



Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura



MEMORIAS DEL SEMINARIO CIENTÍFICO INTERNACIONAL

MANEJO AGROECOLÓGICO DE LA ROYA DEL CAFÉ

MEMORIAS DEL SEMINARIO CIENTÍFICO INTERNACIONAL

MANEJO AGROECOLÓGICO DE LA ROYA DEL CAFÉ

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-308966-6

© FAO, 2015

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO apruebe los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org

Todas las fotografías contenidas en la presente publicación “Manejo Agroecológico de la Roya del Café. Memorias del Seminario Científico Internacional”, forman parte de los resúmenes y materiales enviados por cada uno de los expositores del Seminario Científico Internacional sobre Manejo Agroecológico de la Roya del Café” el cual se celebró en la Ciudad de Panamá del 16 al 18 de septiembre de 2014.

Fotografía de Portada e inicio: © FAO/Nature Kenya/Dino Martins

SEMINARIO CIENTIFICO INTERNACIONAL MANEJO AGROECOLÓGICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CAFÉ

PROYECTO

“Fortalecimiento de capacidades de los países centroamericanos y República Dominicana para responder a la crisis del sector cafetalero causada por la Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) y prevenir epidemias futuras”
TCP/SLM/3403

Fecha: Del 16 al 18 de septiembre de 2014.

Lugar: Ciudad de Panamá, Hotel Tryp de Albrook.

Objetivos:

- Intercambiar información con los expertos de la región sobre el manejo de las plagas y enfermedades del Café con enfoque hacia la Roya del Cafeto.
- Con el apoyo de expertos de Brasil y Colombia, presentar a los países de la región las alternativas y tendencias del control no químico en café.
- Apoyar el conocimiento de la región sobre el manejo de plagas del Café y obtener recomendaciones sobre las alternativas más promisoras en el control de plagas y enfermedades del café con especial atención a la Roya del Cafeto.
- Fortalecer la red de contactos entre los expertos e investigadores de la región con los centros de investigación de Brasil y Colombia.

TEMATICA DEL TALLER

Día 1

Hora	Actividad	Ponentes
8:00 - 8:30	Registro de participantes.	
8:30 - 9:15	Inauguración. Palabras de bienvenida e inauguración.	Autoridades del MIDA Ignacio Rivera, Coordinador de la Oficina Subregional de la FAO para Mesoamérica
9:15 - 9:30	Objetivos e inicio del Taller.	Allan Hruska. FAO, Panamá.
9:30 - 10:00	Actividades del Proyecto de la FAO en la Subregión.	Allan Hruska. FAO, Panamá.
10:00 - 10:30	Impacto socioeconómico y productivo de la Roya del Café en los países de la región. Situación actual y perspectivas.	Carmen Morales, PROMECAFE
10:30 - 10:45	Coffee break.	
10:45 - 11:30	Manejo alternativo de la Roya del Cafeto.	Laercio Zambolim, Universidad Federal de Viçosa (UFV)
11:30 - 12:15	Manejo alternativo de la Roya del Cafeto.	Marcelo Coutinho Picanco, Universidad Federal de Viçosa (UFV)
12:15 - 12:45	Trabajo del CATIE en la región con café. Colaboraciones y formación de redes de contacto a nivel global.	Jacques Avelino, CATIE-CIRAD-PROMECAFE
12:45 - 13:45	Almuerzo.	
13:45 - 14:30	Experiencia de Colombia en el manejo de plagas y enfermedades del cafeto. Alternativas y tendencias de control.	Carlos Rivillas/consultor de CENICAFE
14:30 - 17:00	Presentación países. Experiencias en manejo no químico y alternativas de control.	20 minutos por país: Costa Rica El Salvador Honduras Guatemala Nicaragua México Panamá Rep. Dominicana
17:00 - 17:45	Armonización de la toma de datos de campo de incidencia de Roya en Centroamérica. Uso de la aplicación móvil para captura de la información. Presentación del sistema de alerta temprana para la Roya del cafeto.	Gustavo Bornemann y Alejandro lagunes (Skype). FAO

Día 2

8:00-9:00	Continuación día anterior.	Panamá y R. Dominicana
9:00 - 9:45	Enfermedades del café ante la variabilidad climática.	CENICAFE/Federación de Cafetaleros de Colombia
9:45 - 10:45	Control biológico: Investigaciones en control biológico de la Roya del café.	CENICAFE. Manejo de plantas de semillero. Laercio Zambolim. Experiencias de la UFV con microorganismos
10:45 - 11:00	Café	
11:00 - 12:30	Control químico: Alternativas sostenibles de manejo químico. Resultados de los trabajos científicos para el control de la Roya.	CENICAFE/UFV/CATIE. Experiencias de cada país.
12:30 - 13:30	Almuerzo	
13:30 - 14:30	Control cultural, mecánico y etológico	UFV, CENICAFE, CATIE. Experiencias de cada país.
14:30 - 16:30	Variedades resistentes a la Roya en Brasil, Colombia y en Mesoamérica. Actualización de las variedades presentes en la región y en proceso de validación.	UFV, CENICAFE, CATIE, PROMECAFE. Experiencias de cada país.
16:30 - 17:30	Conclusiones y resumen de los días.	FAO, Expertos, países.

Día 3

8:30 - 10:00	Consenso sobre las recomendaciones para la región para el control de plagas y enfermedades del Café.	Institutos de Café y expertos.
10:00 - 10:15	Café	
10:15 - 12:00	Borrador de los temas de la publicación/manual sobre el manejo sostenible de plagas y enfermedades del café.	FAO – Expertos. Responsables por tema técnico.
12:00 - 13:00	Almuerzo	
13:00 - 14:00	Publicación FAO – Memorias del Seminario y Manual. Método de seguimiento con los participantes.	FAO – Editor científico.
14:00 - 15:30	Redacción de documento final con las conclusiones y recomendaciones de los expertos y países sobre las alternativas de control de la Roya.	FAO
15:30 - 16:00	Cierre del taller.	

DATOS DE CONTACTOS

Taller Sobre Manejo Agroecológico de Plagas de Café TCP/SLM/3403 – Roya del Cafeto
Panamá, 16 al 18 de septiembre de 2014

N°	País	Apellido	Nombre	Organismo	Cargo	Correo
1	Estados Unidos	Vandermeer	John	Universidad de Michigan	Profesor de Ecología y Evolución	jvander@umich.edu
2	Brasil	Zambolim	Laercio	Universidad Federal de Vicosa (UFV)	Profesor Universitario	laerciozambolim@gmail.com
3	Brasil	De Lima	Paulo César	Empresa de pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais (EPAMIG)	Investigador Coordinador del Programa Especial de Agroecología y producción Orgánica	Plima.vicosa@gmail.com
4	Colombia	Rivillas	Carlos	Café de Colombia - CENICAFE	Investigador de la Disciplina de Fitopatología	Carlos.Rivillas@cafedecolombia.com
5	Costa Rica	Avelino	Jacques	CATIE-CIRAD-PROMECAFE	Investigador	Jacques.avelino@cirad.fr
6	Costa Rica	Arrieta Espinoza	Noel	ICAFFE – Instituto Nacional de Café	Coordinador de Programas de Mejoramiento Genético	narrieta@icafe.cr
7	Costa Rica	Soto	Gabriela	Universidad Nacional	Coordinadora Maestría en Agricultura Ecológica Universidad Nacional	agroecologiauna@gmail.com gabisoto@racsa.co.cr
8	Costa Rica	Divney	Tom	Red de Agricultura Sostenible (RAS) Learning and Support Program Sustainable Agriculture Network	Senior Manager	tdivney@san.ag
9	Cuba	Pérez	Luis	Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Ministerio de la Agricultura	Investigador Titular	lperezvicente@inisav.cu Luis.perezvicente@live.com

N°	País	Apellido	Nombre	Organismo	Cargo	Correo
10	El Salvador	Hernández	Adan	CENTA - Café	Coordinador	Cir97@htmail.com
11	Guatemala	Orozco	Edin	Universidad de San Carlos de Guatemala	Profesor	edin@hotmail.com
12	Guatemala	Campos Almengor	Oscar Guillermo	ANACAFE	Coordinador del Área de Protección Vegetal	OscarC@anacafe.org
13	Guatemala	Ruiz	Pablo Andrés	Fundación Neumann	Director de Monitoreo y Evaluación	Pablo.ruiz@hrnstiftung.org
14	Guatemala	Morales	María Carmen	PROMECAFE		Carmen.moralesmiguez@gmail.com
15	Guatemala	González Méndez	Freddy Antonio	GIZ		Freddy.gonzalez@giz.de
16	Honduras	Trejo	Ángel	IHCAFE	Coordinador de Manejo Integrado de Plagas	angeltrejo@hotmail.es
17	México	Narváez Mastache	José Manuel	Azul Natural S.A. de C.V.	Departamento de investigación y Desarrollo	química@naturalmentepuresa.com
18	Panamá	Lezcano	José	Instituto de Investigación Agropecuaria de panamá (IDIAP)	Gerente Proyecto Iel para el manejo integrado del cultivo de Café	Jose_alb@yahoo.com
19	Panamá	Pérez	Harry	MIDA – R1, Chiriquí, Panamá	Coordinador Regional de Sanidad Vegetal	Harry_perez67@yahoo.com
20	Panamá	Mejía	Luis	INDICASAT	Research Associate- Smithsonian Tropical Research Institute	mejialc@si.edu
21	Panamá	Molina	José Nicolás	Advanced Biocontrollers (ABC)	Investigación y Desarrollo	nmolina@biocontrollers.com

N°	País	Apellido	Nombre	Organismo	Cargo	Correo
22	Panamá	Puga	Cecilio	Advanced Biocontrollers (ABC)		Pugace@gmail.com
23	Panamá	Aguilar	Olehg	MIDA – Sanidad Vegetal	Coordinador del proyecto Huella de ADN	oaguilar@mida.gob.pa
24	Panamá	Vargas	Guillermo	MIDA	Secretaría General	gvargas@mida.gob.pa
25	Panamá (FAO)	Hruska	Allan	FAO	Oficial Técnico Proyecto TCP/ SLM/3403- Royá del Café	Allan.hruska@fao.otg
26	Panamá (FAO)	Bornemann	Gustavo	FAO	Coordinador Técnico Proyecto TCP/ SLM/3403- Royá del Café	Gustavo.bornemann@fao.org

ÍNDICE

XII	Prólogo	47	Microbiomas y Control Biológico como alternativa de manejo de la Roya Anaranjada del Cafeto. Luis C. Mejía
1	Introducción		
3	Apoyo de FAO en el manejo de enfermedades en cultivos de Centroamérica. Allan Hruska	55	Factores biológicos, ambientales y de manejo que afectan el desarrollo de la Roya. Jacques Avelino
6	Impacto Socioeconómico y productivo de la Roya del Cafeto en los países de la Región. Situación actual y perspectivas. Carmen Morales	60	Experiencia de EPAMIG en la investigación de café en la producción orgánica y agroecológica para agricultura familiar. Paulo Cesar Lima
7	La Roya del Cafeto en Brasil. Profesor Laercio Zambolim	62	Apoyo al Plan Nacional del Combate a la Roya en Plantaciones de Café en el Altiplano de Guatemala. Freddy González
11	Acciones emprendidas por Colombia en el manejo de la Roya del cafeto. Carlos Alberto Rivillas O.	64	Manejo de la Roya por los productores orgánicos de Costa Rica. Gabriela Soto
17	La Roya del Cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>) en Cuba: Evolución al manejo alternativo de la enfermedad. Luis Pérez Vicente	68	Resistencia genética en café: Estrategia de manejo no químico de la Roya del Cafeto. Noel Arrieta Espinoza
20	Plan de control de la Roya en el marco de la reactivación de la caficultura de El Salvador. Adán Hernández	70	Evaluación y validación de un método de muestreo comercial de la Roya <i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br. Oscar Guillermo Campos-Almengor
26	Roya del Cafeto, manejo integrado y perspectivas de la caficultura en Guatemala. Edin F. Orozco Miranda	75	Red de Agricultura Sostenible. Tom Divney
35	Estrategia nacional de manejo de la Roya del Cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>) durante y después de la epidemia ocurrida en Honduras. Ángel Rafael Trejo Sosa	78	Manejo no químico Roya del Café- Experiencia Panamá. José A. Lezcano
40	Control Biotecnológico de la Roya del Cafeto, una alternativa viable en el control de la enfermedad. José M. Narváez M.	79	Hans R. Neumann Stiftung Fortaleciendo la caficultura familiar. Pablo Ruiz
42	Observaciones teóricas de la dinámica espacial de la Roya del Cafeto. John Vandermeer	91	Conclusiones



x

Prólogo

Señor Ignacio Rivera Rodríguez
Coordinador Subregional para Mesoamérica
de la FAO

La Publicación que usted encontrará a continuación, tiene como objetivo mostrar los resúmenes y conclusiones más importantes de los trabajos científicos sobre el manejo de Roya del Café, los cuales fueron presentados en el marco del Seminario Científico Internacional sobre el Manejo Agroecológico de la Roya de Café, organizado por la Oficina Subregional de la FAO para Mesoamérica, en Septiembre del 2014, en la Ciudad de Panamá.

