

Seguridad alimentaria: la continua lucha contra las enfermedades de los cultivos

Food security: The continuous fight against crop diseases

GRACIELA ÁVILA-QUEZADA^{1,9}, HILDA V. SILVA-ROJAS², ESTEBAN SÁNCHEZ-CHÁVEZ³, GERARDO LEYVA-MIR⁴, LUCIANO MARTÍNEZ-BOLAÑOS⁴, VÍCTOR MANUEL GUERRERO-PRIETO⁵, CLEMENTE GARCÍA-ÁVILA⁶, ALFONSO GARDEA-BÉJAR⁷ Y LAILA N. MUÑOZ-CASTELLANOS⁸

Recibido: Octubre 9, 2016

Aceptado: Diciembre 12, 2016

Resumen

El instinto del ser humano es la búsqueda de alimentos y la conservación de los mismos a través del almacenamiento de frutos, granos y semillas para garantizar su alimentación en periodos de escasez. En este documento se abordan temas relacionados con los riesgos que tiene la producción de alimentos en campo por causa de fitopatógenos, algunos ejemplos históricos, estudios de diagnóstico y una propuesta a favor de la soberanía alimentaria. Las epifitias han mermado la producción en México y en el mundo provocando grandes catástrofes. Las hambrunas de Irlanda y Bengala son los hechos más devastadores para la humanidad, debido a que provocaron la muerte de más de tres millones de personas. Enfermedades causadas por patógenos emergentes se están presentando en la actualidad, amenazando la producción de alimentos y los rendimientos por unidad de superficie. Para combatirlos, es necesario un diagnóstico preciso mediante el uso de técnicas moleculares, la medición de la magnitud del daño, entre otras variables epidemiológicas, aunada a la aplicación de medidas fitosanitarias adecuadas. Con el propósito de asegurar el abasto de alimento para todos los mexicanos, en este trabajo se propone que instancias gubernamentales e instituciones de investigación realicen esfuerzos conjuntos, dirigidos al diseño de políticas fitosanitarias y a la investigación sobre patógenos de importancia económica. Este tipo de patógenos representan la mayor amenaza para nuestros cultivos, aunado al riesgo de su introducción debido a las importaciones. Además se propone implementar programas de gobierno permanentes para financiar la investigación sobre patógenos reglamentados.

Palabras clave: cultivos agrícolas, enfermedades cuarentenarias, patógenos emergentes, diagnóstico fitosanitario, epifitias.

Abstract

The instinct of the human being is the search for food and its conservation through the storage of fruits, grains and seeds, to ensure their food in scarcity periods. This document addresses issues related to the risks of food production in field due to phytopathogens, some historical events, diagnostic studies and a proposal in favor of food sovereignty. Plant disease epidemics have reduced crop production in Mexico and around the world causing major catastrophes. The Ireland and Bengal famines are the most devastating episodes for humanity, as they caused the death of more than three million people. Diseases caused by emerging pathogens are currently occurring, threatening food production and yield per unit area. To combat these pathogens, a precise diagnosis is necessary through the use of molecular techniques and the measurement of the magnitude of the damage, among other epidemiological variables, coupled with the application of adequate phytosanitary measures. In order to ensure the supply of food for all Mexicans, this paper proposes that government agencies and research institutions make joint efforts aimed at the design of phytosanitary campaigns and research on pathogens of economic importance. This type of pathogens represents the greatest threat to our crops, besides of the risk of its introduction due to crop imports. In addition, it is proposed to implement permanent government programs to finance research on regulated pathogens.

Keywords: Agricultural crops, quarantine diseases, emerging pathogens, phytosanitary diagnosis, plant disease epidemics.

¹ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Zootecnia y Ecología. Perif. Francisco R. Almada Km 1. Chihuahua, México 31453. Tel. (614) 434-0303.

² COLEGIO DE POSTGRADUADOS, CAMPUS MONTECILLO. Carr. México-Textcoco Km. 36.5. Textcoco, Edo. México, México 56230. Tel. (555) 804-5900.

³ CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO. Av Cuarta sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Delicias, Chihuahua, México 33089. Tel. (639) 474-8704.

⁴ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO. Carr. México-Textcoco Km. 38.5, Textcoco, Edo. México, México 56230. Tel. (595) 952-1500.

⁵ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, ext. Cuauhtémoc. Av. Presa la Amistad 2015, Col. Barrios de la Presa. Cuauhtémoc, Chih. México 31510. Tel. (625) 581-0647.

⁶ SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA, SAGARPA. Tecámac, Edo. México, México 55740. Tel. (55) 590-51000.

⁷ CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO. Carr. a La Victoria km 0.6. Hermosillo, Sonora, México 83304. Tel. (662) 280-0021.

⁸ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Ciencias Químicas, Campus 2, Circuito universitario s/n. Chihuahua, Chih, México 31350. Tel. (614) 236-6000.

⁹ Dirección electrónica del autor de correspondencia: gavilaq@gmail.com.

Introducción

Somos 119.5 millones de habitantes en México (INEGI, 2015), en las últimas décadas nos hemos caracterizado por ser un país importador de granos básicos, por lo tanto, la agricultura es un sector muy importante que merece atención, debido a que proporciona el sustento a la población.

Las pérdidas mundiales estimadas de cultivos agrícolas por causa de fitopatógenos son de al menos un 10% (Strange y Scott, 2005). Epidemias históricas muestran lo devastador que pueden ser los fitopatógenos. Un ejemplo es la introducción a Europa de una nueva cepa del oomyceto *Phytophthora infestans* y la práctica del monocultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Irlanda en 1845. Esto provocó escasez de papa, principal alimento para los irlandeses, y como resultado la muerte de un millón de personas y la emigración de 1.5 millones de irlandeses hacia Inglaterra, Canadá y los Estados Unidos (Andrison, 1996; Forbes, 2004; Agrios, 2005).

Así, muchos casos más de prácticas de monocultivo y de condiciones ambientales propicias para los patógenos, han facilitado su establecimiento, y lamentablemente han provocado muertes humanas debido a la escasez de alimento.

Este documento tiene como propósito mostrar una serie de eventos históricos de epidemias que han mermado la producción agrícola. De acuerdo con la FAO, la construcción de una agenda de riesgos y de métodos para la prevención y neutralización de las amenazas para la producción agrícola, es una herramienta hacia la seguridad alimentaria dando como resultado la estabilidad nacional (Calderón y Salgado, 2000). Además plantea una propuesta para el estudio de patógenos de importancia económica.

¿Cuáles son las amenazas?

