeno en un experimento en macetas con suelo agrícola bajo condiciones de invernadero. Se evaluó el efecto de la inoculación con el agente de control biológico *Trichoderma harzianum* y aplicaciones de biochar y carbono de nanotubos en el crecimiento vegetal del chile y la enfermedad causado por *P. capsici*. Como resultado principal se observó que la combinación de *T. harzianum* y nanotubos

de carbono resultó ser muy eficiente en controlar *P. capsici* al eliminar la enfermedad que causa y su infección en las raíces. También fue notorio la promoción del crecimiento vegetal por *T. harzianum*. En contraste, biochar individualmente y en combinación con *T. harzianum* causó supresión de crecimiento vegetal y aumentó la enfermedad causada por *P. capsici*. En conclusión, los resultados principales muestran que los nanotubos de carbono presentan una nueva tecnología interesante para el manejo de fitopatógenos de manera individual y en combinación con agentes de control biológico como *T. harzianum*.

4.5. MANEJO PARA LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES EN LA PRODUCCIÓN DE BERRIES

Christian Rodríguez-Enríquez, Rodrigo Figueroa-Aquino, Pieter van den Berg y
Rogelio Castañeda-Godoy. Koppert
Development Institute. Email: crodriguez@kdiberries.com.mx

México es uno de los principales productores de berries en el mundo y Michoacán se encuentra en los primeros lugares de producción nacional. Koppert Development Institute (KDI) es una empresa en la cual la producción es la base de negocio, sin embargo, trabajamos bajo un esquema complementado con generación de innovación, validando tecnología y técnicas de manejo de los cultivos. KDI produce arándano y fresa en orgánico y convencional, así como, zarzamora y frambuesa convencional. Tradicionalmente la producción se lleva bajo macrotúneles. Hemos calendarizado momentos en los que es conveniente descubrir el cultivo. Cuando el cultivo se encuentra sin la protección de los plásticos, éste recibe los rayos solares directamente, lo cual disminuye los niveles de humedad en el cultivo. Esta práctica no es común entre los productores, en parte por los costos que puede incurrir, sin

embargo, los beneficios en la prevención de enfermedades pueden compensar el gasto. Respecto al manejo del suelo en fresa convencional, realizamos rotaciones de cultivos, enriquecemos con composta y no desinfectamos el suelo, con la intención de no eliminar los organismos del suelo y promover y permitir la permanencia de organismos benéficos que nos ayudaran a establecer interacciones con nuestro cultivo de interés. Respecto a los cultivos hidropónicos de fresa y arándano, generamos las condiciones realizando las inoculaciones para que se establezcan organismos que nos ayudan a fortalecer la planta y mantener sana su raíz evitar la presencia y propagación de las enfermedades. Prácticas como éstas deben de monitorearse y realizar estudios comparativos en entre diferentes zonas y variedades para adecuarlas adecuadamente.