Con esta publicación científica FAO se propone contribuir al impulso de herramientas que brinden alternativas de información sobre un manejo más sostenible para el control de la Roya del Café, en especial dirigidas para aquellos actores que en la región de una u otra manera están relacionados con el mundo de la caficultura.

Los trabajos presentados en estas memorias, representan parte de los esfuerzos que realizan varios organismos públicos y privados en los diferentes países de la región, por llenar los vacíos de información que existen sobre el tema de manejo sostenible de la enfermedad, de forma tal que con la información y experiencias generadas, se pueda apoyar la lucha de los caficultores contra los ataques de la enfermedad y en consecuencia, contribuir a la reducción de los efectos adversos, que ésta desencadena a nivel económico, social y ambiental en la caficultura de nuestros países.

Nos congratulamos con esta iniciativa de alto valor y esperamos contribuir a abrir las puertas para avanzar hacia la creación de una comunidad de investigadores y productores con experiencia práctica en la aplicación del manejo agroecológico de la Roya del Café, con miras a identificar brechas en conocimiento y determinar prioridades para trabajos futuros.

Agradecimiento

El resumen de los proyectos presentados en este documento, reflejan el esfuerzo conjunto entre diferentes entidades y organismos públicos y privados, a quienes queremos agradecer por su trabajo en el mejoramiento del conocimiento existente sobre la Roya del Café, tendientes a proporcionar herramientas que permitan un manejo más eficaz y con ello reducir los impactos que esta enfermedad puede generar en materia productiva, social, y ambiental.

Agradecemos igualmente a todo el personal de la Oficina Subregional de la FAO para Mesoamérica, que de manera directa o indirecta colaboró con esta publicación, en especial a Gustavo Bornemann, Elaine Acosta y Xenia de León.

Editores

Allan J. Hruska, Carlos A. Rivillas O.

Introducción

Seminario Científico Internacional “Manejo Agroecológico de la Roya del Café”

Introducción al Seminario.

Allan J. Hruska

En los últimos cuatro años, millones de cafetaleros desde Perú hasta México han lidiado con brotes de la Roya del Café. Un alto número de asociaciones y cooperativas de caficultores, gobiernos locales y nacionales, técnicos, investigadores, programas y organismos internacionales han buscado respuestas rápidas frente a los impactos que trae consigo esta enfermedad directamente sobre las plantaciones, y sobre todo en las subsecuentes consecuencias que genera en la economía y seguridad alimentaria de un número significativo de familias, quienes ven en la producción y cosecha de café su principal fuente económica. En casi todos los casos, la repuesta fue la entrega de alimentos para paliar la inseguridad alimentaria, entrega de fungicidas, o crédito para comprar productos químicos que permitieran combatir los ataques de esta enfermedad en el campo.

Discusiones sobre las causas de las epidemias y cambios estructurales de más largo plazo muchas veces se concentraron en conclusiones sobre las variedades usadas, edad de las plantaciones, falta de manejo adecuado (especialmente poca atención al estado de la nutrición de los cafetales, manejo del tejido, regulación de sombra y monitoreo de roya en el campo), cambios en patrones del clima, entre otros.

Pero, este análisis también determinó que todavía falta mucha información y conocimiento sobre la agroecología de la Roya del Café. Preguntas tan sencillas de productores como “¿Cuánta sombra debo mantener en mis cafetales para minimizar el crecimiento de la roya?” muchas veces no se tenían respuestas contundentes de los técnicos ni de los investigadores. La repuesta “Depende” o “Es complicado” no ayudó a los cafeteros a tomar decisiones sobre el manejo a largo plazo de sus plantaciones. Sí, es complejo, pero también falta mucha investigación y análisis para poder entender

mejor la agroecología del sistema cafetalero. Todavía nos falta mucho entendimiento de las interacciones entre factores claves como clima local en las plantaciones, densidad y composición del sombrero, patrones de lluvia y rocío, y el papel de otros microorganismos como agentes de control biológico y otras funciones del microbioma.

Para empezar a llenar estos vacíos de conocimientos y entendimientos, para crear una comunidad de investigadores y productores con experiencia práctica en la aplicación del manejo agroecológico de la Roya del Café, se invitó a un grupo reducido de investigadores y técnicos para presentar trabajos científicos y de experiencias sobre la agroecología de la Roya de Café. En el Seminario Científico realizado en Panamá, se presentaron y discutieron trece trabajos para compartir los resultados y conclusiones, determinar brechas en conocimiento y determinar prioridades para trabajos futuros.

Aquí presentamos los trabajos y un resumen de las discusiones, con la esperanza que puedan servir como base científica que permita seguir investigando y aplicando los conocimientos sobre la agroecología de la roya, buscando con ello que los productores cuenten con un mayor número de opciones y guías que conduzcan a la toma de decisiones a largo plazo con un enfoque de sostenibilidad en el cultivo del café.

Apoyo de FAO en el manejo de enfermedades en cultivos de Centroamérica

Allan Hruska

Oficial de Producción y Protección Vegetal
Oficina Subregional de FAO para Mesoamérica
allan.hruska@fao.org

Resumen

El motivo de este taller es crear un espacio con un grupo selecto de investigadores como lo son ustedes y otros que trabajan en forma práctica especialmente en la producción orgánica para discutir qué sabemos y qué no sabemos de la Roya, en una perspectiva biológica, ecológica y de manejo.

Primero definamos a ciencia cierta qué sabemos en cuanto a la biología y ecología de la Roya, cómo funciona, cómo responde a la temperatura y a la humedad, a la interacción con otros patógenos y con otros hongos y bacterias. Segundo, qué nos hace falta saber para tomar decisiones que permitan dar un manejo más eficaz, apoyar otras técnicas y sistemas productivos, tales como la producción orgánica, la cual se enfoca hacia un manejo más sostenible que reduce la dependencia de los agroquímicos.

Con base en esto, creamos una pequeña agenda de investigación que podría ser objeto de un trabajo en conjunto para el futuro. Estamos planteando construir una base social, donde nos vamos a conocer mejor para tratar de crear un grupo regional de investigadores que puedan continuar con un trabajo hacia el futuro. Para ello, el primer paso es conocer que sabemos, quienes somos, que estamos haciendo, que creemos que funciona según nuestra experiencia, y tener seguridad para discutirlo de manera que nos permita llegar a acuerdos básicos; este es el planteamiento de nuestro grupo.

Brevemente quiero presentarles el proyecto FAO que tiene contemplado hacer algunas tareas nacionales y posteriormente hacer capacitaciones en algunos países relacionadas con las conclusiones que salgan de este taller, el cual también se está haciendo en el marco de este proyecto de FAO. Hace

dos años (2012/13) se presentaron brotes muy significativos de ataques de Roya en Sur América y por ello los Ministros de Agricultura le solicitaron apoyo a FAO, organismo que cuenta un mecanismo muy prestante que se conoce como Proyectos de Cooperación Técnica (TCP). Estos son proyectos muy ágiles, porque tienen un fondo interno de FAO para responder a demandas de los países y son adecuados para la formulación y aprobación de proyectos de cooperación técnica. A raíz de las demandas de los ministros para asumir FAO ese papel dentro del café, se formuló este estudio el cual tendrá una duración de dos años hasta mediados de 2015 y un financiamiento de 500 mil USD. Este proyecto fue formulado a través de un esfuerzo de toda la región con la cooperación de varias entidades lo que permitió crear un plan de acción desde el año 2013 buscando encontrar lo que se necesitaba en toda la región para responder al tema del café.

Sin entrar en muchos antecedentes basta decir que FAO en un proceso con muchas instituciones evaluó por varios años para llegar a un proyecto que fue aprobado por FAO con todos los ministros y que tiene tres puntos básicos.

1. Búsqueda y organización de los datos de los impactos socio económicos de la Roya en la región actividad que se está haciendo actualmente y que vamos a publicar.
2. Creación de un sistema de alerta temprana destinada para cada uno de los países.
3. Programas de manejo de enfermedades y plagas y un plan de capacitación y elaboración de un manual basado en la información que se va a obtener de éste seminario científico.

Para ponernos al día les comento que hemos gastado en este proyecto muchos esfuerzos en la creación de un sistema de alerta temprana para la Roya del Cafeto. Es un Sistema de Alerta Temprana que tiene varios componentes; primero el conocimiento de las amenazas; segundo reunión de elementos y de datos y acción sobre la cual se basan los pronósticos, es decir un proceso de definición de las alertas para que la gente pueda tomar acciones que permitan evitar y mitigar las emergencias, y finalmente la adopción de medidas apropiadas, que es en lo que se basan las alertas, las cuales tienen que ser a corto plazo.

Haciendo un paréntesis, son muchas las personas que han comentado que el sistema de alerta temprana solamente apoya a personas que van a aplicar fungicidas, y digamos que en el corto plazo esto es cierto porque se va a poder hacer un pronóstico de un mes para decir que las condiciones climáticas son propicias o no, para la producción de café. Pero, a largo plazo quisiéramos usar este sistema para aprender más sobre cuáles son los factores fundamentales que causan problemas y así poder hacer un manejo de largo plazo. Lo que se quiere es un sistema de alerta temprana, no solo de corto plazo sino también un sistema que permita adquirir un conocimiento mayor que nos ayude a tomar decisiones a largo plazo sobre el manejo de la Roya.

Con la cooperación de todas las instituciones involucradas en este proyecto hicimos un taller regional en materia de café y un sistema de alerta temprana para discutir cuales eran los elementos de un sistema como éste, qué se necesita hacer con la información y como podría funcionar ese tipo de sistema de alerta temprana. En ese taller salieron recomendaciones a cerca de indicadores de riesgo con elementos como la precipitación y la humedad, temperatura mínima y floración, como tres indicadores fundamentales para poder predecir si las condiciones son propicias para un brote de Roya en la región.

El sistema de alerta temprana no es algo nuevo, hay muchos sistemas en el mundo, de hecho para enfermedades causadas por hongos se han usado por más de 50 años en Cuba y Estados Unidos etc. No es nada nuevo; pero lo nuevo es la tecnología que muy bien tenemos, el internet, mapas en línea, teléfonos inteligentes con aplicaciones que nos permiten hacer cosas que hace 5 años no eran posibles.

Tenemos un ejemplo de un sistema que FAO está apoyando en África, que es para la Roya del trigo que también es una enfermedad de mucha importancia en África y en muchas partes del mundo. Es un sistema basado en la medición básicamente de temperatura y humedad con estaciones meteorológicas pequeñas en los sitios, para que con un modelo convierta la temperatura y la humedad de rangos mínimos y máximos en probabilidades. Se convirtieron los datos de tres estaciones meteorológicas ubicadas en Etiopía en mapas de probabilidad donde se muestra la probabilidad que en un futuro cercano pudieran haber brotes de la Roya del trigo con base en esta información.

En México actualmente hay varios sistemas también para la Roya del trigo y otra enfermedad muy similar ya presente. De hecho el creador de ese sistema es un consultor de FAO y ha copiado mucho de lo que se quiere para la Roya del Cafeto de lo que ellos han hecho con los sistemas que manejan, donde por medición de temperatura, humedad y también estado del suelo del cultivo se convierte esa información en mapas de probabilidad que indiquen cuales son las zonas en las que hay que tomar acción inmediata de aspersión, para evitar brotes en esas zonas rojas, donde hay una probabilidad muy alta de tener brotes de Roya en trigo.

FAO en Suramérica tiene otra experiencia en el monitoreo del HLB (*Huanglongbing*) que es la enfermedad más grave de los cítricos a nivel mundial. Fue el primer sistema que se tuvo en la región buscando aplicaciones con teléfonos inteligentes y plataformas con mapas en google en tiempo real donde se pudo convertir información tomada en campo del vector causante de la enfermedad, información del estado del cultivo, en este caso cítricos, para convertirla en mapas con la presencia del vector de la enfermedad para tomar decisiones.

En este caso de cítricos, se usan trampas en los cultivos donde se recolecta la información de los estadios del vector que causa la enfermedad, se tiene esta información en la aplicación del teléfono celular y lógicamente midiendo también ubicación geográfica y con el número de adultos recolectados en la trampa, se sube esta información a una plataforma que muestra un mapa con la presencia o no, en este caso del adulto del vector de la enfermedad. Esta experiencia todavía la estamos trabajando con fuerza buscando una mayor implementación en la región para el monitoreo y toma de decisiones.

Con base en esta experiencia hemos desarrollado un sistema similar que todavía no está funcionando plenamente, usando la tecnología de aplicación de teléfonos inteligentes, se ingresan datos de incidencia en condiciones de campo, estado fenológico del café, así como información meteorológica y climática, tanto para roya como para broca, se oprime el botón y esa información sube a la plataforma, como lo mencioné anteriormente, las aplicaciones que utiliza este sistema están disponibles en Google Play. De hecho es un tema muy interesante porque el futuro está en las tecnologías las cuales en poco tiempo permitirán tener mucha más información de la incidencia y severidad de una enfermedad en el campo. En el pasado se tomaban datos en el campo de forma manual, con hojas de papel para luego copiarla a una hoja de Excel, pero hoy en día la persona que tenga la capacitación sobre cómo usarlo, se puede autorizar y así tener un tipo de sistema donde se va a disponer de mucha más información. Con base en este tipo de sistema primero hay que recoger la información de donde está el cultivo del café en el país y donde hay condiciones históricas de temperatura y humedad que sean propicias para la Roya, con ello se pueden usar los datos en el tiempo real de las estaciones meteorológicas en las zonas que están en línea, se alimenta el sistema para dar pronósticos de la probabilidad de la enfermedad o plaga.