Las enfermedades de los cultivos son ocasionadas por microorganismos como hongos, bacterias, nematodos, virus, viroides y

fitoplasmas (Agrios, 2005). Los hongos por su parte, representan una amenaza debido a que esporulan prolíficamente. Cada espora representa un propágulo capaz de infectar a una planta y son fácilmente dispersadas por el viento o huracanes (Barbeau *et al.*, 2010) a grandes distancias. Además, estructuras fúngicas como los esclerocios, pueden sobrevivir en el suelo hasta por 20 años (Samaniego-Gaxiola, 2008).

Las epifitias históricas más impactantes de México y el mundo

Las epifitias han causado pérdidas en la producción de alimentos en la historia de la humanidad. Los casos documentados de epifitias se remontan a los tiempos del Antiguo Testamento (año 1500 a. C.), donde las royas fueron las causantes del hambre en el mundo (Cuadro 1). De acuerdo con Agrios (2005), el añublo y los mohos mencionados en la Biblia pudieron referirse a lo que ahora conocemos como las royas de los cereales.

El caso del ergot del centeno causado por el hongo *Claviceps purpurea*, el cual produce potentes alcaloides, causó alucinaciones y muertes en el año 857 en Francia, por el consumo de harina contaminada con el cornezuelo del hongo (Campbell y Madden, 1990). Posteriormente, el ergot del centeno causó grandes epifitias registradas entre los años 1085 a 1929 en Europa (Díaz y Díaz, 2011).

Por otra parte, los primeros reportes de enfermedades del trigo en México datan de los años 1691 y 1699, los cuales hacen referencia a la pérdida de la producción de trigo por la enfermedad conocida como chahuixtle (Rodríguez-Vallejo, 1992), palabra de origen Náhuatl que significa enfermedad del maíz, conocida en la actualidad como roya.

Cuadro 1. Algunas epifitias mundiales históricas con graves repercusiones.

Año	Epifítia y consecuencia	Publicación
ca. 1500 aC	Royas en los cultivos en Palestina causa hambrunas.	I Reyes 8:37
ca. 384 aC	Aristóteles menciona al trigo afectado por tizón, ahora conocido como roya.	Roelfs <i>et al.</i> , 1992
857	Epidemia por ergot, es la causa de miles de muertes en el Valle del Rhin, Francia.	Campbell y Madden, 1990.
1039	Ergot en Francia causa muerte y alucinaciones.	Campbell y Madden, 1990.
1691 y 1699	Pérdida de trigo por "chahuixtle" en México.	Rodríguez-Vallejo, 1992.
1722	Ergot en Rusia, es la causa de alucinaciones.	Campbell y Madden, 1990.
1870	La roya del café por el hongo <i>Hemileia vastatrix</i> provoca ruina financiera en Sri Lanka. Entre 1865 y 1985 el hongo se dispersó a todas las zonas cafetaleras del mundo destruyendo hasta el 90% de las plantas. Pérdidas impactantes en Sri Lanka, África entre 1871 y 1878. La superficie sembrada se redujo de 68,787 ha a 14,170 ha.	McCook, 2006.
1875	El mildiú de la uva causado por <i>Plasmopara viticola</i> en Francia. Se afectaron 2.5 millones de acres.	Simpson, 2011.
1890	El moko del plátano (<i>Ralstonia solanacearum</i> raza 2) aparece en 1890 en Trinidad y Tobago. Luego en Venezuela y Centroamérica en 1940, años más tarde en el Caribe y parte de Sudamérica. En Guyana la enfermedad causa pérdidas de hasta 74%.	Eyres <i>et al.</i> , 2001; Castañeda-Sánchez y Espinosa-Orrego, 2005.
1902	Primera publicación mexicana sobre el tizón tardío de la papa por <i>Phytophthora infestans</i> .	DGSV, 2011.
1904	El tizón del castaño por <i>Cryphonectria parasitica</i> , en 1950 el patógeno ya había eliminado casi todos los castaños en Estados Unidos.	Graves, 1950.
1940	La enfermedad "mal de panamá" por <i>Fusarium</i> sp., es muy destructiva en plátano (<i>Musa</i> spp.) a nivel mundial. En el continente Americano, <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> fue reportado en Panamá en la década de 1940, afectando a más de 50,000 ha.	Ploetz y Pegg, 1997; OIRSA, 2009.
1951	Ergotismo en Francia. Muertes y muchos casos de alucinaciones.	Burgen, 2003; Chinchilla, 2012.
1964	La sigatoka en plátano en el Valle de Sigatoka en Fiji, de ahí el nombre del patógeno <i>Mycosphaerella fijiensis</i> . Causó graves pérdidas financieras debidas en parte a la fuerte aplicación de fungicidas.	Jones, 2003.
1970	El tizón foliar o tizón sureño del maíz en E. U. causó pérdidas de hasta un 12%. La enfermedad fue provocada por una nueva raza de <i>Helminthosporium maydis</i> .	Tatum, 1971.
1971	Se reporta por primera vez en México el nematodo dorado de la papa <i>Globodera rostochiensis</i> , el cual es originario de los Andes de Sudamérica y es de importancia reglamentada. En Sudamérica causó pérdidas de hasta el 70%.	Iverson, 1972; Greco y Moreno, 1992; EPPO, 2013.

Otra epifitía impactante con graves repercusiones en la población fue el tizón de la hoja del arroz causado por el hongo *Cochliobolus miyabeanus*. La producción disminuyó de entre 40 a 90% y provocó la muerte de dos millones de personas por la hambruna en Bengala, India en 1943, especialmente en la ciudades de Calcuta y Dacca (Padmanabhan, 1973).

Sin pérdidas humanas, aunque con graves pérdidas económicas, se reportó la epidemia en el maíz en Estados Unidos por el ataque de una nueva raza del hongo *Helminthosporium maydis* (Tatum, 1971).

Estos eventos históricos nos advierten sobre los riesgos en la producción de alimentos por causa de los patógenos. En algunos casos llaman la atención los daños económicos que éstos causan, como el Mal de Panamá en plátano en Panamá, el cual reportó pérdidas de \$2'300,000.00 dólares (Ploetz y Pegg, 1997; OIRSA, 2009).

Otros casos son los cambios culturales por reconversión de cultivos por causa de las enfermedades. La pérdida de producción de café en Sri Lanka en 1870, provocó un cambio cultural en el Reino Unido. El hábito por el consumo de café cambió por el consumo de té (Rayner, 1972).

Muy importante mencionar el surgimiento de métodos de control. El caldo bordelés surgió como control del mildiú de la uva en Francia después de haberse registrado pérdidas por 50 millones de libras esterlinas/año (Simpson, 2011).

Epifitias actuales de México y el mundo

Muchos patógenos importantes se han dispersado a través de los continentes y se han establecido a gran distancia de su centro de origen (Lozoya-Saldaña, 2001), algunos de ellos se presentan en un nuevo continente con cambios en su genoma, como el caso de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Las graves pérdidas que han causado en su país de origen y en los lugares en los que han arribado (Cuadro 2), han llevado a los países a establecer regulaciones para su prevención, erradicación y/o control.

