

3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA FITOSANITARIA DEL CAFETO Y SU APLICACIÓN EN LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE ROYA

(Current situation of the Phytosanitary Epidemiological Surveillance Program of coffee crop and its application on coffee rust prevention and control)

Gustavo Mora Aguilera¹, Gerardo Acevedo-Sánchez¹, Rigoberto González-Gómez², Miguel A. López-Javier², Abel López-Buenfil², Eduardo Guzmán-Hernández¹, Eder Flores-Colorado¹, Javier Trujillo-Arriaga², Juan Coria-Contreras¹, Julio César Matuz-Conde³, Ernesto López-Pérez⁴, Gerardo Utrera-Romero⁵, Antonio Hernández-Tinoco⁶, Cesar Prudencio-Jiménez⁷, Misael Martínez-Bolaños⁸. Programa de Posgrado en Fitosanidad, Colegio de Posgraduados-LANREF¹; SENASICA, Dirección General de Sanidad Vegetal²; Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Puebla³, Chiapas⁴, Veracruz⁵, Guerrero⁶ y Oaxaca⁷, INIFAP-Rosario Izapa⁸. morag@colpos.mx

Introducción

En Centroamérica se registró en variedades arábicas de café (*Coffea arabica*) un brote epidémico de roya naranja, enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, el cual se ha mantenido desde 2010 con intensidad y dispersión variable entre los países de la región. En México, este hongo ingreso en los 80's sin consecuencias económicas significativas. Sin embargo, debido a la intensidad del brote actual, la edad de los inventarios productivos superior a 20 años y la asociación del cultivo a regiones indígenas con frágiles economías (Acevedo-Sánchez et al., 2015), este problema fitosanitario representó un importante impacto socio-económico regional. En algunos países de Centroamérica se reportaron problemas de seguridad alimentaria, migración local y empobrecimiento. Ante este reto, la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), con soporte científico interinstitucional y la experiencia operativa de Comités Estatales de Sanidad Vegetal (CESV) concibió, con base en la parametrización del sistema epidémico y productivo, un modelo de detección y gestión de riesgos fitosanitarios

denominado Programa de Vigilancia Epidemiológica del Cafeto (PVEF-Cafeto), el cual opera desde 2013 (Mora-Aguilera et al., 2014). Los objetivos del PVEF-Cafeto son: **A).** Desarrollar un Programa de vigilancia epidemiológico que permita conocer con precisión y en tiempo biológico-real (semanal) el estatus epidémico de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), la inductividad climática, fenología y el manejo productivo en las entidades cafetaleras de México; y **B).** Generar modelos regionales de alertas de riesgo epidémico e indicadores epidemiológicos para su uso por tomadores de decisión a niveles federal, estatal y productivo para un control racional y efectivo, y con el menor impacto ambiental.

Características del PVEF-Cafeto

El PVEF-Cafeto es un sistema robusto y único en su enfoque, concepción y aplicabilidad al operar en *Web* y contener modelos en línea para la generación de alertas tempranas basadas en algoritmos epidemiológicos (Mora-Aguilera et al., 2015a, 2015b; Coria-Contreras et al., 2015a). Se rompe

con el paradigma de direccionar la vigilancia a la plaga al enfocarse en el cultivo como eje integrador de procesos productivos y fitosanitarios. Es un modelo concebido para mitigar el impacto potencial de la roya de café. El PVEF-Cafeto integra todos los procesos en *Web*, en la cual una sección pública transparente el estatus de la roya por medio de reportes oficiales y alertas fitosanitarias semanales. Adicionalmente, todos los procesos de monitoreo-muestreo y manuales operativos son públicos por lo que también la metodología es transparente (Figura 1). Incluye una sección privada restringida a tomadores de decisión, en la cual se realizan análisis avanzados por regiones, periodos, variables, tecnologías productivas, etc. con el fin de efectuar diagnósticos epidemiológicos en línea y elaborar

reportes avanzados según el interés del usuario (Figura 2). Complementariamente a la roya, gradualmente se han integrado otras siete plagas de interés económico y seis cuarentenarias para un total de 14 plagas del café bajo vigilancia (Figura 3), lo cual confiere al sistema rentabilidad y sustentabilidad fitosanitaria. Estas plagas también pueden ser analizadas en línea con criterios análogos a la roya.