Es muy importante el trabajo del servicio meteorológico en los países, porque finalmente es la información que ellos manejan, la que nosotros necesitamos para nuestro sistema, cabe resaltar que ya algunos países están creando sistemas en paralelo en los cultivos de café para tener sus propias estaciones meteorológicas.

Aquí en Panamá, estamos verificando los peligros del café, dónde está el café, lo mismo que en Centroamérica, para asegurar que tenemos datos de esas zonas, no de cualquier zona y donde están las estaciones meteorológicas que funcionan en el país para saber si corresponde a café. Finalmente como primer resultado del sistema que está funcionando hay datos en la República Dominicana que es el primer país que ha implementado este sistema de alerta temprana de la Roya del Cafeto el cual estamos acelerando. Ya hay datos con la información tomada de campo junto con las estaciones meteorológicas, creando mapas de probabilidad de incidencia en campo y datos meteorológicos, produciendo finalmente mapas de probabilidad para luego tomar acciones. Algunos países que están más adelantados que otros, dependiendo mucho del uso de la aplicación en el campo, de subir información de excelencia, también de los datos meteorológicos. Yo quiero terminar mencionando que es un esfuerzo que estamos haciendo con todos los países productores de café de la subregión en cooperación con diversas instituciones de investigación.

Impacto Socioeconómico y productivo de la Roya del Café en los países de la Región. Situación actual y perspectivas

Carmen Morales
PROMECAFÉ-Guatemala
carmen.moralesmiguel@gmail.com

Resumen

PROMECAFÉ se fundó con el fin de promover la modernización, el mejoramiento y desarrollo sostenible de la caficultura mediante la cooperación técnica y científica para el cultivo sustentable del café.

El café en la región se ubica en los primeros lugares en las exportaciones agropecuarias. El café está en los primeros lugares de las exportaciones agropecuarias. Se estima que las exportaciones de café tienen un valor neto anual de 1 750 millones de USD, lo que representa un 27 % de las exportaciones mundiales de Café¹. Es una actividad estratégica y clave en las economías de los países centroamericanos. La Roya del Café, desde su ingreso a Centroamérica en 1976, nunca impactó en forma tan significativa como en los años 2012/13. Declarado un problema de urgencia nacional en los países del área, por tratarse de una situación que impacta en aspectos económicos, sociales, políticos y ambientales.

A pesar de la advertencia del profesor Frederick Wellman en 1952 sobre lo que podría ser la ruina de la caficultura Americana con la llegada de la Roya del Café, después de un largo período desde su detección en Brasil en 1970, este vaticinio no se ha cumplido en esa magnitud a pesar que la enfermedad se dispersó por todos los países productores de la región en un período menor a 15 años. En su orden Nicaragua (1976), Perú (1978), El Salvador (1979), Guatemala (1980), México (1981), Colombia (1983) y Venezuela (1984), reportaron la presencia de la enfermedad, con afecciones de Roya en zonas de baja y media altitud, y restricciones para su desarrollo a mayores altitudes por condiciones climáticas adversas para el hongo.

En los últimos 6 años (2008-2013) en toda la Región Centroamericana el clima y su variabilidad, caracterizada por la prevalencia de años húmedos, ha sido una de las razones que ha inducido a los elevados ataques de la Roya tanto en las zonas de baja y mediana altitud como en los últimos años en cafetales de mayor altitud. Estos eventos incluyen las áreas productoras del Caribe, donde excepcionalmente se han generado epidemias a gran escala que han afectado de manera significativa la producción en lotes con variedades susceptibles.

Esto llevó a importantes reducciones de las cosechas de café en los años 2012-2013 y 2014 en todos los países de la región con importantes impactos socioeconómicos en la pérdida de ingreso para los productores, pérdidas de jornales, pérdida de divisas agravado en los años 2012-2013 y hasta mediados de los años 2013-2014 por una disminución importante en los precios internacionales del café.

Se busca a través de respuestas agronómicas a corto plazo (recepas y control químico) y a mediano y largo plazo (realizar renovaciones con variedades susceptibles y resistentes, control biológico y prevención con la implementación de un sistema de alertas tempranas) con el fin de enfrentar y de prevenir a futuro el impacto de esta enfermedad.

La Roya del Cafeto en Brasil

Prof. Laércio Zambolim

Plant Pathology, Universidade Federal de Viçosa,
Viçosa, Minas Gerais, Brazil

laerciozambolim@gmail.com

Resumen

La Roya es causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. y está presente en todas las regiones del mundo donde se cultiva café. En Brasil, la enfermedad se encontró por primera vez en enero de 1970, en el Estado de Bahía Sur. Hoy en día la enfermedad se puede encontrar en todas las regiones de producción de café *arabica* y conilon en Brasil, y es la principal enfermedad de café en todo el mundo. Las pérdidas en las regiones del país que producen el café arábica y donde las condiciones climáticas son favorables pueden variar de 35 a 50 %. Bajo condiciones de sequía prolongada, durante los períodos de mayor gravedad de la enfermedad, las pérdidas en la producción pueden ser mayores a 50 %. En las regiones más calientes productoras de café de Brasil, donde se cultivan clones Conilon susceptibles, la enfermedad puede reducir la producción de café entre 30 y 40 %. Los principales daños causados por la Roya son la caída prematura de las hojas y el secamiento de las ramas y consecuentemente no produciendo frutos al año siguiente. El secado recurrente de las ramas ortotrópicas y plagiotrópicas de la planta de café reduce la vida productiva de esta, haciéndola gradualmente poco rentable incluso causándole dependencia a la planta a este hecho dependiendo de la variedad o de la línea. El descenso de la producción, sin embargo, varía de acuerdo a la región e incluso de un cultivo a otro. En el 100 % de los informes sobre los daños causados por la Roya, siempre hay una correlación negativa entre la intensidad de la enfermedad en un año y el rendimiento de café cereza del año siguiente.

El estudio del ciclo de vida de *H. vastatrix* es incompleto, ya que hasta la fecha sus etapas picnial y aecial no se han encontrado todavía. El hongo produce urediniosporas en los uredinios y las teliosporas aparecen eventualmente, ya que su ocurrencia es rara. Cuando las condiciones ambientales son favorables, las teliosporas germinan "in situ", produciendo basidios y basidiosporas. Los intentos de infectar café y otras plantas con basidiosporas

hasta ahora no han tenido éxito. Además, ningún otro hospedante se ha encontrado todavía con las etapas picnial y aecial. Por lo tanto, la Roya del cafeto está denominado autóica y macrocíclica, donde los estados de uredios, telios y basidios se producen en las plantas de café. El ciclo de vida comienza con la producción de urediniosporas del hongo, que son dicarióticas ($n + n'$), y al caer al lado inferior de las hojas de café, en la presencia de agua líquida estas estructuras germinan, penetran e infectan, produciendo uredios con urediniosporas. Los urediniosporas producidas pueden infectar de nuevo otras hojas de la misma planta o las hojas de otras plantas y son llamadas conidias de Roya. En ciertas situaciones meteorológicas, las telias y teliosporas se forman en las lesiones, en donde la espora se considera diploide ($2n$). Cuando las teliosporas germinan forman el promicelio (basidios) y basidiosporas (n) sobre cuatro esterigmas. A la fecha, la función de las basidiosporas sigue siendo desconocida.

En cuanto a las razas de *Hemileia vastatrix* en Brasil 15 razas fisiológicas del hongo se han identificado (I, II, III, VII, X, XIII, XV, XVI, XVII, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXXI y XXXVII), donde la raza II es la de mayor frecuencia. Los mecanismos que conducen a la formación de nuevas razas *H. vastatrix* todavía no están bien entendidos. Debido a que no se ha encontrado la fase sexual del hongo, se considera que la mutación es el principal mecanismo responsable de la variabilidad fisiológica del hongo, así como la presión de selección ejercida por los genes de resistencia dominantes debido a los aumentos en el número de mutantes más virulentos en la población hongo. Una evidencia citológica indica la ocurrencia de cariogamia y meiosis en las esporas asexuales; pero, la mayoría de los investigadores ignoran la hipótesis de la recombinación genética. Sin embargo, un estudio reciente con imágenes de citometría de contenido de ADN reveló la presencia de la reproducción sexual oculta dentro de las esporas asexuales (urediniosporas) de *H. vastatrix*. De acuerdo con los autores, este tipo de reproducción llamada

cryptosexuality puede explicar la aparición frecuente y rápida de nuevas razas fisiológicas de *H. vastatrix*.

La Roya sigue un patrón de alta y baja intensidad en los años agrícolas de alta y baja carga de cerezas en las plantas, respectivamente. Durante los años de baja producción, en la mayoría de los casos la enfermedad no es grave. Sin embargo, en años de alta producción mayor cuidado se debe tener para proteger la planta del ataque de la Roya. En tales situaciones, la temperatura, la humedad, la humedad de la hoja y la lluvia son los factores climáticos que, junto con la incidencia de la enfermedad, deben ser monitoreados para determinar el inicio, intervalo, el número de aplicaciones, el tipo de fungicida para ser usados en la pulverización y el modo de aplicación. La curva de progreso de la Roya en la mayoría de las regiones cafetaleras de Brasil presenta la siguiente distribución: la enfermedad durante los años de alta producción comienza en diciembre-enero y de marzo a mayo aumenta en una escala logarítmica y exponencial hasta alcanzar un pico en junio/ julio (dependiendo de la altitud). Después de febrero las ramas de las plantas de café no tienen crecimiento debido a un desfavorable fotoperíodo (Barros y Maestri 1974). Así, el número de nuevas hojas se restringe a partir de marzo. Estos factores asociados con la temperatura y la humedad de la hoja favorable pueden explicar el aumento de la Roya del Cafeto hasta el final de la temporada. Después de cosechar el café la intensidad de la enfermedad desciende debido a las bajas temperaturas y a la caída de las hojas durante la cosecha. En los años de alta carga productiva en la planta la incidencia de la enfermedad puede llegar a 80 o 90 % si la variedad es susceptible y si las condiciones climáticas son favorables. La caída de las hojas durante la cosecha se debe al ataque de la Roya, a la senescencia natural de la hoja y al funcionamiento de la cosecha manual o mecánica. En el año agrícola siguiente, debido a que la producción es baja, la incidencia de la enfermedad no llega al 25 % en condiciones climáticas favorables. El período de latencia puede variar de 20 a 45 días en condiciones de campo; sin embargo, el período de latencia promedio oscila entre 25 y 35 días. Las temperaturas superiores a 28 °C y por debajo de 18 °C tienden a aumentar el período de latencia. La severidad de la Roya en los cultivos que crecen bajo condiciones de campo está estrechamente relacionada con la carga productiva de la planta.

La combinación de variables que mejor explican el desarrollo de la Roya en la hoja es el área foliar enferma con urediniosporas y la duración de la

humedad de la hoja (Vallecillo 1980). Área foliar con urediniosporas explicó el 73 %; la lluvia el 69 % y ambos el 90 % de la variación en el porcentaje de Roya de la hoja. Las variables área foliar visible con urediniosporas, temperatura mínima y lluvia explicaron el 91 % de la variación.

La enfermedad se transmite a través de largas distancias por el viento. Urediniosporas son transportadas a más de 1 000 m de altura por las corrientes de aire y por lo tanto pueden llegar a las fincas situadas a miles de kilómetros de distancia. Dentro de la planta, la lluvia juega un papel importante en la dispersión del patógeno debido a salpicaduras de gotas de agua de una hoja a otra. Esto puede explicar por qué la enfermedad se nota en los brotes tiernos del cultivo, seguido por la propagación de planta a planta. De ahí la denominación que la Roya se puede considerar el interés compuesto dentro de la planta y el interés simple de una planta a otra. Las urediniosporas necesitan agua líquida para germinar y penetrar los estomas que se encuentran en la parte inferior de las hojas. La temperatura óptima para la germinación es de 21 a 25 °C en ausencia de luz directa. La influencia de la temperatura sobre la germinación de urediniosporas *H. vastatrix* se estimó por la ecuación polinómica $y = \text{Sen}2 (220,55x - 152,7x^2 - 76,05x^3)$ ($R^2 = 0,997$), en la que y = proporción de la germinación, y x = equivalente de temperatura. La temperatura máxima y mínima, donde no se produjo la germinación fue de 32,5 °C y 12,5 °C, respectivamente. La temperatura óptima estimada por la ecuación fue de 23 °C. El número de horas de humedad de la hoja y de la severidad de la Roya siguió una ecuación exponencial, donde la proporción de pústulas (y) = $1 - 1,9964 \cdot \exp(-0,10893 t)$, ($R^2 = 0,791$), y t = número de horas de humedad de la hoja después de la inoculación.