Estos ejemplos muestran el potencial de los patógenos para afectar a los cultivos. Con la finalidad de estar prevenidos, México ha implementado estrategias fitosanitarias para garantizar la sanidad vegetal de los cultivos agrícolas. El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) instrumenta programas y campañas fitosanitarias para prevenir la introducción o dispersión de plagas que puedan afectar a la agricultura nacional.

Mediante las campañas fitosanitarias se confina, controla y previene la dispersión de plagas en el territorio nacional. La vigilancia epidemiológica se realiza para detectar, determinar y actualizar, en forma permanente, el estatus fitosanitario de las plagas que han sido reguladas y las que representan una amenaza para la agricultura del país. La creación de esta estructura y su implementación tiene sus bases desde el inicio de la Sanidad Vegetal en el año 1900. Desde esta fecha se ha avanzado conforme a las demandas del sistema agropecuario. Así, el país tiene la perspectiva de incluir dentro de sus programas y campañas fitosanitarias un mayor número de plagas y cultivos de interés económico para estar atentos ante posibles amenazas.

Uno de los primeros esfuerzos de control documentados es la aplicación de mezcla bordelesa para combatir la mancha de hierro del cafeto causada por *Stilbum flavidum* en 1903-1904, de esta manera se salvaron 250,000 plantas de cafeto en México (DGSV, 2011).

Actualmente, se utilizan diferentes estrategias de control, como parte de las políticas fitosanitarias que implementa la Dirección General de Sanidad Vegetal; por ejemplo, para el control de la roya del cafeto se realiza un manejo integrado del cultivo que incluye el monitoreo de los factores climáticos para predecir la aparición de la enfermedad, el seguimiento de la incidencia y severidad de la roya, el manejo agronómico, las medidas de control químico mediante funguicidas de contacto y sistémicos (Senasica, 2015).

Cuadro 2. Algunos patógenos de cultivos agrícolas originarios de países lejanos e introducidos al territorio nacional a partir de 1980.

Año y país de origen	Epidemia	Publicación
1963. Fiji	Sigatoka negra del plátano por <i>Mycosphaerella fijiensis</i> . Reduce el rendimiento hasta en un 50%. Una plantación requiere de 38-50 fumigaciones, y estas pueden elevar en 30% los costos de producción. En Centroamérica, la Sigatoka negra añade un 27% del costo de producción. Se presentó en México en 1980.	Stover, 1980; Ploetz, 1999; Bennett and Ameson, 2003; Marín <i>et al.</i> , 2003; CABI/EPPO, 2011; Martínez-Bolaños <i>et al.</i> , 2012.
1800. Jamaica	Amarillamiento letal del cocotero (ALC) en México por un fitoplasma. En Jamaica la enfermedad destruyó a casi todas las palmas susceptibles y en 1979 se perdieron cuatro millones de palma cocotera. En Florida, de 1.5 millones de palmas, 300,000 murieron en 1983. Desde su detección en Q. Roo, México en 1977, ha afectado más del 70% de las 120,000 ha de cocotero.	McCoy <i>et al.</i> , 1982; EPPO, 1993; Cordova <i>et al.</i> 2000; INIFAP, 2010.
1880. California, E. U.	Enfermedad de Pierce por <i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> en vid. Durante 1994-2000 en California se reportaron pérdidas superiores a los 30 millones de dólares. Actualmente en México la enfermedad se encuentra en Baja California, Coahuila y Querétaro.	Davis <i>et al.</i> , 1978; Galvez <i>et al.</i> , 2010; Senasica, 2016 (b).
1860. Florida, E. U.	Leprosis de los cítricos por Citrus leprosis virus C (CiLV-C). Ha causado fuerte impacto en la industria. Reportada en Brasil en los años 30s; en 2014 se detectó en Chiapas, México. Actualmente se encuentra en Chiapas, Tabasco, Querétaro y Veracruz, y está sujeta a control oficial.	Knorr, 1968; Izquierdo <i>et al.</i> , 2011; Senasica, 2016 (a).
1870. Sri Lanka	Roya del cafeto por <i>Hemileia vastatrix</i> . En 1890 se abandonaron todas las plantaciones no rentables. Pérdidas del 30% de la producción en Brasil. Se presentó en México en 1982.	Monaco, 1977; Sinavef, 2013; Senasica, 2016d.
Finales del siglo XIX, China	Huanglongbing (HLB) de los cítricos por <i>Candidatus Liberibacter</i> . Causa pérdidas hasta del 100% dependiendo de la edad del árbol. En el mundo se han destruido más de 60 millones de árboles. Las pérdidas por HLB en naranja y toronja han llegado al 52.7% en Veracruz.	Das <i>et al.</i> , 2007; Gottwald, 2010; Sagarpa, 2010; Salcedo-Baca <i>et al.</i> , 2010; Senasica 2010.
1990s. Hawaii (Isla Kauai), E.U.	Maize chlorotic mottle virus (Virus moteado clorótico del maíz). Reduce el rendimiento hasta en un 90%. En México está presente en el estado de México y el virus puede reducir el rendimiento entre un 10-15%. En co-infección con otros virus puede ser letal para el maíz.	Nault <i>et al.</i> , 1978; Uyemoto, 1980; Cabanas <i>et al.</i> , 2013.

Para la contención de la enfermedad del Huanglongbing (HLB), reportada por primera vez en julio del 2009 en el municipio de Tizimín, Yucatán (Senasica, 2010; Senasica, 2016e), mediante vigilancia epidemiológica, la enfermedad se ha detectado en 412 municipios de México, de los cuales 335 son citrícolas (Senasica, 2016c).

Las estrategias de vigilancia epidemiológica involucran a los productores, viveristas, personal de los organismos auxiliares de sanidad vegetal (OASV) y las instituciones de investigación (Senasica, 2010). Estas estrategias incluyen la exclusión, erradicación y protección (química y biológica). A partir de la

aparición del HLB en México se desarrolló la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-047-FITO-2009, que establece las acciones para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB en el territorio nacional (Senasica, 2010), así como el acuerdo en el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias para el control del HLB y su vector (Sagarpa, 2010).

Dentro de las acciones de vigilancia se aplica un modelo cartográfico fitosanitario de distribución potencial (similitud climática), mediante el cual se localizan las zonas que cuentan con las características ambientales óptimas para la sobrevivencia del agente causal del HLB (Senasica, 2016 e).

De acuerdo con este modelo, las áreas con probabilidad de presencia son la región de la Península de Yucatán, la llanura costera del Golfo Sur, así como la parte norte y noreste de la sierra de Chiapas, presentando un índice probabilístico de presencia de alto a muy alto, así como toda una franja continua en el pacífico mexicano.