Actualmente, PVEF-Cafeto opera en campo con 54 técnicos adscritos al programa de vigilancia de 11 CESV, cuenta con la supervisión de la DGSV-CNRF y el soporte técnico-científica del COLPOS-LANREF. El PVEF-café se ha constituido en un *'big-data'* fitosanitario estructurado con 3'322,155 registros provenientes de 99,585 evaluaciones semanales de variables de daño, fenológicas

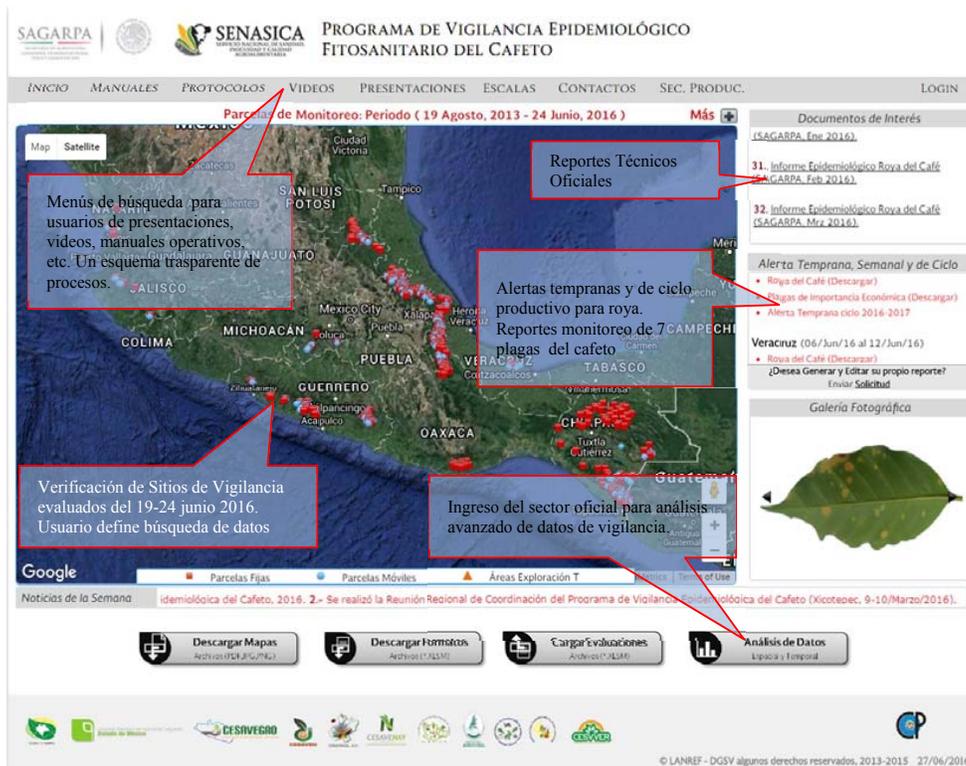


Figura 1. Sección pública Web del Programa de Vigilancia Epidemiológico del café (PVEF-Cafeto). En recuadros se indican algunos elementos informativos de tipo operativo, metodológico y fitosanitario.