En regiones productoras de café con temperatura inferior a 16 °C y superior a 30 °C la enfermedad puede no causar daños económicos a la producción, aunque los síntomas pueden todavía ser visibles en las hojas de la planta. La severidad de la enfermedad también está relacionada con la altitud. Plantaciones en altitud por encima de 1 200 m en Brasil, en la mayoría de los casos no requieren control químico, ya que la incidencia de la enfermedad no llega a un nivel mayor del 20 % al final de la cosecha. Una explicación de este hecho es que, incluso en las altas altitudes, los niveles de precipitaciones no superan los 1 300 a 1 500 ml. En Centroamérica la mayoría del café se cultiva en altitudes superiores a 1 500 m. Sin embargo, debido principalmente a la alta lluvia (más

de 1 800 ml y en algunos casos 3 000 ml) de baja intensidad y a la ocurrencia constante de este hecho a lo largo de los años, así como también al aumento de la temperatura mínima a 18°C, en algunos períodos del año la Roya puede causar daños a la producción. Pero en Brasil este no es el caso.

El uso de cultivares resistentes es la medida más eficaz para el control de la Roya. Sin embargo, la mayoría de los cultivares de café sembrados en Brasil son susceptibles a la Roya como Mundo Novo, Acaíá, Catuaí rojo y amarillo, Ruby Catuaí y Topázio. Sin embargo, hay variedades resistentes con resistencia vertical y horizontal a la Roya, incluyendo Icatu rojo y el Icatu amarillo, Iapar 59, Tupi, Obatá, Catuaí rojo y amarillo, Araponga MG 1 (2004), Catigua MG 1, MG 2 (2004) y MG 3 (2006), Paraíso MG H419-1 (2002), Pau-Brasil MG 1 (2004), Sacramento MG1 (2004), Oeiras MG 6851. En la mayoría de los casos, el uso de variedades con resistencia cualitativa a la Roya no dura más de 5 años debido a la alta variabilidad fisiológica del hongo. La siembra de variedades con resistencia cuantitativa tiene la ventaja de mantener las características agronómicas importantes, así como la capacidad de vivir con la enfermedad.

Otra medida que ha sido ampliamente utilizada en el país es el uso de fungicidas protectores, sistémicos y estrobilurinas. Fungicidas de protección o de contacto, tales como la mezcla Bordeaux, caldo Viçosa (mezcla de cobre y micronutrientes), oxiclورو de cobre, óxidos e hidróxidos de cobre son más eficaces. Al seleccionar un fungicida sistémico hay una opción para la pulverización foliar de fungicidas sistémicos + estrobilurinas o mediante la aplicación de los fungicidas sistémicos al suelo formulados con insecticidas sistémicos o como fungicidas sistémicos solos. Los fungicidas sistémicos más utilizados para controlar la Roya pertenecen al grupo de los triazoles, solos o en mezclas formuladas con las estrobilurinas. Varios criterios se deben observar para el inicio y los intervalos de pulverización de fungicidas para el control de la Roya del Cafeto: 1- horario fijado para la aplicación (no recomendado); 2- basado en el clima (a partir de la temporada de lluvias, la temperatura, la duración de humedad de la hoja, la altitud, la exposición del cultivo); 3- Fenología de la planta (años de alta carga productiva de las plantas); 4- basado en un muestreo de las hojas en las plantas; 5- integración de los criterios descritos. En los años de alta producción de cerezas de café la aplicación de un programa implica la pulverización del fungicida cúprico o del caldo Viçosa aplicado 5 veces, de diciembre a marzo y/o abril con intervalos

de 30 días, o por el uso del fungicida sistémico formulado con estrobilurinas dos veces, realizando una aplicación en enero y otra aplicación en marzo, pero siempre teniendo en cuenta el nivel de la enfermedad en las plantas y el clima. En los años de baja carga productiva en las plantas, el número de aplicaciones puede ser la mitad que en la de años con alta carga productiva. La opción para un fungicida sistémico + un insecticida aplicado al suelo debe ser realizada al inicio de la temporada de lluvias que normalmente ocurre en noviembre en Brasil en un año de alta carga productiva en la planta. En este caso se recomienda que fungicida formulado con insecticida se aplique al suelo alrededor y por debajo de las ramas de las plantas. Por lo tanto, la opción para la aplicación al suelo implica que este debe tener suficiente contenido de humedad, de modo que el ingrediente activo de los productos químicos sea liberado y absorbido por las raíces de las plantas. Entre los otros factores que deben tenerse en cuenta para el control de la Roya son: costo/beneficio, la zona de la planta a proteger, la topografía, la mano de obra calificada y la disponibilidad de los pulverizadores.

La opción de control basada en la severidad de la enfermedad consiste en tomar muestras para determinar la incidencia y severidad de la Roya. Para el muestreo se recomienda recoger 10 hojas al azar por planta con 100 hojas por parcela, tomadas del tercio inferior de las plantas y en el medio de las ramas (tercero o cuarto par de hojas). Si el porcentaje de hojas con Roya en un año de alta carga productiva es igual a 5 %, se recomienda iniciar el control de la enfermedad con fungicidas sistémicos + estrobilurinas. Si la enfermedad no alcanza el 5 % de incidencia, la aspersión debe realizarse con un fungicida cúprico. Formulaciones sistémicas con estrobilurinas sólo deben realizarse si la incidencia de la enfermedad es igual o mayor a 5 %. El mismo razonamiento se aplica para los años de baja carga productiva. Los fungicidas sistémicos (epoxiconazol, ciproconazol, flutriafol y triadimenol) han sido los más eficaces en el control de la Roya. Un punto importante que se debe considerar al momento de elegir un fungicida es el tiempo de persistencia del ingrediente activo en los tejidos de la planta. Protección interna de los tejidos de la planta de café se extiende de 45 a 60 días y el más eficiente hasta 75 días. Los fungicidas sistémicos tienen algunas ventajas sobre los fungicidas de protección debido a la posibilidad de matar el patógeno dentro de los tejidos de la planta principalmente con el haustorio que es el órgano del hongo para la remoción de nutrientes de la planta. La opción con fungicidas sistémicos solos requiere el

uso de fungicidas cúpricos en alternancia. En años de baja producción es posible controlar la enfermedad con una sola aplicación de fungicida sistémico o con cuatro aplicaciones de fungicidas cúpricos. Los constantes cambios en el clima han causado cambios en la severidad de la enfermedad, así como también cambios al principio y en el pico de la enfermedad. La Roya del Cafeto alcanza la infección máxima en función de varios factores: la altitud, la temperatura, los regímenes de lluvias, la carga productiva, el espaciamiento de plantas, la humedad de hoja, la humedad relativa y el estado nutricional de las plantas. Debido a estos factores, el pico de la enfermedad ha cambiado de acuerdo a las regiones donde se cultiva el café. La herramienta de muestreo para determinar el principio y el rango de aplicación sugiere ser muy eficiente para el control racional de la enfermedad. El control de la Roya también puede tener diferentes esquemas de manejo con respecto al número y el intervalo de aplicación de fungicidas cuando hay años de alta y baja carga productiva.

Referencias bibliográficas

- AKUTSU, M.** 1981. *Relação de funções climáticas e bióticas com a taxa de infecção da ferrugem do cafeeiro (Hemileia vastatrix Berk. & Br.).* 67 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BOCK, K. R.** 1962. *Seasonal periodicity of coffee leaf rust and factors affecting the severity of outbreaks in Kenya Colony.* *Transactions British Mycological Society.* v.45, n.3, p.289-300, 1962.
- CAPUCHO, A.S.; et al.** 2013. *Climate favourability to leaf rust in Conilon coffee.* *Australasian Plant Pathology* 24:511-514.
- CARVALHO, C.R.; et al.** 2011. *Cryptosexuality and the genetic diversity paradox in coffee rust, Hemileia vastatrix.* *Plos one* 6 (11).
- CHAVES, M. G.; et al.** 1970. *Ferrugem do cafeeiro (Hemileia vastatrix Berk & Br).* Revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil. Seiva, v. 30. Edição especial. 75 p.
- GARÇON, C.L.P.; et al.** 2000. *Progresso da ferrugem (Hemileia vastatrix Berk. et Br.) do cafeeiro (Coffea arabica L.) em diferentes altitudes.* In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL. v.1., 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos... Expandidos..., p.237-240.
- KUSHALAPPA, A.C.; CHAVES, G.M.** 1980. *An analysis of the development of coffee rust in the field.* *Fitopatologia Brasileira*, v. 5, p. 95-183.
- MORAES, S.A.; et al.** 1976. *Período de incubação de Hemileia vastatrix Berk. & Br. em três regiões do Estado de São Paulo.* *Summa Phytopathologica*, v. 2, p. 32-38.
- NUTMAN, F.J.; ROBERTS, F.M.** 1963. *Studies on the biology of Hemileia vastatrix Berk. & Br.* *Transactions of British Mycological Society*, v.46, p. 27-48.
- RIJO, L.; RODRÍGUEZ, C.J.** 1978. *Processo de infecção da Hemileia vastatrix Berk. e Br. em cultivares susceptíveis e resistentes de Coffea arabica L.* *Série de Estudos Agronômicos*, v. 5, n. 1-2, p. 23-24.
- RODRIGUES, C.J.** 1990. *Coffee rusts: history, taxonomy, morphology, distribution and host resistance.* *Fitopatologia Brasileira*, v.15, p.5-9,
- SILVA, M.B.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.** 1997. *Translocação de fungicidas triazóis visando o controle da ferrugem do cafeeiro.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 23, Manhuaçu, MG-1997. Resumos... Rio de Janeiro, MAA/ PROCAFE/PNFC, 1997. p. 234-235.
- SOUZA, A.F.; et al.** 2011. *Chemical approaches to manage coffee leaf rust in drip irrigated trees.* *Australasian Plant Pathology* 40:293-300.
- VALE, F., X.R.; ZAMBOLIM, L.; JESUS JÚNIOR, W.C.** 2000. *Efeito de fatores climáticos na ocorrência e no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro.* *Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil.* v.1., 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos Expandidos..., p.171-174.
- ZAMBOLIM, L.; et al.** 1997. *Café: controle doenças. Doenças causadas por fungos, bactéria e vírus.* In: do VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM, L. (eds.). *Controle de doenças de plantas: grandes culturas.* Viçosa: Departamento de Fitopatologia, UFV, v.1, 1997, p.83-140.
- ZAMBOLIM, L.; et al.** 1992. *Influência da produção do cafeeiro sobre o desenvolvimento da ferrugem (Hemileia vastatrix).* *Fitopatologia Brasileira*, v. 17, p. 32-35, 1992.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F., X.R.; MACABEU, A.J.** 1987. *Nova opção de controle da ferrugem do cafeeiro pela aplicação de triadimenol via solo.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 14, Campinas, 1987. Resumos... Rio de Janeiro, IBC/MIC, p. 36-8.
- ZAMBOLIM, L.; et al.** 1990. *Controle químico da ferrugem do cafeeiro (Hemileia vastatrix Berk. & Br.) e custos das opções propostas.* *Brasília: ABEAS*, 40 p.

Acciones emprendidas por Colombia en el manejo de la Roya del Cafeto

Carlos A. Rivillas O.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia
Centro Nacional de Investigaciones de Café "Cenicafé"
carlos.rivillas@cafedecolombia.com

Resumen

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia enmarca toda su actividad de mejoramiento del bienestar de las familias Cafeteras Colombianas a través del cumplimiento de una Visión Institucional que busca garantizar la sostenibilidad en la producción de café con un manejo ordenado, de protección, preservación y cuidado hacia los Recursos Naturales.

Por ello se consideró importante la participación en este Seminario Científico Internacional sobre "Manejo no químico de la Roya del Cafeto" con el fin de presentar resultados experimentales y acciones de país entre los años 2010-2014 derivadas de estos estudios que permitan ilustrar sobre la forma de cómo se ejecuta un plan intensivo de renovación de cafetales con variedades resistentes, empleando semilla certificada en las zonas productoras de café donde las plantaciones de café de mayor edad y susceptibles a la Roya del Cafeto debieron ser intervenidas con la siembra de la variedad Castillo multilínea F5 de última generación desarrollada por Cenicafé, conocida como la Variedad Castillo® Convencional o con las variedades Castillo Regionales® con el propósito de convertir esta estrategia en la más importante para combatir el efecto de esta enfermedad.

Esta estrategia estuvo acompañada de otras medidas como fueron el estímulo a la fertilización adecuada de las plantaciones de café y la distribución de fungicidas y la ratificación y motivación para realizar un control químico oportuno en las variedades de café susceptibles a la Roya que se encontraban en plena etapa productiva. La estrategia de la Bioprotección empleando el uso de microorganismos endofíticos con capacidad de ejercer efectos benéficos sobre el hongo patógeno *Hemileia vastatrix* o de otros organismos epífitos ha sido investigada en Cenicafé pero los resultados todavía no conducen a utilizar esta estrategia de manera confiable.

Resistencia genética

La Roya del Cafeto se detectó en Colombia el 27 de Septiembre del año 1983 registrándose una dispersión de la misma de manera muy rápida en 230 000 ha afectadas luego de 8 meses de su detección, lo cual no permitió que medidas de manejo de enfermedades como la exclusión y la erradicación tuvieran éxito en el país en el intento de eliminar o de reducir al máximo la presencia de esta enfermedad.