Un segundo ejemplo es la campaña contra el Moko del plátano, la cual incluye actividades de muestreo, diagnóstico y control de focos de infestación mediante la eliminación de plantas enfermas, con un Manejo Integrado de Plagas conforme al Código internacional de conducta para la gestión de plaguicidas. En el 2015 la campaña se aplicó a una superficie de 23,284 ha de plátano en Chiapas, Nayarit y Tabasco (63% de la superficie establecida en estos estados). Con ello, el nivel de infestación promedio se mantuvo debajo del 1%. El gobierno continúa invirtiendo en acciones fitosanitarias en el 2016 con la finalidad de reducir los niveles de infestación y evitar la dispersión de la bacteria a otros estados (Senasica, 2014).

Las campañas fitosanitarias son diseñadas por expertos y participan todos los sectores relacionados. Son específicas para cada enfermedad y su vector, involucrando los factores climáticos, el control, estudios espacio-temporal, estudios de dispersión de la enfermedad y mecanismos de movimiento de los vectores.

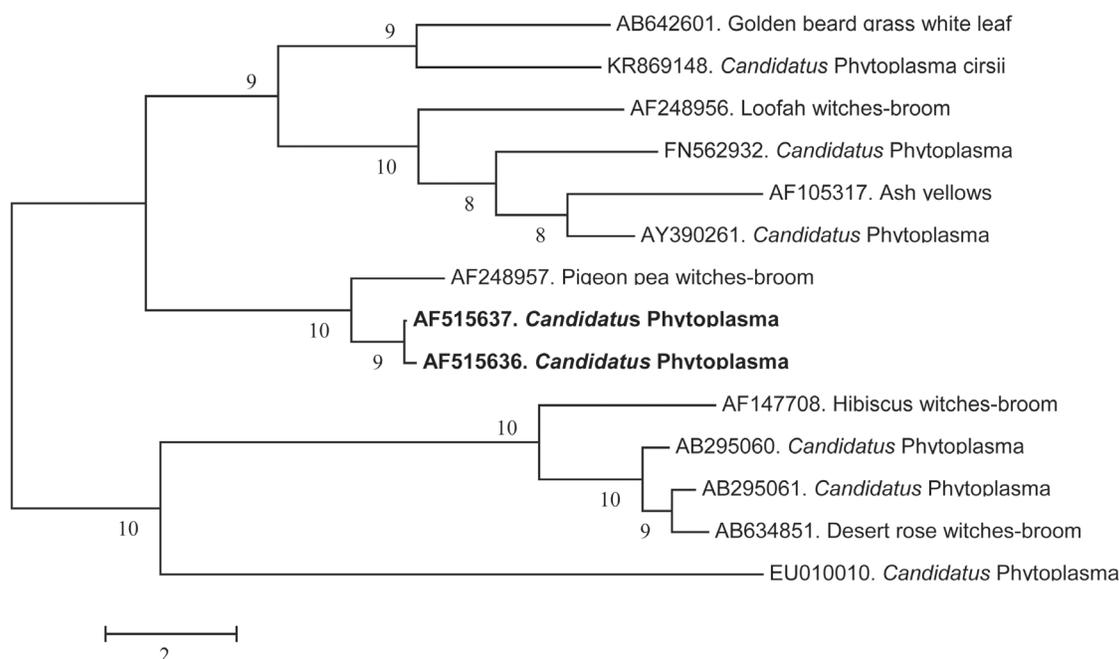
Conocer al patógeno

En el diagnóstico fitosanitario se utilizan técnicas convencionales y moleculares, de tal forma que dependiendo del tipo de organismo, se definirá la técnica apropiada (Cuadro 3).

Cuadro 3. Técnicas utilizadas para el diagnóstico fitosanitario.

Patógeno	Técnica
Bacterias	Pruebas bioquímicas, serológicas (ELISA), de hipersensibilidad. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR) punto final y tiempo real, y secuenciación genética.
Virus	Serológicas (ELISA e inmunopresión), hibridación, reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) y secuenciación genética.
Nematodos	Morfometría, Reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) y secuenciación genética.
Hongos	Medios selectivos, morfología, morfometría, reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) y secuenciación genética.
Fitoplasmas	Reacción en cadena de la polimerasa (PCR anidado), clonación y secuenciación genética.

Figura 1. Árbol filogenético construido con secuencias de la región intergénica de los genes 16S-23S, secuencia completa del gen tRNA- Ile y la secuencia parcial del gen 23S ribosomal RNA correspondientes a fitoplasmas que causan enfermedades en plantas. Secuencias tomadas del Genbank (NCBI) para construir el árbol con Mega 7.1.



Actualmente, las publicaciones mexicanas sobre fitopatógenos utilizan técnicas genético-moleculares (Ávila-Quezada *et al.*, 2007; Morales *et al.*, 2007; Ávila-Quezada *et al.*, 2008; Silva-Rojas *et al.*, 2009; Alcántara-Mendoza *et al.*, 2010; Fraire-Cordero *et al.*, 2010; Holguín-Peña *et al.*, 2010; Otero-Colina *et al.*, 2010; Medina-Gómez *et al.*, 2016; Ramírez-Rojas *et al.*, 2016), las cuales incluyen la secuenciación de genes, permitiendo así realizar comparaciones con las secuencias depositadas en base de datos y estudiar la filogenia. La construcción de árboles filogenéticos es otra herramienta para obtener resultados precisos sobre la identidad del patógeno. El árbol filogenético de la Figura 1 muestra las relaciones ancestro-descendiente que existen entre dos grupos de fitoplasmas que afectan plantas de importancia agrícola o industrial. En el primer clado se observa a *Candidatus Phytoplasma phoenicium*, uno de los fitopatógenos emergentes que causa la “Escoba de bruja en almendro”. Este patógeno está asociado con el fitoplasma que causa la escoba de bruja en gandul o frijol de palo. Ambos pertenecientes al 16Sr IX (Teixeira *et al.*, 2008), sin embargo, es posible determinar sus variantes. En el caso de *C. Phytoplasma phoenicum* se ha determinado que pertenece al subgrupo 16SrIX-B (Quagliano *et al.*, 2015). El estudio de estas características genéticas permite establecer estrategias de manejo para ambas enfermedades.

Propuesta

La premisa de la presente contribución es contar con un país con soberanía alimentaria que pueda hacer frente a los riesgos que amenazan a nuestros cultivos. En este documento se proponen una serie de acciones con la participación de diferentes instituciones involucradas en el sector agroalimentario.

El quehacer fitosanitario por parte de autoridades, instituciones de enseñanza e investigación agrícola en un futuro, deberá ser más incluyente, integrando dentro de sus programas de investigación y campañas fitosanitarias un mayor número de patógenos y

cultivos de interés económico que pueden verse afectados, ya que debido a las importaciones que mantiene México con diferentes países, existe un riesgo permanente de introducción y establecimiento de patógenos en territorio nacional y que no han sido considerados dentro de la política fitosanitaria.