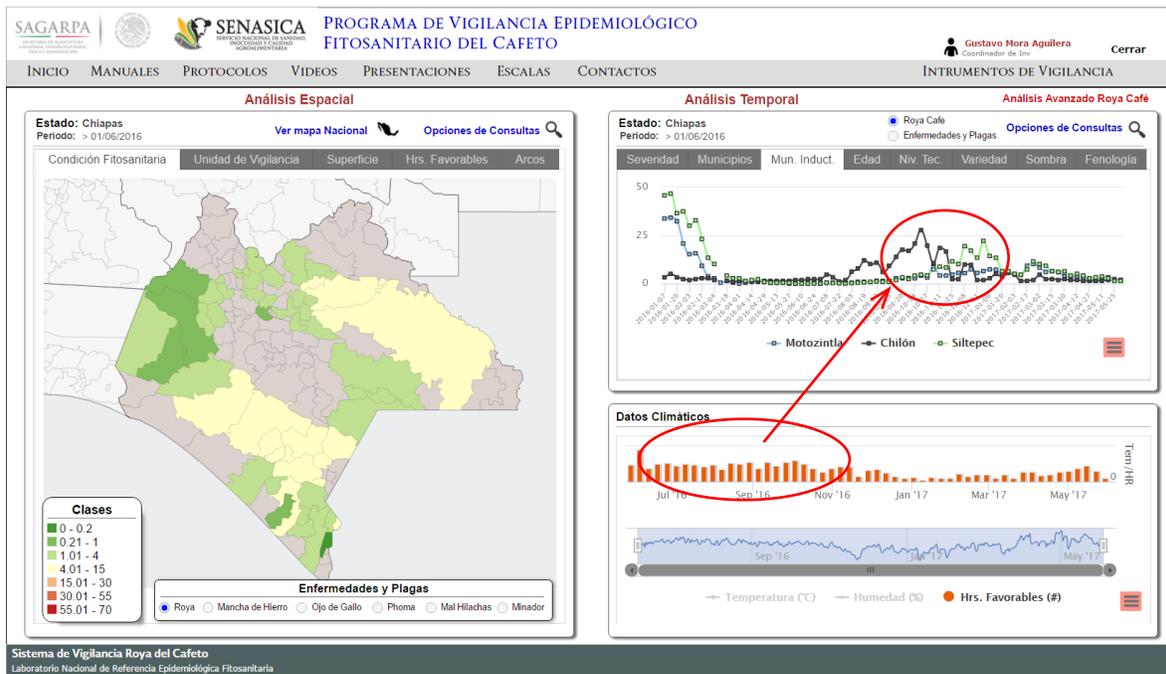


Figura 2. Sección privada del módulo de análisis avanzado espacio-temporal y visualización de indicadores epidemiológicos para la toma de decisiones del PVEF-Cafeto. Como ejemplo, en círculos rojos se relaciona clima inductivo, a través de horas favorables para el proceso de germinación de *H. vastatrix*, con un brote epidémico 2016 en Motozintla, Chilón y Siltepec. El mapa muestra estatus de la roya en mismo estado al 02 de junio 2017.

y agronómicas de 11 estados cafetaleros del país, y 54'813,500 registros climáticos a intervalos de 30 minutos. Este 'big-data' se analiza histórica e integralmente para determinar el estatus epidémico y generación de alertas tempranas.

Con el fin de reducir en corto plazo la intensidad y riesgos epidémicos, las acciones de control de la roya del café se han realizado mediante control químico preventivo y protectivo (Jiménez-González et al., 2015; Mendoza-Ramos et al., 2015a, 2015b; Coria-Contreras et al., 2015a) direccionado a focos o brotes epidémicos regionales (Coria-Contreras et al., 2016b) denominados operativamente como ARCOS. Estos son identificados espacialmente en un catálogo de mapas y tabularmente mediante tres tipos de alertas de riesgos basadas en variables de clima, fenología del cultivo y daño

(Mora-Aguilera et al., 2015a; 2016a) (Fig. 2): 1) Alerta de ciclo productivo generadas a inicio del año; 2) Alertas quincenales, y 3) Alertas semanales. Estas alertas se pueden consultar en línea y las semanales son además enviadas automáticamente por correo electrónico a un directorio de usuarios. La generación de alertas se basa en 12 algoritmos epidemiológicos programados en PVEF-café.