Con base en lo anterior a partir del año 1984 se determinó que era necesario convivir en la caficultura Colombiana con esta enfermedad y se optó por un plan de manejo de la misma que incluyera el uso de la variedad Colombia®, variedad resistente a la Roya hoy en día reemplazada por la variedad Castillo®. A la par con esta estrategia se desarrolló y todavía se ejecutan actividades de investigación sobre epidemiología, biología, y manejo de la Roya con énfasis en el control químico dadas las características, de ese entonces, de tener una caficultura con un millón de hectáreas sembradas principalmente con variedades típica y caturra ambas susceptibles a la Roya. Hoy en día a pesar de ser menor el número de hectáreas con variedades susceptibles, la enfermedad continúa comprometiendo la producción de café en Colombia con pérdidas que llegan al 30 % de reducción acumulada en la producción de un ciclo productivo en ausencia de medidas adecuadas de control.

El gran salto que dio el país, después de pasar por la variedad Colombia®, fue desarrollar una nueva variedad de café resistente a la Roya y empezar su distribución en el país a partir del año 2005. En la actualidad y como consecuencia de la Ola Invernal por la que pasó el país en los años 2008-2012, donde hubo incrementos en los registros de lluvia de 30-40 % y disminución del brillo solar de 12 %, con hechos adicionales como el envejecimiento que registraron las plantaciones de café y por la ausencia de medidas efectivas de control contra la Roya el país renovó

460 000 ha con la variedad Castillo® resistente a la Roya entre los años 2010-2014, período de tiempo considerado como corto para pasar de tener una caficultura con un porcentaje muy alto sembrado en variedades susceptibles a tener una caficultura renovada con una alta predominancia de las variedades resistentes (64 %) sobre las variedades susceptibles (36 %).

Para Colombia este plan de renovación de su caficultura con el uso de variedades resistentes a la Roya (Castillo® convencional, Castillo® Regionales y la Tabi®) con su homogénea y reconocida calidad en tasa comparable a la de las variedades Típica, Bourbon y Caturra y con una proporción de café supremo mayor al 80 % es un cambio que ha tenido profundas implicaciones en lo ambiental, social y económico para el cultivo de café que demuestra cómo a través de un manejo integrado de plagas (MIP) se pueden combinar acciones de tipo genético, cultural, químico y biológico de manejo contra organismos patógenos como *Hemileia vastatrix*, las cuales con creces han demostrado ser beneficiosas para reducir el impacto de la Roya en el país. De este modo se puede afirmar que para Colombia ha sido de mucha trascendencia disponer de la variedad Castillo®, recurso genético que continua siendo resistente a las nuevas razas de Roya que pueden en cualquier momento aparecer por mutación del hongo.

Estado de la Roya- Razas y Manejo

El hongo *H. vastatrix* tiene una dependencia exclusiva de la planta de café, ya que hasta el momento es el único hospedante conocido, y del cual se alimenta a partir de las células vivas de la hoja para poder crecer y reproducirse.

La raza II ha sido la raza de mayor predominancia en los países productores de café afectando todas las variedades cultivadas de la especie *C. arabica*. A partir de esta raza hay reportes de apariciones de otras nuevas razas en otros países del mundo.

En Colombia se identificó la raza II en el año de 1984 y posterior a esta raza se evidenciaron cuatro razas de genotipos complejos y se identificaron la raza XXII y la raza XXIX, así como también se estableció la presencia de las razas XXV, XXIII, XVII y XXX en materiales derivados del Híbrido de Timor. Con base en todos los estudios realizados sobre este tema puede afirmarse con certeza que hasta el momento no se han desarrollado razas supervirulentas del patógeno.

Un análisis de lo que ocurrió en Colombia durante los años 2008-2012 en relación con los ataques importantes de Roya se explica no solo por las alteraciones climáticas que generaron registros mayores de precipitaciones, reducciones de brillo solar, rangos más estrechos de amplitud térmica (diferencia entre la máxima temperatura del día y la mínima de la noche) y suelos con saturación de agua, hechos que comprometieron el normal funcionamiento de las plantas en cuanto a la absorción de nutrientes por las raíces, floración y estimulación del crecimiento vegetativo, reproductivo y productivo de las plantas. Las consecuencias de esas alteraciones climáticas sobre las plantas no solo en su fisiología sino también en el incremento de la susceptibilidad a la Roya, se resumen en las siguientes cinco explicaciones:

1. Condiciones de humedad y de temperaturas muy favorables para el desarrollo de continuas epidemias de Roya.
2. La alta susceptibilidad de la variedad Caturra a la Roya variedad que predominaba en esos años.
3. Plantaciones susceptibles a la Roya sembradas a altas densidades de siembra.
4. Bajo nivel de nutrición recibido por las plantaciones durante esos años.
5. La presencia y permanencia de inoculo residual entre epidemias.

La opción de manejo de la Roya en Colombia empleando el uso de fungicidas sistémicos y estrobilurinas ha sido muy útil en aquellas regiones donde todavía predomina la variedad Caturra, empleando estos productos químicos aplicados al suelo y al follaje. Los fungicidas cúpricos no son muy utilizados en razón al rigor que se debe tener con ellos dadas las características en su modo de acción de ser protectores y no curativos y donde el productor de café, a veces por las dificultades en la disponibilidad de recursos para realizar las aplicaciones y en otras por la falta de compromiso en el cumplimiento de las mismas permite niveles altos de enfermedad que no se controla con esta clase de productos.

No se detallan en este documento recomendaciones de control químico con fungicidas en razón a las características de este Seminario de manejo no químico de la Roya.

Se destaca sin embargo, la racionalidad que se le inculca al productor de café para que haga uso de los fungicidas en el momento oportuno y de manera adecuada pero sin abusar de ellos por las consecuencias ambientales, económicas y de resistencia que se derivan del uso excesivo de estos productos.

Algunos resultados relacionados con este tema demuestran que la susceptibilidad de las poblaciones de *H. vastatrix* a los triazoles se ha mantenido debido en buena parte a las intermitencias que en el uso de fungicidas mantiene el productor de café, quién no tiene la actividad del control de la Roya como algo permanente y continuo sino cuando las epidemias de la Roya son más severas y consecuentemente le están produciendo mayores impactos sobre la producción de café.

El incremento en los últimos años en las renovaciones de café con la siembra de variedades resistentes a la Roya obliga a monitorear de manera permanente el tema de la evolución de las razas de Roya en el país, pues es otra de las maneras como se establece una presión de selección de razas de hongos patógenos.

En el manejo de la Roya, se están así mismo realizando nuevas investigaciones sobre los momentos más adecuados de inicio y finalización de las aplicaciones y para ello se realizan estudios que comparan los calendarios fijos recomendados a los productores, los cuales hasta el momento han sido muy útiles para el control de la Roya con el inicio de las aplicaciones teniendo como criterio el período de la floración principal de las plantas de café.

Epidemiología

Las condiciones óptimas para la producción de café en Colombia son las mismas que se requieren para el óptimo desarrollo de la Roya del Cafeto con una temperatura promedio de 22 °C. En Colombia, hasta el año 2007 se recomendó que las plantaciones de café al sol y a la sombra establecidas por encima de 1 600 m de altitud, con ambientes que corresponden a una temperatura promedio de 19 °C no requerían control de la enfermedad. Sin embargo, las alteraciones climáticas ocurridas en el año 2008 y en años sucesivos generaron en varios sitios del país ambientes con temperaturas y precipitaciones favorables para el desarrollo de la Roya, además de otras conocidas dificultades sobre todo económicas por las que transitaron los productores de café para

realizar de manera oportuna los controles de la enfermedad.

Estas alteraciones, en particular la disminución en la diferencia entre temperaturas diarias máximas y mínimas (amplitud térmica) debidas al Fenómeno de La Niña en todas las altitudes, y la presencia constante de humedad en las hojas, hizo que la enfermedad presentara niveles altos de Roya con características epidémicas en esas zonas por encima de los 1 600 msnm, llegando en algunos casos a registrarse paloteo por efecto de esta enfermedad hasta en altitudes superiores a 2 000 m. Por ello, en la actualidad se recomienda que el seguimiento y control de la enfermedad sea riguroso en cualquier condición altitudinal donde se cultive café.

Los resultados después de tres años de investigación en plantaciones de café de la variedad Caturra situadas en tres localidades con condiciones ambientales diferentes 1 930 m; 1 740 m y 1 563 m confirma que la Roya en la medida que las plantas tienen una alta carga productiva presenta múltiples secuencias en sus ciclos de infección, llegando a niveles de Roya en esas condiciones altos (60 %) que están impactando la producción de café.

El seguimiento del hongo en ausencia de control ha presentado fases iniciales, exponenciales y logarítmicas en el desarrollo de las epidemias en cada localidad que han marcado diferencias de año a año pero que siguen el modelo de una enfermedad policíclica con tasas de desarrollo mucho más relacionadas con las condiciones ambientales de cada localidad y por ende con el desarrollo fenológico del cultivo que por el efecto de la influencia altitudinal.

Con este estudio se aprecia que la Roya en Colombia evidentemente está afectando las hojas de las plantas de café que están situadas en rangos altitudinales hasta de 2000 m. En esas tres condiciones altitudinales ha sido notoria la capacidad infectiva que está mostrando el hongo dejando ver la agresividad del inóculo que se está produciendo, a través de las curvas epidemiológicas obtenidas en cada localidad.

Así mismo, a través de los registros de producción de café se ha evidenciado que la Roya en esas condiciones está impactando la producción de café en las plantas no tratadas con pérdidas acumuladas que se acentúan cuando se comparan con las plantas que reciben el control de la enfermedad.

Alertas tempranas

Desde el año 2010, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia diseñó un plan de acción que permitiera monitorear la presencia de los dos problemas fitosanitarios más importantes del país como lo eran la Roya y la Broca del Cafeto. Con base en el Sistema de Información Cafetera (SICA) que tiene la Federación se viene realizando un muestreo "Bietápico" implementado por el Servicio de Extensión de la Federación con un diseño del mismo, seguimiento y análisis de la información de responsabilidad de Cenicafé.

Para ello cada tres meses se mide la presencia de estos dos problemas fitosanitarios en cada Departamento productor de café en Colombia. En el caso de la Roya se iniciaron los muestreos en Departamentos que tenían niveles de incidencia de la Roya de hasta 89 %, registrándose en ese momento un promedio Nacional de Roya de 28 %. Para este resumen (Agosto/2014) se presenta la información de 17 muestreos realizados en los cuales se pasó de ese nivel nacional a un promedio de 3,4 %.

Lo importante de esta información es que actualmente la caficultura cuenta con herramientas de monitoreo de estos dos disturbios que permiten tomar decisiones con base en la información real de campo creando conciencia entre los productores de café de lo vulnerables que son sus plantaciones frente a estos problemas y de la necesidad de evaluar el riesgo de cada uno de manera que se puedan crear acciones preventivas contra estos o contra otros factores bióticos o abióticos que puedan amenazar el buen desarrollo de sus cultivos.

Con certeza se puede afirmar que los muestreos realizados hasta el momento en Colombia para evaluar el comportamiento de la Roya del Cafeto muestran de manera clara lo beneficioso que ha sido para la caficultura Colombiana este ejercicio de alertas tempranas para conocer la dinámica de esta enfermedad no solo en las variedades susceptibles a la Roya sino también en las resistentes para activar, ajustar y realizar medidas de control contra este hongo patógeno, interfiriendo en su ciclo reproductivo, reduciendo la cantidad de inóculo dentro y entre epidemias, y mitigando así su impacto sobre las plantaciones de café.

Manejo biológico de la Roya

En el cultivo de café en Colombia definitivamente se priorizó por el camino de la resistencia genética multilínea como la vía de mayor confiabilidad y quizás de mayor duración para enfrentar la presencia y el impacto de la Roya.

El manejo biológico de la Roya se ha estudiado desde la década de 1980 principalmente en Colombia, Brasil y la India. Los experimentos de manejo biológico de la Roya han incluido microorganismos de control biológico, extractos de microorganismos y plantas, y agentes inductores de resistencia, existiendo información que demuestra el potencial que puede tener la resistencia sistémica inducida en algunas de las variedades de *C. arabica* actualmente cultivadas.

Existe una gran información derivada de trabajos de investigación realizados en Colombia en la búsqueda de poder implementar el manejo biológico dentro del manejo integrado de la Roya del café sin que hasta la fecha se haya contado con éxito en esta implementación.

El manejo biológico de *Hemileia vastatrix* se convirtió en un gran campo de investigación en Cenicafé entre los años 1990 y 2002. Se consideró que la supresión de este hongo patógeno por la acción de microorganismos endofíticos podría ser de utilidad en algunas zonas productoras de café. En ese período se estudió el efecto de organismos como *Bacillus thuringiensis*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. aureofaciens*, *P. alcaligenis*, *P. putida* y *Lecanicillium lecanii*.