Se propone la implementación de programas permanentes con recursos gubernamentales para apoyar proyectos de investigación sobre enfermedades de reciente introducción y para aquellas que no están presentes; así como establecer programas de vigilancia epidemiológica, con todo el sustento científico.

Asimismo, proyectos en los cuales se incluya el estudio de la biología del patógeno, epidemiología, protocolos de diagnóstico molecular y mecanismos de control, además del diseño o rediseño de las campañas fitosanitarias a nivel nacional.

La globalización de los mercados, la demanda y diversidad de productos y subproductos vegetales es mayor; así como, las exigencias en la sanidad vegetal. Por lo que es una gran oportunidad para las instituciones de educación e investigación agrícola, fungir como coadyuvantes activos para contribuir a la generación de conocimientos; así como, al diseño de tecnologías para el manejo/control de fitopatógenos, que necesitan los agricultores del país.

Literatura citada

- AGRIOS, G. N. 2005. Introducción a la Fitopatología. In: G.N. Agrios (ed.). *Fitopatología*. Editorial Limusa Noriega. Segunda edición, México, D.F. p. 3-36.
- ALCÁNTARA-MENDOZA, S., D. Téliz-Ortiz, C. De León, E. Cárdenas-Soriano, A. M. Hernández-Anguiano, D. Mejía-Sánchez y R. De La Torre-Almaraz. 2010. Detección y evaluación del fitoplasma *Maize bushy stunt* en el estado de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28(1):34-43.
- ANDRIVON, D. 1996. The origin of *Phytophthora infestans* populations present in Europe in the 1840s: a critical review of historical and scientific evidence. *Plant Pathology* 45(6):1027-1035.
- ÁVILA-QUEZADA, G., H. Silva-Rojas and D. Téliz-Ortiz. 2007. First report of the anamorph of *Glomerella acutata* causing anthracnose on avocado fruit in Mexico. *Plant Disease* 91(9):1200.
- ÁVILA-QUEZADA, G., M. García, L. Vázquez-Moreno, H. Silva-Rojas y R. Cano. 2008. La PCR en tiempo real (Rt-PCR) como herramienta para el diagnóstico de hongos y oomicetos fitopatógenos. *Fitopatología* 43(1):11-21.
- BARBEAU, D. N., L. F. Grimsley, L. E. White, J. M. El-Dahr and M. Lichtveld. 2010. Mold exposure and health effects following hurricanes Katrina and Rita. *Annual Review of Public Health* 31:165-178.