Resultados

El PVEF-Cafeto opera en Chiapas y Veracruz desde 2013 a raíz del brote epidémico en Soconusco Chiapas en 2012. Gradualmente se incorporaron otras entidades federativas en función de disponibilidad de recursos federales. En 2014 se incorpora Puebla, en 2015 Oaxaca, SLP y Guerrero. En 2016



Figura 3. Complejo de plagas bajo de vigilancia epidemiológica en el PVEF-Cafeto, el cual considera la evaluación de nueve plagas de importancia económica, incluyendo Roya del Cafeto, y 6 plagas no presentes en vigilancia. La planta se constituye como eje central de integración fitosanitaria.

se integraron los estados de México, Nayarit, Jalisco, Hidalgo y Querétaro, con lo cual la vigilancia se realiza en las 11 entidades productoras de café. Actualmente, se vigilan 240 municipios, los cuales fueron seleccionados con base a metodologías de riesgo epidemiológico (Acevedo-Sánchez et al., 2016). Estos representan más del 85% de la superficie cafetalera del país estimada en aproximadamente 639,000ha (SIAP, 2016). Semanalmente se evalúan 342 parcelas de monitoreo (PF) y 621

parcelas de muestreo (PM) en municipios con alta inductividad ambiental, lo cual totaliza 964 evaluaciones/semana. Adicionalmente, se tiene una red de 341 sensores climáticos a nivel de PF y 14 estaciones meteorológicas ubicadas en regiones cafetaleras estratégicas de 6 estados (Santana-Peñalosa et al., 2015). En 2016, se realizarán 14,629 revisiones de PF y 17,008 revisiones de PM.

La inversión oficial en el PVEF-Cafeto fue de \$3'555 005 USD de 2014 a 2016, de los cuales

50% se ejerció en 2016. El costo promedio por evaluación es de \$40.64/Promedio USD (\$18.4 - \$85.2USD) el cual incluye combustible, servicios y pago de personal responsable de la vigilancia y en el caso de Chiapas, Veracruz, Puebla, Guerrero y Oaxaca incluye aplicación de productos químicos (preventivos y/o protectivos) programadas en los ARCOs. En 2016, el gobierno federal presupuestó 10.5mdd (millones de dólares) para uso de fungicidas en 240 mil hectáreas en Chiapas (4.2mdd), Veracruz (1.8mdd), Puebla (1.3mdd), Oaxaca (1.8mdd) y Guerrero (1.6mdd). En 2017 se programó 15.9mdd para control químico.

A junio 2017, la roya del café a nivel estatal se encuentra en niveles menores 8% de severidad de planta y 5% de severidad foliar. A nivel subregional, se reportan niveles máximos 20% ($\pm 8\%$) de severidad en planta y 6% ($\pm 3\%$) de severidad foliar. Las tendencias epidémicas de los municipios más inductivos, en general se muestran constantes con niveles bajos (Sev < 5%). Las tasas de incremento semanal no sugieren inicio de ciclo epidémico, sin embargo, la alta disponibilidad de tejido susceptible en adición las recientes lluvias presuponen un incremento de severidad foliar a nivel subregional, en las siguientes semanas, y por lo tanto ocurrencia de focos localizados que iniciarán el ciclo epidémico 2017-2018.