Algunos resultados experimentales han mostrado que sobre enfermedades de la filósfera, *B. subtilis* no tiene efecto de antibiosis ni de parasitismo. Adicionalmente la bacteria tiene una baja persistencia sobre las hojas.

Uno de los hiperparásitos de la Roya del Café que más ha sido estudiado en condiciones naturales es el hongo *Lecanicillium lecanii* al cual se le reconocen atributos especiales como un enemigo natural de *Hemileia vastatrix*. En los estudios realizados con este hongo se encontró que era limitado su efecto como controlador biológico debido a dificultades similares a las presentadas por otros controladores biológicos, como eran la baja reproducibilidad del control en condiciones de campo; condiciones exigentes para poder explorar todo su potencial de uso y los altos costos de producción. En condiciones naturales pareciera no ser un gran controlador biológico que

disminuya significativamente la epidemia de la Roya por el hecho de requerir de lesiones de Roya esporuladas, además de tener una alta diseminación este biocontrolador solamente a partir de lesiones viejas con Roya.

Se evaluaron también formulaciones de moléculas elicitoras como BION (acibenzolar-5-metil), Probenazole (ORYZEMATE), ácido beta-aminobutírico, con resultados importantes en plantas de almácigo donde se observó un aumento en los períodos de incubación y de latencia de *Hemileia vastatrix*.

Con cepas de *Bacillus thuringiensis* aisladas en Colombia, se produjeron inhibiciones en la germinación de la Roya entre 77 y 97 %, similares a las obtenidas con los productos comerciales M-One, o con cepas de *Bt supesp. kurstaki* de Inglaterra y el CIMIC (Colombia). Con el producto DIPEL se lograron obtener bajos índices de infección con solo 8 días de inducción. En este estudio se pudo observar, a través de epifluorescencia, el limitado desarrollo de las urediniosporas en la hoja, así como la disminución en el número de células madre de haustorios.

El producto MVP (Mycogen) consistente en endotoxina de *Bt* encapsulada en *Pseudomonas fluorescens* no indujo ningún tipo de resistencia.

Fue significativa la reducción de germinación de la Roya al 91 % cuando se comparó con el testigo (48 %) utilizando concentraciones de una formulación comercial de *B. thuringiensis subesp. israelensis* (Laverlam) o *kurstaki* (Laverlam y Sandoz) antes de la inoculación con urediniosporas de *H. vastatrix* en hojas nuevas de café desprendidas. Así mismo, en hojas jóvenes en plantas de la variedad Caturra se determinó la evolución de la enfermedad encontrándose que solamente la formulación de *B. thuringiensis subsp. kurstaki* indujo protección.

Se observó la inducción de resistencia contra la Roya en *C. arabica* var. Caturra, con extractos acelulares del hongo *B. bassiana*. Los estudios se realizaron en condiciones de laboratorio y posteriormente

se realizaron algunas pruebas en condiciones de invernadero en dos periodos contrastantes del año en aspectos de precipitación.

En laboratorio se evaluaron diferentes aislamientos del biocontrolador teniendo como referencia la producción de los metabolitos secundarios Beauvericina (BEA) y Basianina producidos por este hongo. Los resultados mostraron un efecto inhibitorio lineal en la germinación de la Roya debido a los aumentos en las concentraciones de los extractos y de las soluciones de toxinas puras. También se determinó un aumento de las enzimas Lipoxigenasas, β -Glucanasas y Quitinasas en las plantas que recibieron la aspersión con la toxina (BEA). En el seguimiento de la enfermedad se encontró que las plantas que recibieron la aplicación de la toxina mostraron diferencias estadísticas en los índices de infección cuando se compararon con las plantas testigo. Así mismo se observaron efectos, no solo de protección sino también de inducción de resistencia de la enfermedad con la aplicación de la toxina.

En otro experimento se comparó el control químico con el oxiclورو de cobre y con el producto sistémico Bayleton y el producto Javelin (*Bt*), aplicados cada 45 días. La tasa media de infección aparente mostró diferencias estadísticas entre testigo sin aplicaciones (mayor enfermedad) con el tratamiento con Javelin, y a su vez de estos dos tratamientos con los químicos que fueron los que mostraron menor enfermedad. El experimento se evaluó durante un año, con un ataque de Roya en el período de máxima enfermedad que se consideró bajo.

Actualmente en Colombia la utilidad práctica en el manejo de *H. vastatrix* en condiciones de campo con estos organismos endofíticos o inductores de resistencia no ha sido consistente presentando limitaciones, razón por la cual esta opción de manejo contra la Roya no es recomendada actualmente a los caficultores. Sin embargo, con estos temas se continúan explorando posibilidades en la caficultura Colombiana.

Referencias bibliográficas

CRISTANCHO, A., M.A.; LEGUIZAMON, C., J.E. 1995. *Efecto protector de la bacteria Bacillus thuringiensis en plantas de café contra el desarrollo de Hemileia vastatrix Berk. y Br.* CENICAFE 46(3):140-151. 1995.

CRISTANCHO, M.A.; DIAZ, A. 2006. *Inducción de resistencia con tres productos de origen biológico en plantas de café contra el ataque de la Roya.* Fitopatología Colombiana 30: 19-24.

CRISTANCHO, A., M.A.; et al. 2012. *Outbreak of coffee leaf rust (Hemileia vastatrix) in Colombia.* New disease reports. 25, 19

CRISTANCHO, A., et al. 2012. *Razas de Roya.* Epidemias de 2008 a 2011. Avances técnicos Cenicafé (Colombia) N0 425:1-8.

RIVILLAS, O., C.A.; et al. 2011. *La Roya del Cafeto en Colombia. Impacto, manejo y costos del control. Resultados de investigación.* Boletín Técnico Cenicafé (Colombia) N0 36:6-52.

RIVILLAS, O, C.A. 2012. *Veintinueve años de convivencia con la Roya del Cafeto en Colombia.* Asociación Nacional del Café. ANACAFÉ. Guatemala. Mayo 22. (PDF).

PORRAS, V., N.C. 1996. *Inducción de resistencia por cuatro cepas de Pseudomonas spp., en plántulas de café contra la Roya del cafeto Hemileia vastatrix Berk. y Br.* Bogotá Pontificia Universidad Javeriana. Tesis, Facultad de Ciencias, 147 p.

VELEZ, P.; ROSILLO, A. 1995. *Evaluación del antagonismo del hongo Verticillium lecanii, sobre Hemileia vastatrix, en condiciones de invernadero y de campo.* Cenicafé 46(1):45-55. 1995. *ímico da ferrugem do cafeeiro (Hemileia vastatrix Berk. & Br.) e custos das opções propostas.* Brasília: ABEAS, 40 p.

La Roya del Cafeto (*Hemileia vastatrix*) en Cuba: Evolución al manejo alternativo de la enfermedad

Luis Pérez Vicente PhD.

Investigador Titular, Fitopatólogo.
Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV).

Ministerio de Agricultura de Cuba.

lperezvicente@inisav.cu

Luis.perezvicente@live.com

Resumen

El café se introdujo en Cuba en el año 1748. La producción de café hoy se lleva a cabo en zonas de montaña de 8 provincias y 37 municipios del este (85 % de la producción), el centro (10 %) y el occidente (5 %) del país, y es llevada a cabo por 36 300 productores y 18 400 trabajadores en beneficio. Existen 100,4 Mha dedicadas al café bajo sombra de las cuales existen 81,7 Mha en producción. El 65 % del área y el 67 % de la producción se encuentran en el sector cooperativo y campesino. A partir de la crisis económica de los años 90, la producción cafetalera se deprimió debido a la falta de inversión para renovaciones, cultivo y proceso y falta de fuerza de trabajo por migración a otros sectores económicos en las ciudades. Desde el 2012 se desarrolla un programa cafetalero que busca progresivamente recuperar niveles de plantación y producción y estabilizar el acceso a insumos y fuerza de trabajo.

Las principales variedades cultivadas pertenecen a *Coffea arabica* (Typica, Caturra, Catuai, Bourbon), *Coffea canephora* (Robusta) y los híbridos de ambas especies Catimor e Isla.

Las principales enfermedades existentes en el país son la Roya (*Hemileia vastatrix*), la antracnosis (*Colletotrichum spp.*), mancha de ojo parda (*Cercospora coffeanum*), el ojo de gallo (*Omphalia flavida*), Damping off (*Rhizoctonia solani*), el tizón de hilachas (*Mycena citricolor*) y los nemátodos (*Meloidogyne spp.* y *Pratylenchus coffeae*). Las principales plagas insectiles son el minador (*Leucoptera coffeella*) y la broca (*Hypothenemus hampei*) la guagua verde (*Coccus viridis*), Guagua hemisférica (*Saissetia hemisphaerica*) y en menor medida los Xyleborus perforadores.

La Roya del Cafeto fue por primera vez informada en el país en 1984. Su dispersión secundaria tuvo un fuerte componente antropogénico. Su incidencia es más severa en cafetos situados a nivel del mar y hasta 900 m de altura que en altitudes mayores. Es causante de fuertes defoliaciones y depresiones de hasta el 50 % del rendimiento en variedades de *C. arabica* bajo condiciones muy favorables de humedad. La Roya aunque enfermedad explosiva en cafetos susceptibles bajo condiciones favorables no ha causado daños significativos a la producción y se presenta con bajos niveles de prevalencia en general. Durante el año 2008, debido a la afectación por huracanes, se presentó una alta incidencia de la enfermedad en relación a la superficie afectada durante años precedentes y posteriores.

Los estudios llevados a cabo con el patógeno indicaron que las esporas germinan exclusivamente en presencia de agua, óptimamente entre 23 y 25 °C. La germinación de las uredosporas disminuye según aumenta la exposición inicial a la luz ($R^2 = 0,8585$) y se requieren al menos 4 horas de oscuridad inicial para que no se afecte la germinación. La germinación de las uredosporas incubadas inicialmente en la oscuridad por tres horas, disminuye proporcionalmente a la duración del período de exposición a la luz a que se someten posteriormente.

Las inoculaciones artificiales en hojas de diferentes edades, permitió determinar que las hojas del primer al tercer nudo son más susceptibles y que en éstas la enfermedad evoluciona más rápidamente y hay una mayor producción de esporas en las lesiones.

El manejo de la enfermedad se basa en el uso de variedades resistentes (Robusta, Isla, Híbrido de Timor) en plantaciones compactas de estas variedades o intercaladas con variedades de la especie *arabica*.

Las medidas culturales de manejo incluyen:

- Manejo de la sombra: (efectos controvertidos y variables dependiendo del contexto del campo): durante meses lluviosos, el exceso de sombra mantiene la humedad dentro de la plantación y alarga el secado del suelo y el follaje lo que favorece al desarrollo del patógeno y otras enfermedades como el ojo de gallo. La disminución de la incidencia de rayos solares tiene un efecto buffer contra oscilaciones extremas de temperatura y disminuye el impacto de la luz sobre la uredosporas y su efecto sobre la germinación de estas. El exceso de sombra disminuye la carga productiva y los agricultores tienden a plantar más plantas agravando la situación de la humedad. El exceso de luminosidad favorece la carga de frutos y a su vez el desarrollo de la Roya. Las áreas con mayor incidencia de luz también tienen una tendencia a más incidencia de minador de la hoja y *Cercospora coffeanum* en hojas y frutos. La recomendación general actual es mantener una cobertura de sombra entre 45 y 65 %.
- Distancia de plantación (población): Depende de la fertilidad del suelo y las condiciones generales del sitio de producción. Evitar sobre población que afecta competencia por nutrientes y aumenta humedad, sombreado y disminuye circulación de aire.
- Poda: Incrementa producción. Elimina ramas viejas improductivas, competencia por nutrientes y contribuye al saneamiento de la planta; reduce el número de nudos para evitar sobrecarga de frutos y reduce estrés. Mejora aprovechamiento de nutrientes disponibles y el secado de las hojas después de una lluvia al mejorar aireación. La reducción del follaje reduce los sitios de infección para *H. vastatrix*. Permite el incremento de la luz y su efecto en la inhibición de la germinación de las uredosporas.
- Nutrición: Es basada en uso de abono verde aprovechamiento de la pulpa de café para producción de humus de lombriz, para viveros y siembras; producción de compost y aplicación siembra y plantaciones, para mejorar los suelos; producción de micorrizas para su uso en viveros; aplicación de enmiendas calcáreas y abono orgánico en los suelos muy ácidos que se vayan a fertilizar. La fertilización química está dedicada a los fomentos y viveros.

Biocontrol

Los soros de Roya son parasitados por diferentes hongos entre los que se destaca el *Verticillium lecanii*. En las plantaciones de café se encuentran diferentes variantes del biocontrol parasitando *C. viridis* y pústulas de Roya. Aunque se han informado diferentes variantes de *V. lecanii* se requiere un estudio de variabilidad taxonómica y filogenia más detallado. *V. lecanii* demanda una alta humedad relativa para un parasitismo eficiente. La curva natural de desarrollo del porcentaje del parasitismo tiene un retardo en relación con el desarrollo de la Roya en el campo. Por este motivo, se realizan aplicaciones inundativas con esporas del patógeno que son decididas mediante muestreo de pústulas latentes, esporuladas y parasitadas.