- BENNETT, R. S. and P. A. Ameson. 2003. Sigatoka Negra. The Plant Health Instructor. DOI:10.1094/PHI-I-2005-0217-01.
- BURGEN, A. 2003. St Anthony's gift. *European Review* 11(1):27-35.
- CABANAS, D., S. Watanabe, C. H. V. Higashi and A. Bressan. 2013. Dissecting the mode of Maize chlorotic mottle virus transmission (Tombusviridae: Machlomovirus) by *Frankliniella williamsi* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology* 106(1):16-24.
- CABI/EPPO (Centre for Agriculture and Biosciences International/ European Plant Protection Organization). 2011. *Mycosphaerella fijiensis*. Distribution Maps of Plant Diseases. Wallingford, UK: CABI, Map 500 (Edition 6). <http://www.cabi.org/isc/datasheet/35278>
- CALDERÓN, J. L. y E. Salgado. 2000. El estudio de la seguridad nacional y la inteligencia en México. *Revista de Administración Pública*. Vol. 101. México, D.F. Instituto Nacional de Administración Pública 2000.
- CAMPBELL, C. L. and L. V. Madden. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. Wiley-Interscience, NY, USA. 532 p.
- CASTAÑEDA-SÁNCHEZ, D. A. and J. A. Espinosa-Orrego. 2005. Behavior and impact of the moko disease in the Urabá region (Colombia), during the past 35 years and proposal of a risk index for the disease. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 58(1): 2587-2599.
- CHINCHILLA, L. G. 2012. Ergotismo asociado a interacción entre ergotamina y eritromicina: presentación de un caso clínico y revisión de la bibliografía. *Comité Científico Nacional* 25:23.
- CORDOVA, I., C. Oropeza, H. Almeyda and N. A. Harrison. 2000. First report of a phytoplasma-associated leaf yellowing syndrome of palma jipi plants in southern Mexico. *Plant Dis.* 84(7):807-807.
- DAVIS, M. J., A. H. Purcell and S. V. Thompson. 1978. Pierce's disease of grapevines: isolation of the causal bacterium. *Science* 199(4324):75-77.
- DAS, A. K., C. N. Rao and S. Singh. 2007. Presence of citrus greening (Huanglongbing) disease and its psyllid vector in the North-Eastern region of India confirmed by PCR technique. *Current Science* 92(12):1759-1763.
- DGSV (Dirección General de Sanidad Vegetal). 2011. La Presencia de la Sanidad Vegetal en la Agricultura Mexicana del siglo XX. Fitófilo Edición especial. Dirección General de Sanidad Vegetal. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=21427>
- DÍAZ, A. Q. y A. O. Díaz. 2011. El cornucopio del centeno a lo largo de la historia: mitos y realidades. *Pasaje a la Ciencia* 14:16-25.
- EPPO (European Plant Protection Organization). 1993. Data sheet on quarantine organisms no. 159, coconut lethal yellowing phytoplasma. https://www.eppo.int/QUARANTINE/data_sheets/bacteria/PHYP56_ds.pdf
- EPPO (European Plant Protection Organization). 2013. PM 7/40 (3) *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 43(1):119-138.
- EYRES, N., N. Hammond and A. Mackie. 2001. Moko disease *Ralstonia solanacearum* (Race 2, Biovar 1). Department of Agriculture and Food and the State of Western Australia *Replaces Fact sheet 21*. 1795-08/06- ID6522. ISSN 1833-7694.
- FORBES, G. A. 2004. Global overview of late blight. In: C. Lizarraga (ed.). Proc. Regional Workshop Potato Late Blight East and Southeast Asia and the Pacific. Yezin, Myanmar. p. 3-10.
- FRAIRE-CORDERO, M. D. L., D. Nieto-Ángel, E. Cárdenas-Soriano, G. Gutiérrez-Alonso, R. Bujanos-Muñiz y H. Vaquera-Huerta. 2010. *Alternaria tenuissima*, *A. alternata* y *Fusarium oxysporum* hongos causantes de la pudrición del florete de brócoli. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28(1):25-33.
- GÁLVEZ, C. L., K. Korus, J. Fernandez, L. J. Behn and N. Banjara. 2010. The Threat of Pierce's Disease to Midwest Wine and Table Grapes. Online. APSnet Features. doi:10.1094/APSnetFeature-2010-1015.
- GOTTWALD, T. R. 2010. Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. *Annual Rev. of Phytopatol.* 48:119-139.
- GRAVES, A. H. 1950. Relative blight resistance in species and hybrids of *Castanea*. *Phytopathology* 40(12):1125-1131.
- GRECO, N. and I. Moreno. 1992. Influence of *Globodera rostochiensis* on yield of summer, winter and spring potato in Chile. *Nematologica* 22(2):165-173.
- HOLGUÍN-PÉÑA, R. J., L. G. Hernández-Montiel y H. Latisnere-Barragán. 2010. Identificación y distribución geográfica de *Bemisia tabaci* Gennadius y su relación con enfermedades begomovirales en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de Baja California, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28(1):58-60.
- I REYES 8:37. Si en la tierra hubiere hambre, pestilencia, tizoncillo, añublo, langosta o pulgón. Biblia.
- INEGI. 2015. Censo de población en México. <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2010. Reporte Anual 2009. Ciencia y Tecnología para el Campo Mexicano. SAGARPA, INIFAP. México. www.inifap.gob.mx/Documents/reportes/reporte_anual2009.pdf
- IVERSON, L. G. K. 1972. Golden nematode-infestation found in Mexico. *Plant Disease Reporter* 49(7):281.
- IZQUIERDO, C. I., D. L. F. Zermeño, W. Mendez, G. Otero-Colina, J. Freitas-Astúa, E. C. Locali-Fabris, G. J. De Moraes, C. R. Faier, A. D. Tassi and W. E. Kitajima. 2011. Confirmation of the presence of the Citrus leprosis virus C (CILV-C) in Southern Mexico. *Tropical Plant Pathology* 36(3):400-403.
- JONES, D. R. 2003. The distribution and importance of the *Mycosphaerella* leaf spot diseases of banana. In: *Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas: present status and outlook. Proceedings of the Second International Workshop on Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas*, San José, Costa Rica (pp. 25-42).
- KNORR, L. C. 1968. Studies on the etiology of leprosis in citrus. In: *Proceedings of the 4th Conference of the International Organization of Citrus Virology*. University of Florida Press, Gainesville, Florida. p. 332-340.
- LOZOYA-SALDAÑA, H. 2001. Phytosanitary and quarantine considerations in the international exchange of plant germplasm. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(2):230-236.
- MARIN, D. H., R. A. Romero, M. Guzman and T. B. Sutton. 2003. Black Sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. *Plant Disease* 87(3):208-222.
- MARTÍNEZ-BOLAÑOS, L., D. Téliz-Ortiz, C. Rodríguez-Maciél, J. A. Mora-Aguilera, D. Nieto-Ángel, I. Cortés-Flores, D. Mejía-Sánchez, C. Nava-Díaz y G. Silva-Aguayo. 2012. Resistencia a fungicidas en poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* del sureste mexicano. *Agrociencia* 46(7):707-717.
- MCCOOK, S. 2006. Global rust belt: *Hemileia vastatrix* and the ecological integration of world coffee production since 1850. *Journal of Global History* 1(2):177-195.
- MCCOY, R. E., R. C. Norris, C. Vieyra and S. Delgado. 1982. Mexico: Lethal yellowing disease of coconut palms. *FAO Plant Protection Bulletin* 30(2):79-80.
- MEDINA-GÓMEZ, E., A. Ramírez-Suárez, J. Cuevas-Ojeda y D. Martínez-Gómez. 2016. Identificación y análisis filogenético del nematodo foliar *Orrina phyllobia* afectando *Solanum elaeagnifolium* Cav. en Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34(2):184-199.
- MONACO, L. C. 1977. Consequences of the introduction of coffee rust into Brazil. In: PR Day, ed. *The Genetic Basis of Epidemics in Agriculture*. *Annals of the New York Academy of Science* 287(1):57-71.
- MORALES, V. G., R. H. Silva, M. D. Ochoa, E. M. Valadez, Z. B. Alarcón, M. L. Zelaya, T. L. Córdova, O. L. Mendoza, H. H. Vaquera, C. A. Carballo and G. Ávila-Quezada. 2007. First report of *Pantoea agglomerans* causing leaf blight and vascular wilt in maize and sorghum in Mexico. *Plant Disease* 91(10):1365.
- NAULT, L. R., W. P. Styer, M. E. Coffey, D. T. Gordon, L. S. Negi and C. L. Niblett. 1978. Transmission of maize chlorotic mottle virus by chrysomelid beetles. *Phytopathology* 68(7):1071-1074.
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). 2009. América Latina discute programa para la protección del cultivo del banano y plátano. San Salvador, El Salvador. *Mirador Agrosanitario* 3:12.
- OTERO-COLINA, G., G. Rodríguez-Alvarado, S. Fernández-Pavía, M. Maymon, R. C. Ploetz, T. Aoki and S. Freeman. 2010. Identification and characterization of a novel etiological agent of mango malformation disease in Mexico, *Fusarium mexicanum* sp. nov. *Phytopathology* 100(11):1176-1184.