Literatura Citada

- Acevedo-Sánchez, G., Mora-Aguilera, G., Coria-Contreras, J., López-Muratalla, Y., González-Gómez, R., López-Buenfil, A. Vulnerabilidad epidemiológica, productiva y socioeconómica en la cadena productiva del café en Chiapas, Veracruz y Puebla. 2015. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33 (Suplemento): 120p.
- Acevedo-Sánchez G. y Mora-Aguilera, G. 2016. Desarrollo de REG-N Café v1.0 para determinar n-sitios de monitoreo-muestreo regional de Roya del Café en México usando criterios epidemiológicos ponderados. *In*. 49º Congresso Brasileiro de Fitopatologia. 29 agosto – 01 septiembre. Alagoas, Maceio, Brasil.
- Coria-Contreras, J., Acevedo-Sánchez, G., Mendoza-Ramos, C., Jiménez-González, L., Mora-Aguilera, G. APLI-K v1.0: Sistema automatizado para la planeación de aplicación de productos químicos contra roya del café (*Hemileia vastatrix*). 2015a. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33 (Suplemento): 121p.
- Coria-Contreras, J., Acevedo-Sánchez, G., Mora-Aguilera, G., Martínez-Bolaños, M. Modelos de pronóstico de ocurrencia regional de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en el Soconusco Chiapas. 2015b. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33 (Suplemento): 121p.
- Jiménez-González, L.R., Mendoza-Ramos, C., Coria-Contreras, J., Mora-Aguilera, G., Acevedo-Sánchez, G. Análisis de dos métodos de aspersión química para control de roya del café (*Hemileia vastatrix*). 2015. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33 (Suplemento): 135p.
- Mendoza-Ramos, C., Jiménez-González, L., Coria-Contreras, J., Acevedo-Sánchez, G., Mora-Aguilera, G. Comportamiento aerobiológico de esporas de *Hemileia vastatrix* en la región nororiental de Puebla-Veracruz. 2015a. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33 (Suplemento): 238p.
- Mendoza-Ramos, C., Jiménez-González, L.R., Coria-Contreras, J., Acevedo-Sánchez, G., Santana-Peñaloza, B., Martínez-Bolaños, M., Mora-Aguilera, G. Efecto de ingrediente activo y dosis en la esporulación y expansión de lesión de *Hemileia vastatrix*. 2015b. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33 (Suplemento): 135p.
- Mora-Aguilera G., Acevedo-Sánchez, G., Domínguez-Monge, D., Coria-Contreras, J.J., Hernández-Hernández, E., González-Gómez, R., López-Buenfil, A., Sánchez-Anguiano, H., García-Feria, J., Trujillo-Arriaga, J., López-Pérez, E., Méndez-Ramos, A., Matuz-Conde, J., Martínez-Bolaños, M. 2014. Epidemiological surveillance system for coffee rust disease (*Hemileia vastatrix*) in Mexico: A regional approach. *In*: The 25th International Conference on Coffee Science. 8-13 Septiembre. Armenia, Colombia. pp. 1-6.
- Mora-Aguilera, G., Acevedo-Sánchez, G., Coria-Contreras, J., González-Gómez, R., López-Buenfil, A., Javier-López, M.A. Alertas tempranas regionales para manejo de focos de roya del café en México. 2015a. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33 (Suplemento): 64p.
- Mora-Aguilera, G., Acevedo-Sánchez, G., Coria-Contreras, J., López-Muratalla, Y., López-Buenfil, A., González-Gómez, R. C@FE-RISK v1.0: Simulador de riesgos regionales fitosanitarios, epidemiológicos y productivos en la cadena productiva del café en México. 2015b. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33 (Suplemento): 119p.
- Mora-Aguilera, G., Acevedo-Sánchez, G., Guzmán-Hernández, E., Coria-Contreras, J., Mendoza-Ramos, C., Jiménez-González, L., Santana-Peñaloza, B., González-Gómez, R., López-Buenfil, A., López-Javier, M., Carranza, P. 2016a. Criterios epidemiológicos de accionabilidad regional para control de la roya del café en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34 (Suplemento): 23p.

Mora-Aguilera, G., Coria-Contreras, J. J., Martínez-Bolaños, M., Acevedo-Sánchez, G., Santana-Peñaloza, B. 2016b. Gradientes regionales de dispersión de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en el Soconusco, Chiapas, México. In. 49° Congresso Brasileiro de Fitopatología. 29 agosto – 01 septiembre. Alagoas, Maceio, Brasil.

Santana-Peñaloza, B., Acebedo-Sánchez, G., Coria-Contreras, J.J., Mora-Aguilera, G., González-Gómez, R., López-Buenfil, A. CALCULA-HF v1.0: Estimación de horas favorables de inductividad epidémica debido a la germinación de uredosporas de *Hemileia vastatrix*. 2015. Revista Mexicana de Fitopatología 33 (Suplemento): 119p.