Control químico

Para el manejo de la Roya se han registrado los fungicidas cúpricos y triazoles sistémicos. Sin embargo, solo se utilizan en casos extremos cuando la intensidad de la enfermedad haga peligrar la plantación.

En Cuba diferentes instituciones realizan investigaciones en café. Ellas son:

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). Ministerio de Agricultura.
Fitopatología; desarrollo antagonistas microbiológicos y parasitoides, manejo en general.

Estación Experimental Café III Frente. Ministerio de Agricultura.
Genética y mejoramiento; cultivo, agroecología, manejo de plagas.

Universidad de Oriente (Santiago de Cuba). Ministerio de Educación Superior Agroecología.
Cultivo, manejo integrado de plagas.

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Ministerio de Educación Superior.
Fitopatología, Entomología, Nemátodos entomopatógenos para control de broca.

Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP) de la Universidad Central de las Villas. Ministerio de Educación Superior. Sistemas de organogénesis y embriogénesis, resistencia genética a estrés biótico y abiótico.

Instituto Nacional de Ciencia Agrícola (INCA). Ministerio de Educación Superior.
Biotecnología, mejoramiento, cultivo, agroecología, suelos y agroquímica.

Plan de control de la Roya en el marco de la reactivación de la caficultura de El Salvador

Adán Hernández

Coordinador división CENTA-CAFÉ. El Salvador

cir97@hotmail.com

Introducción

El cultivo de café en El Salvador tiene importancia económica, social y ambiental. Desde el punto de vista económico este cultivo genera gran cantidad de empleos permanentes y eventuales anualmente, además genera divisas para la economía. En la parte social, en las plantaciones de café viven muchas personas que extraen leña como fuente de energía para cocinar. En el aspecto ambiental, los cafetales sirven como captadores de agua que alimentan los mantos acuíferos que proporcionan agua a diversas comunidades. El cultivo de café ocupa un área aproximada de 152 340 hectáreas distribuidas en seis cordilleras. En cuanto a la calidad, el café que produce El Salvador se clasifica en tres tipos de acuerdo a los estratos altitudinales: a) Bajío (Central Standard-CS): Producido entre 600 y 800 msnm. b) Media Altura (High Grown-HG): Producido entre 800 y 1 200 msnm. c) Estricta Altura (Strictly High Grown-SHG): Producido por encima de 1 200 msnm. Las variedades que se cultivan son de la especie *Coffea arabica* y están en el sistema de producción bajo sombra. Estas variedades a pesar que presentan buena calidad en taza y tienen buena producción son susceptibles a la enfermedad conocida como la Roya. Esta enfermedad es causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, el cual ataca las hojas ocasionando que los cafetos sufran defoliaciones de diferentes grados. Debido al impacto negativo que ha tenido la Roya en la producción nacional de café, el gobierno de la República de El Salvador lleva a cabo diferentes actividades mediante la puesta en marcha de proyectos, tales como: Programa de "Control Integral de la Roya del Cafeto en las Zonas Cafetaleras de El Salvador" y "Apoyo Integral para la Reactivación del Sub Sector Café de El Salvador". Estas acciones han tenido como objetivo apoyar a los productores de café para recuperar la producción y la oferta de empleos.

Creación de CENTA-CAFE

Como iniciativa del actual gobierno, a través del Ministerio de Agricultura se ha creado la institución División CENTA-CAFE, para apoyar la caficultura Salvadoreña, con el objetivo de recuperar la productividad después del severo ataque de la Roya en la cosecha 2012-2013. La creación de esta institución toma mucha importancia por el hecho que después de más de 20 años que la caficultura era manejada por los productores a través de una institución privada, ahora es el gobierno quien la retoma. CENTA-CAFE se dedica a dos áreas importantes: a) Transferencia de tecnología y b) Investigación y/o innovación tecnológica. Está integrada por 75 técnicos profesionales de los cuales, 3 son administrativos y 72 especialistas en caficultura. De este último grupo 63 son técnicos en el área de transferencia de tecnología los cuales están distribuidos en 23 oficinas ubicadas en las zonas cafetaleras. El área de investigación está conformada por 6 técnicos quienes están realizando trabajos específicos en: Manejo integrado de la Roya, agronomía del Cultivo y fertilidad de los suelos cafetaleros. Las oficinas centrales se encuentran en las instalaciones del Centro Nacional de Tecnología Agrícola y Forestal (CENTA) en San Andrés, La Libertad, km 33 en la vía a Santa Ana.

La misión de CENTA-CAFÉ es generar soluciones para los productores de café, por medio de un modelo integral de prestación de servicios de asistencia técnica y capacitación con base en la Investigación científica, con responsabilidad social y ambiental. Su visión es ser una institución altamente calificada para la generación y transferencia de tecnología en café, que sea reconocida, tanto a nivel nacional e internacional, siendo además para El Salvador, la entidad rectora de la tecnología en café.

El CENTA-CAFÉ, tiene el mandato de realizar actividades de cooperación con ONG'S, Gremiales de productores, Asociaciones de Profesionales, Asociación de Productores, empresas en general y con Instituciones Internacionales.

Servicios que CENTA-CAFÉ ofrece a los caficultores

Los servicios que ofrece a los caficultores son los siguientes: a) Visita de asistencia técnica individual o grupal; b) Capacitaciones en las diferentes ramas de la caficultura; c) Elaboración de planes de trabajo y de inversión; d) Diagnósticos de plagas y enfermedades in situ en los cafetales; e) Servicios de laboratorios especializados de diagnóstico de plagas, de suelos y de foliares. En el área de investigación se llevan a cabo trabajos de control químico, epidemiología y biología de la Roya, además, la utilización de enmiendas orgánicas para mejorar la fertilidad del suelo así como la evaluación de variedades resistentes a la Roya.

Plan de trabajo de los extensionistas

La metodología para impartir asistencia técnica se basa en lo siguiente: Los técnicos visitan a los productores, hacen un diagnóstico de la finca, después establecen una línea base la cual indica el estado en que están las fincas para tomar parámetros del mejoramiento de las mismas y proceden a la inscripción en Escuelas de Campos (ECA'S). Se hace énfasis en que las actividades de Escuela de Campo van de acuerdo a la fenología del cultivo. Cada extensionista tiene como meta visitar al menos 50 fincas por mes.

La Roya antes del año 2012

La Roya llegó a Centroamérica en el año de 1976, en esa época gran parte de la economía centroamericana se basaba en la exportación de café. Anteriormente en 1970 había hecho su aparición en Brasil y desde ese momento existía un pensamiento en el medio que si la Roya llegaba a Centroamérica desaparecería la caficultura de esta región. El primer reporte de la Roya en El Salvador fue en 1981 y la reacción del Instituto Salvadoreño del Café (ISIC) fue la implementación de un programa que conllevara a erradicar los brotes y segundo un programa de investigación y control del hongo. La Roya se dispersó en todas las zonas cafetaleras y no se pudo erradicar.

Desde ese momento se montó una campaña inmensa de control con fungicidas específicamente cobre, pero la enfermedad no registraba niveles altos de infección, es decir, no se observaron epidemias fuertes. Durante muchos años se mantuvo en los cafetales pero con baja incidencia y se apreciaba únicamente en los estratos altitudinales de bajo y media altura. No se le encontraba en plantaciones bajo condiciones de estricta altura (1 250 m o superiores). En la misma época se introdujeron las variedades resistentes, primeramente se trajeron los cafetos "catimores" y posteriormente los "sarchimores". A pesar de la existencia de estas variedades muy pocos productores las sembraron porque lógicamente la Roya no estaba causando daños importantes a las variedades susceptibles.

Epidemia de la Roya año 2012

La epidemia del año 2012 causó fuerte impacto en la caficultura nacional, atacó las plantaciones en todos los estratos altitudinales; cafetos viejos, jóvenes y recién sembrados fueron infectados, atacando las plantas de viveros y lo más grave fue que estuvo acompañada por fuertes ataques del hongo *Colletrotichum spp* causante de la enfermedad conocida como Antracnosis. El impacto fue una fuerte defoliación en todas las plantaciones. Durante la época lluviosa del año 2012, la Roya afectó severamente todas las zonas productoras comprometiendo el rendimiento y la calidad. Los cafetos severamente atacados sufrieron fuerte defoliación y durante el año 2013 produjeron muy poco, de tal manera que la cosecha 2013-2014 fue de 700 000 quintales representando una reducción de 55 % con respecto al año anterior.

Actividades de control contra la Roya

El programa de control de la Roya durante el 2014, tuvo como base la capacitación y transferencia de tecnología sobre aspectos biológicos y métodos de control, además la dotación de fungidas a los productores por parte del estado. Se inició con una primera entrega de 15 000 paquetes, de los cuales cada uno contenía 2 fungicidas, 1 fertilizante foliar y 1 adherente. Con estos paquetes se protegieron 31 500 hectáreas de cafetal. En la segunda parte se cubrió un área de 15 875,3 hectáreas para un total de 47 375,3 hectáreas. Con esta actividad se protegió el 31 % del área cafetalera nacional. El gobierno realizó una inversión de 2 447 140,21 USD.

Diagnóstico continuo de niveles de infección o incidencia de Roya en las zonas cafetaleras

El personal técnico de CENTA CAFÉ, visita las zonas cafetaleras la última semana de cada mes y evalúa con los productores el nivel de infección de Roya mediante la metodología propuesta por OIRSA. En el terreno se seleccionan 30 cafetos, en cada uno se muestrean 3 bandolas por árbol (una de la parte de abajo, una de la parte media y una de la parte de arriba) y en cada bandola se cuenta el número de hojas totales y el número de hojas con Roya; posteriormente los datos son enviados a las oficinas centrales donde son tabulados y analizados.

Recomendaciones generales para implementar el programa de manejo integrado de la Roya del Cafeto en las fincas

Para implementar el manejo de integrado de la Roya en las fincas los técnicos imparten asistencia técnica y capacitaciones en lo siguiente:

a. Conocimiento de los aspectos biológicos de la Roya, lo cual ha sido de mucha importancia porque de una manera general se estableció que los productores y técnicos realizaban el control químico de la Roya de la misma manera como si fuera una plaga insectil; entonces ha habido una campaña de capacitación a técnicos y productores sobre estos aspectos para que realizaran el control tal como corresponde con fungicidas específicos y aplicados de acuerdo con las características propias de la enfermedad.

b. Monitoreo continuo de cafetales: Técnicos y productores han sido capacitados para realizar monitoreo de la incidencia de la enfermedad en todas las zonas cafetaleras, con el objetivo primordial que los productores aprendan a monitorear la enfermedad en sus fincas.

c. Conocimiento de síntomas de la enfermedad: Técnicos y productores han sido capacitados para determinar y para conocer los síntomas y signos de la enfermedad.

d. Clasificación de lotes de la finca con base en niveles de incidencia de la Roya; la importancia de este punto estriba en el hecho que al realizar muestreos se ha observado que los lotes en las fincas presentan diferentes niveles de infección como parte de la bienalidad del cultivo y de la misma Roya.

e. Diferenciación de plan de control de la época seca y para la época lluviosa, se hace énfasis que el control de la Roya en época seca se basa específicamente en la realización de podas sanitarias o recepas totales o parciales y durante la época lluviosa la aplicación de fungicidas sistémicos en forma racional tomando como base la epidemiología de la enfermedad.

Pronósticos de cosechas

Como parte del trabajo de CENTA-CAFÉ, se realiza un pronóstico de cosecha. La información forma parte del sistema de vigilancia de la Roya. La cifra de cosecha esperada 2014/15 se calculó tomando como base la investigación realizada en 802 fincas con una superficie del 23 % del área nacional. Como resultado de lo anterior, se estima que la cosecha media nacional 2014/2015 se aproximará a una producción media de 1 160 011 qq-oro-uva, con un incremento de 469 986 qq oro uva, con respecto al período 2013/14, lo cual representa un aumento del 65,71 %. Se estima que la cosecha podría moverse entre los límites: Superior de 1 392 013 qq oro uva y un Inferior de 928 008 qq oro uva, si las condiciones climáticas no sufren alteraciones extremas. Es de tomar en cuenta que en la recuperación proyectada para la cosecha 2014/15, también van a tener incidencia los programas de dotación de insumos a los caficultores para el control de la Roya y la nutrición de los cafetales; así como la reacción fisiológica de los cafetales a reponerse del debilitamiento causado por la enfermedad. Lógicamente, las cifras reales se verán al finalizar la cosecha, pero este pronóstico sirve para planificar las acciones que se deben realizar el próximo año.

Impacto del programa de control integral de la Roya del Cafeto

La aplicación de los agroquímicos ha generado empleo de 203 037 jornales, lo que equivale a 840b573,18 lo cual representa 812 empleos permanentes. Además se ha logrado mantener la incidencia de la Roya en niveles muy inferiores con respecto al año anterior. Se ha protegido la presente cosecha (2014-2015) y se cree que habrá una mejor producción para el ciclo 2015/2016 siempre y cuando las plantas mantengan su follaje.

Incidencia de la Roya en las cordilleras

Las primeras aplicaciones de fungicidas se hicieron en junio y julio, los niveles de hojas enfermas se han mantenido bajos, de tal manera que en el promedio general hasta agosto el dato era del 7 % (Figuras 1 y 2). El comportamiento de la enfermedad ha sido normal, y se esperaría que los niveles de incidencia aumenten porque aún faltan más de dos meses de lluvia.