- PADMANABHAN, S. Y. 1973. The great Bengal famine. *Annual Review of Phytopathology* 11(1):11-24.
- PLOETZ, R. C. 1999. Black Sigatoka of Banana: The most important disease of a most important fruit. APSnet feature article: <http://publish.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/BlackSigatoka.aspx>
- PLOETZ, R. C. and K. G. Pegg. 1997. Fusarium wilt of banana and Wallace's line: Was the disease originally restricted to his Indo-Malayan region?. *Australasian Plant Pathology* 26(4):239-249.
- QUAGLINO, F., M. Kube, M. Jawhari, Y. Abou-Jawdah, C. Siewert, E. Choueiri, H. Sobh, P. Casati, R. Tedeschi, M. Molino-Lova, A. Alma and P. A. Bianco. 2015. 'Candidatus Phytoplasma phoenicium' associated with almond witches'-broom disease: from draft genome to genetic diversity among strain populations. *BMC Microbiology* 15(1):148.
- RAMÍREZ-ROJAS, S., K. Ornelas-Ocampo, F. J. Osuna-Canizalez, J. C. Bartolo-Reyes, V. Varela-Loza, J. Hernández-Romano and D. L. Ochoa-Martínez. 2016. Detection of Iris yellow spot virus in onion plants from Tepic, Jalisco, Morelos state, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34(3):308-315.
- RAYNER, R. W. 1972. Micología, Historia y Biología de la roya del café (No. IICA PM-94). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba (Costa Rica). Centro Tropical de Investigación y Enseñanza. 68 p.
- RODRÍGUEZ-VALLEJO, J. 1992. Historia de la Agricultura y de la Fitopatología (Con referencia especial a México). (No. 630.972R62). Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 135 p.
- ROELFS, A. P., R. P. Singh y E. E. Saari. 1992. Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. CIMMYT. México, D.F. 81 p.
- SAGARPA. 2010. Acuerdo por el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias que deberán aplicarse para el control del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter* spp.) y su vector. DOF, México, D.F. dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5155458
- SALCEDO-BACA D., R. A. Hinojosa, G. Mora-Aguilera, I. Covarrubias-Gutiérrez, F. J. R. DePaolis, C. L. Cintora-González y J. S. Mora-Flores. 2010. Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). México. 141 p.
- SAMANIEGO-GAXIOLA, J. A. 2008. Germinación y sobrevivencia de esclerocios de (*Phytophthora capsici*) en respuesta a NaOCl y suelo con glucosa. *Agricultura Técnica en México* 34(4):375-385.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2010. Protocolo de actuación para la detección del Huanglongbing. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/147523/01ProtocolodeactuacionparaaldetecciondelHLB_1_.pdf
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. Campaña contra el moko del plátano. <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/108738/EstrategiaOperativa.pdf>
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2015. Ficha técnica de la roya del café (*Hemileia vastatrix*). http://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca_digital/royadelcafe-1.pdf
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016 (a). Leprosis de los cítricos (*Citrus leprosis virus C*). Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Ciudad de México. Ficha Técnica No. 35. 27 p.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016 (b). Enfermedad de Pierce (*Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*). Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Cd. de México. Ficha Técnica No. 26. 19 p.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016 (c). Octavo informe mensual nacional huanglongbing de los cítricos. Dirección General de Sanidad Vegetal. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/143312/8_informe_nacional_HLB_agosto_2016.pdf
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016 (d). Roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome). Dirección General de Sanidad Vegetal. Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica No. 40. 23 p.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016 (e). Ficha técnica del HLB Huanglongbing. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/147557/Ficha_Tecnica_Candidatus_Liberibacter_spp_.pdf
- SILVA-ROJAS, H., S. Fernández-Pavía, C. Góngora-Canul, C. Macías-López y G. Ávila-Quezada. 2009. Distribución espacio-temporal de la marchitez del chile en Chihuahua e identificación del organismo causal *Phytophthora capsici* Leo. *Revista Mexicana de Fitopatología* 27(2):134-147.
- SIMPSON, J. 2011. Creating Wine: The Emergence of a World Industry, vols. 1840-1914. Princeton University Press. Princeton, N.J.
- SINAVEF (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria). 2013. Ficha técnica Roya del café (*Hemileia vastatrix*). Dirección General de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. México, DF. 25 p.
- STOVER, R. H. 1980. Sigatoka leaf spot diseases of bananas and plantains. *Plant Disease* 64(8):750-756.
- STRANGE, R. N. and P. R. Scott. 2005. Plant disease: a threat to global food security. *Phytopathology* 43:83-116.
- TATUM, L. A. 1971. The southern corn leaf blight epidemic. *Science* 171(3976):1113-1116.
- TEIXEIRA, D. C., N. A. Wulff, E. C. Martins, E. W. Kitajima, R. Bassanezi, A. J. Ayres, S. Eveillard, C. Saillard and J. M. Bové. 2008. A phytoplasma closely related to the pigeon pea witches'-broom phytoplasma (16Sr IX) is associated with citrus huanglongbing symptoms in the state of São Paulo, Brazil. *Phytopathology* 98(9):977-984.
- UYEMOTO, J. K. 1980. Detection of maize chlorotic mottle virus serotypes by enzyme-linked immunosorbent assay. *Phytopat.* 70(4):290-292. ①

Este artículo es citado así:

Ávila-Quezada, G., H. V. Silva-Rojas, E. Sánchez-Chávez, G. Leyva-Mir, L. Martínez-Bolaños, V. M. Guerrero-Prieto, C. García-Ávila, A. Gardea-Béjar y L. N. Muñoz-Castellanos. 2016. Seguridad alimentaria: La continua lucha contra las enfermedades de los cultivos. *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(3):133-142.

Resumen curricular del autor y coautores

GRACIELA DOLORES ÁVILA QUEZADA. Terminó su licenciatura en 1992, año en el que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la ciudad de Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestra en Ciencias de la Productividad Frutícola en 1997 por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (UACH), y el grado de Doctora en Ciencias en el área de fitopatología en el 2002 por el Colegio de Postgraduados en Texcoco, Estado de México. De 2002 al 2011 laboró en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) A.C. Coordinación Delicias, como investigadora titular. Actualmente es profesora-investigadora de la Facultad de Zootecnia y Ecología (UACH). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2004 (candidato 2004-2006; Nivel 1 2007-a la fecha). Su área de especialización es la fitopatología enfocada al diagnóstico molecular de hongos y bacterias. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura, y 3 de maestría. Es autora de más de 35 artículos científicos indizados, 3 libros y 3 capítulos de libro científicos; ha dirigido 7 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluadora de proyectos de investigación del Conacyt (Fondos PEI, Mixtos, Sectoriales, Fordecyt), y es revisora del seguimiento de los Fondos Sectoriales Sagarpa-Conacyt. Es árbitro de 7 revistas científicas de circulación internacional.

Resumen curricular del autor y coautores

HILDA VICTORIA SILVA ROJAS. Terminó su licenciatura en 1984, año en el que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Agricultura por la Universidad Nacional de Cajamarca-Perú. Realizó su posgrado en Lima, Perú, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae con la especialidad en Fitopatología por la Universidad Nacional Agraria La Molina, y el grado de Doctora en Ciencias en el área de fitopatología en el 2002 por el Colegio de Postgraduados en Texcoco, Estado de México. Desde el 2003 labora como profesora investigadora en el Colegio de Postgraduados campus Montecillos. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el 2007 (Nivel 1 2007-a la fecha). Su área de especialización es la fitopatología enfocada al diagnóstico molecular de hongos y bacterias. Ha dirigido 5 tesis de licenciatura, 5 de maestría y 3 de doctorado. Es autora de 28 artículos científicos indizados; ha dirigido 3 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluadora de proyectos de investigación del Conacyt (Ciencia básica, Fordecyt, prioridad nacional). Es árbitro de 10 revistas científicas de circulación internacional.

ESTEBAN SÁNCHEZ CHÁVEZ. Terminó su licenciatura en 1992, año en el que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia por la Universidad Autónoma Chapingo. Realizó su posgrado en la ciudad de Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola en 1996 por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), y el grado de Doctor en Ciencias en Fisiología Vegetal en el 2006 por la Universidad de Granada (España). Actualmente es investigador titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) A.C. Coordinación Delicias. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2004 (Nivel 1, 2004-2006; Nivel 2, 2007-2015; Nivel 3, 2016-2020). Su área de especialización es la fisiología del estrés en plantas, nutrición vegetal, fisiología postcosecha y biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas. Ha dirigido 17 tesis de licenciatura, 50 de maestría y 8 de doctorado. Es autor de 85 artículos científicos indizados, 5 libros y 10 capítulos de libro científicos; ha dirigido 30 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del Conacyt (Fondos PEI, Mixtos, Sectoriales, Fordecyt, Atención a Problemas Nacionales y Fronteras de la Ciencia), SAGARPA y Fundación Produce Chihuahua, y es revisor del seguimiento de los Fondos Sectoriales Sagarpa-Conacyt. Es árbitro de 30 revistas científicas de circulación internacional.

GERARDO LEYVA MIR. Terminó su licenciatura en 1978, año en el que le fue otorgado el título con especialidad en parasitología agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo en 1978. Realizó su posgrado en Texcoco, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias y Doctor en 1997 por el Colegio de Postgraduados. Desde 1981 es Profesor-Investigador en el área de fitopatología de la Universidad Autónoma Chapingo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1986 (candidato 1986-1989; Nivel 1 2000-2014; Nivel 2, 2014-2017). Su área de especialización es la fitopatología enfocada al diagnóstico, manejo, y taxonomía de hongos fitopatógenos. Ha dirigido más de 130 tesis de licenciatura, más de 90 de maestría y más de 10 de doctorado. Es autor de más de 100 artículos científicos indizados, 3 libros y 3 capítulos de libro científicos; ha dirigido 7 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del Conacyt (Fondos PEI, Mixtos, Sectoriales, Fordecyt), y es revisor del seguimiento de los Fondos Sectoriales Sagarpa-Conacyt. Es árbitro de siete revistas científicas de circulación internacional.

LUCIANO MARTÍNEZ BOLAÑOS. Terminó su licenciatura en 1996, año en el que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó su posgrado en Texcoco, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Protección vegetal en 1998 por la UACH, y el grado de Doctor en Ciencias en el área de fitosanidad en el 2012 por el Colegio de Postgraduados. Desde 1999 es Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Chapingo, en la Unidad Regional Universitaria Sursureste. Su área de especialización es la fitopatología enfocada al diagnóstico molecular de hongos y bacterias. Ha dirigido 15 tesis de licenciatura, y 3 de maestría. Es autor de 8 artículos científicos indizados, y 2 capítulos de libro científicos; ha dirigido 5 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del Conacyt. Es árbitro de 3 revistas científicas de circulación internacional.

VÍCTOR MANUEL GUERRERO PRIETO. Terminó su licenciatura en 1975, año en el que le fue otorgado el grado de Ingeniero en Fruticultura por la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Oregon donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura por Oregon State University, EUA en 1984. Doctorado en Agronomía por New Mexico State University, EUA en 1995. De 1978 a 1988, fue Investigador Titular en el INIFAP, Campo Experimental Sierra de Chihuahua. De 1988 a 1997, fue Académico Titular en la FACIATEC. De 1997 al 2011, fue Investigador Titular de la Unidad Cuauhtémoc, del CIAD, A. C. Desde el año 2011, se reincorporó a la FACIATEC en el Campus Cuauhtémoc, Chih. y posee la categoría de Profesor-Investigador. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1986 (candidato 1986-1990; Nivel 1 2002-2017). Su área de especialización es la fisiología vegetal y de poscosecha, así como el control biológico de enfermedades poscosecha utilizando microorganismos. Ha dirigido 16 tesis de licenciatura, 19 de maestría y 6 de doctorado. Es autor de 59 artículos científicos, 2 libros y 4 capítulos de libro científicos; además ha impartido 9 conferencias por invitación y ha dirigido 7 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador RCEA de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales), Fundación Produce Chihuahua y es revisor del seguimiento de los Fondos sectoriales SAGARPA-CONACYT Y DEL CYTED, Madrid, España. Es también árbitro de 9 revistas científicas de circulación nacional e internacional.

CLEMENTE DE JESÚS GARCÍA ÁVILA. Terminó su licenciatura en 1999, año en el que le fue otorgado el título de Ingeniero agrónomo especialista en Agroecología por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó estudios de posgrado en Texcoco, por el Colegio de Postgraduados (CP) donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Fitopatología en 2007 y por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) el Doctorado en Ciencias en Horticultura en el 2010. Desde el 2011 colabora para la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) - Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), en el desarrollo y la participación en varios proyectos relacionados con el manejo de plagas. Antes de unirse a SENASICA, trabajó como asistente de investigación en programas de investigación de la UACH. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2015 (Candidato 2015-2017). Su área de especialización es el manejo regional de plagas reglamentadas. Ha dirigido 3 tesis de licenciatura, 2 de maestría y una de doctorado. Es autor de 7 artículos científicos indizados. Es evaluador de proyectos de investigación del Conacyt (SAGARPA-CONACYT, CONAFOR-CONACYT) y del Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el desarrollo Rural Sustentable (SNITT). Es árbitro de 2 revistas científicas de circulación internacional.

ALFONSO ANTERO GARDEA BÉJAR. Obtuvo el título de Ingeniero fruticultor por la Facultad de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Oregon, donde obtuvo el grado de Maestra en Ciencias en horticultura en 1987 y el grado de Doctor en Ciencias en el área de horticultura en el 1992 por Oregon State University. Desde 1990 labora en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) A.C. como investigador titular. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1994 (Nivel 1 1994-2001; nivel 2 (2002-a la fecha)). Su área de especialización es la fruticultura. Ha dirigido 12 tesis. Es autor de más de 82 artículos científicos indizados, 2 libros y 14 capítulos de libro científicos; ha dirigido 10 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del Conacyt en los programas de: Posgrado, PEI, en su momento Repatriaciones y sistemas regionales de investigación. Es árbitro de 4 revistas científicas de circulación internacional.

LAILA NAYZEL MUÑOZ CASTELLANOS. Terminó su licenciatura en 1992, año en el que le fue otorgado el título de Químico Bacteriólogo Parasitólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la ciudad de Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestra en Ciencias de la Productividad Frutícola en el 2000 por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (UACH), y el grado de Doctora en Ciencias en Tecnología Ambiental en el 2006 por el CIMAV, en Chihuahua. Desde 1994 labora como académica en la Facultad de Ciencias Químicas (UACH). Tiene Perfil PROMEP 2015-2018. Su área de especialización es la microbiología y fitopatología. Ha dirigido 29 tesis de licenciatura, y 10 de maestría. Es autora de 15 artículos científicos, y 4 capítulos de libros científicos; ha dirigido 3 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es árbitro de una revista científica de circulación internacional.