La Figura 3, muestra el número de aplicaciones de fungicidas que han realizado los caficultores, hasta el mes de agosto. El 61 % de los productores solo han aplicado una vez, mientras que el 0,41 % han aplicado hasta 5 veces. Esta información es básica, porque se va a comparar con los niveles de infección que se tengan al final de la cosecha; y además se determinará cuántas aplicaciones van a hacer durante al año. Por otra parte, también servirá para hacer un plan de combate de la enfermedad el próximo año.

Estudio del período de incubación y latencia de la Roya

La iniciativa de estudiar los periodos de incubación y latencia estriba en que, se ha observado que la Roya en la actualidad es más agresiva que antes, es decir posiblemente existen más ciclos consecutivos. Además, los últimos estudios fueron realizados en los años ochenta.

Bajo condiciones de bajío a 734 msnm y bajo sombra, el periodo de incubación es de 12 días y el de latencia es de 24 días. Se espera realizar los mismos estudios en todas las cordilleras cafetaleras.

Otras actividades complementarias al control integrado de la Roya del Cafeto

Se ha proporcionado información en artículos de prensa, en la televisión, cuñas radiales, programas de radio donde se habla sobre la Roya del Cafeto y su control.

Perspectivas del estado Salvadoreño para controlar la Roya

El objetivo del gobierno de El Salvador, en primera instancia es recuperar la producción que se tenía antes de la gran epidemia de Roya y en segunda instancia incrementarla mediante la implementación

de acciones que ya se mencionaron anteriormente. Sin embargo existe la planificación de renovar áreas que fueron afectadas por la Roya con la siembras de variedades resistentes. Este proyecto tiene la visión de apoyar a empresas que producen plantas o viveros de café y a los caficultores. En el primer año, se comprarán 6 millones de plantas a los viveristas, las cuales serán donadas a los productores. La siembra se hará de común acuerdo entre técnicos y caficultores para asegurar su desarrollo.

Opciones de los productores para controlar la Roya

Después de haber constatado las pérdidas económicas que causaron la epidemia de la Roya del 2012 y la baja producción de la cosecha 2013/2014, los productores tienen dos opciones para recuperarla. Estas opciones son válidas para todas las zonas cafetaleras y para todos los países de Centroamérica.

1. Hacer renovación o nuevas plantaciones con variedades resistentes.

2. Afinamiento del programa de manejo integrado de Roya con fungicidas y prácticas agronómicas.

En la opción 1, se tiene la dificultad que no hay suficiente semilla como para hacer una renovación de gran parte de las áreas cultivadas y además no se cuentan con los recursos económicos para realizarla de una sola vez. La renovación tendría que ser poco a poco y lógicamente tendría que llevar a cabo acciones de intervenciones políticas para que los productores tengan acceso a créditos favorables.

En la opción 2, la importancia es que el uso de fungicidas debe hacerse en una forma racional tomando en cuenta que la eficacia de las aplicaciones será buena si se aplica en los momentos oportunos, en las dosis óptimas y además mediante la calibración correcta de los equipos de aplicación. Entonces es importante destacar que, el programa de manejo integrado de la Roya debe estar compuesto de los métodos de control cultural (podas, manejo de sombra, fertilización adecuada y oportuna, control de malezas) y de aplicación de fungicidas.

Importancia de la recuperación de la producción y productividad en los cafetales de El Salvador

Los cafetales son fuentes de vida en El Salvador, en ellos se encuentra una gran parte de la biodiversidad nacional, los cafetos cohabitan con árboles de sombra,

malezas, insectos, microorganismos, nematodos, roedores, reptiles, etc., y por lo tanto son un sistema ecológico que tiene que manejarse de manera que se mantengan en equilibrio; pero además se necesita que produzcan café para que el país siga exportando y se generen los empleos que se requieren. Se tiene el reto de manejar los cafetales de manera que produzcan el café necesario sin afectarlos desde el punto de vista ecológico y que los productores continúen trabajando sus fincas. La generación de empleo por la actividad cafetalera es de suma importancia, se ha establecido que un qq de café producido genera 12,5 jornales, por lo tanto, la reducción de la producción ha redundado en la pérdida de empleos.

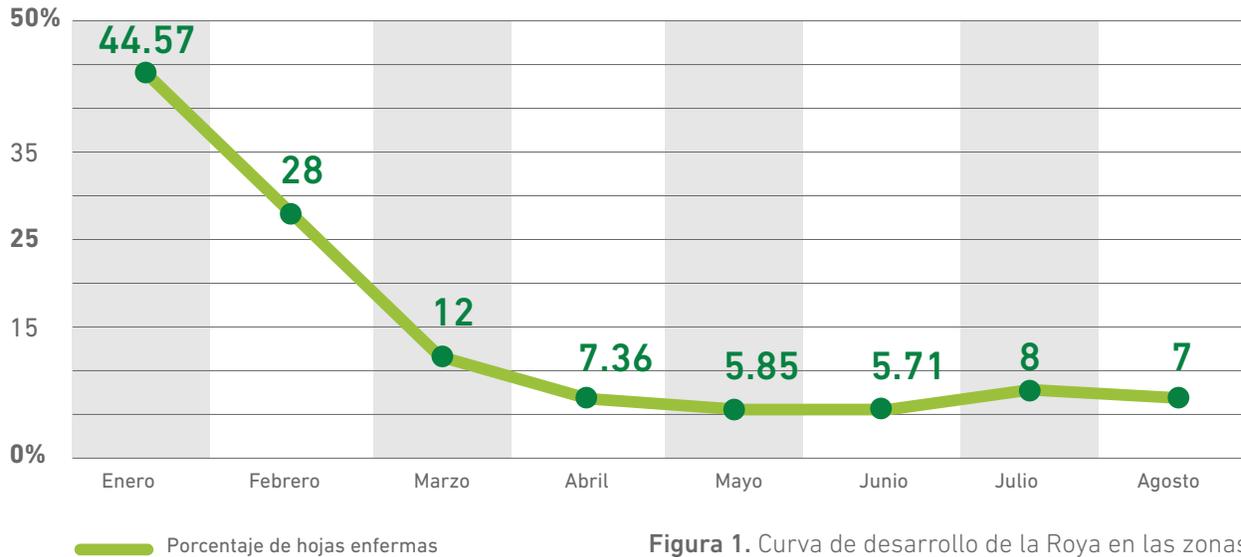


Figura 1. Curva de desarrollo de la Roya en las zonas cafetaleras de El Salvador de enero a agosto 2014.

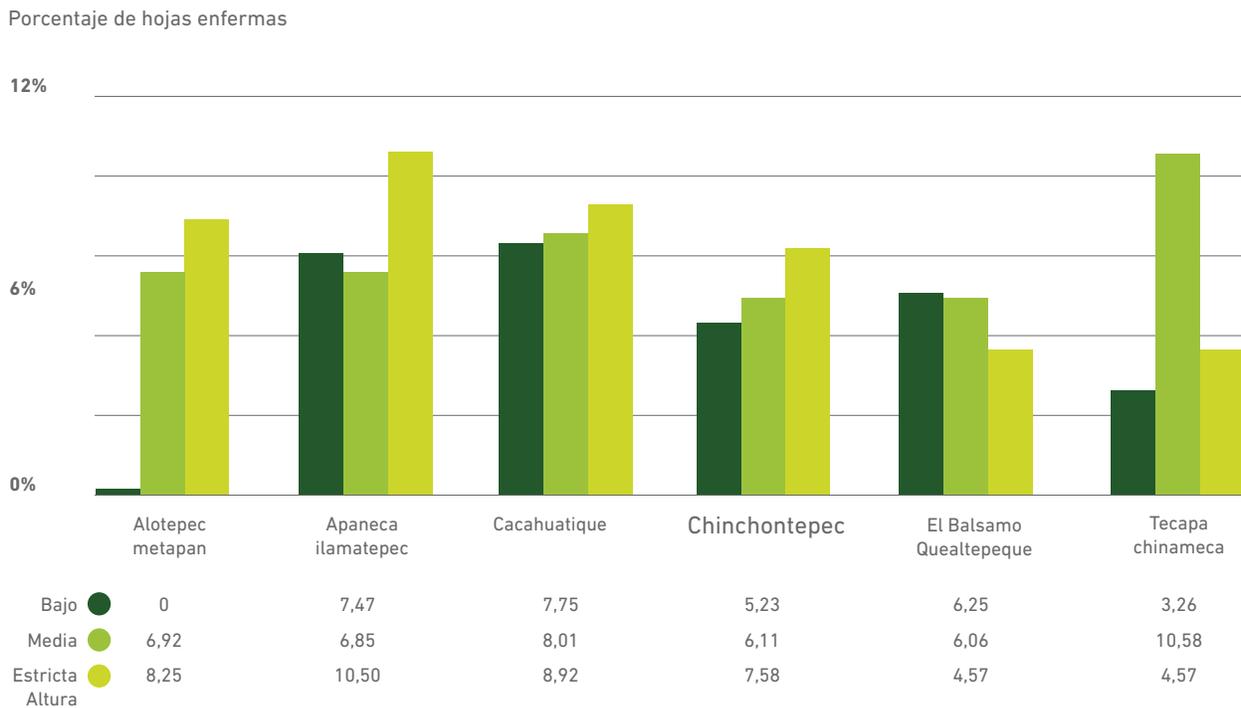


Figura 2. Incidencia de la Roya en las cordilleras cafetaleras de El Salvador en el mes de agosto de 2014.

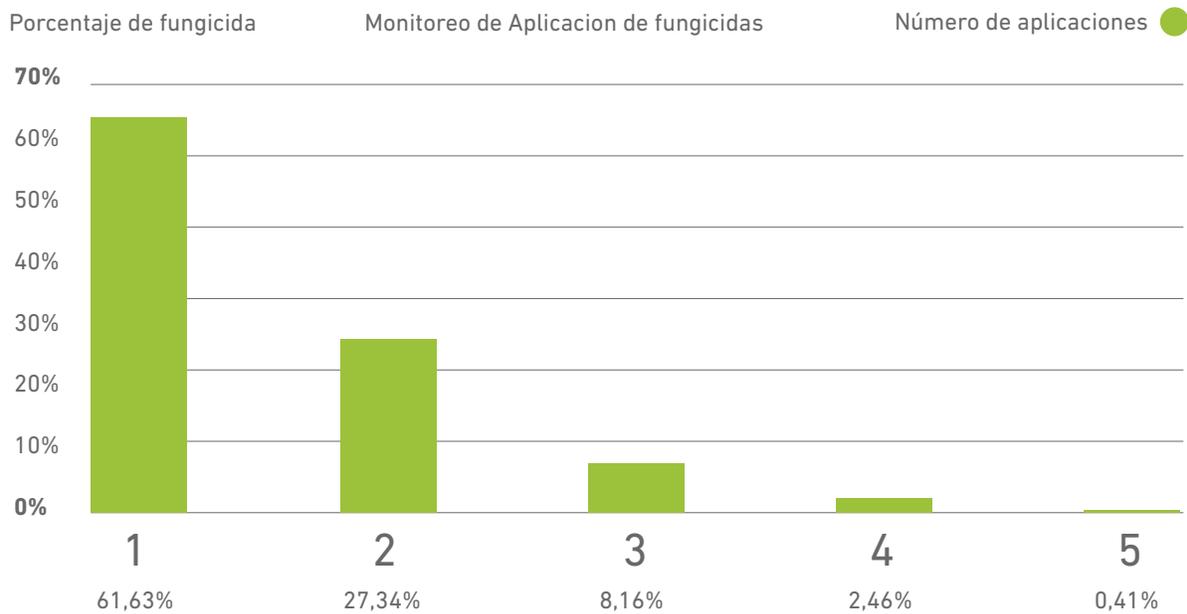


Figura 3. Número de aplicaciones de fungicidas para el control de la Roya realizadas por los caficultores hasta mes de agosto de 2014



Figura 4. Períodos de incubación y latencia (PI y PL).

Roya del Cafeto, manejo integrado y perspectivas de la caficultura en Guatemala

Edin F. Orozco Miranda
Fitopatólogo, profesor FAUSAC; Guatemala
edin@hotmail.com

Antecedentes

I. la Roya del Cafeto en Guatemala

La Roya del Cafeto es ocasionada por un hongo perteneciente al Phylum Basidiomycota, orden Pucciniales, familia Pucciniaceae, especie *Hemileia vastatrix* Berk. & Broome 1869 (Kirk, et al., 2008). Actualmente, dicha enfermedad, está en todo el mundo donde se cultiva café y es considerado el principal problema patológico en el cultivo de café principalmente de la especie *Coffea arabica*. En la literatura, se menciona que la Roya del Cafeto fue relatada inicialmente en 1869 en Ceilán, ahora Sri Lanka, pero de acuerdo a hipótesis y la relación que existe entre los centros de origen de plantas y parásitos, es muy probable que surgió antes y que su origen esté relacionado al centro de origen del café o sea en África Central y África Oriental, como parte de la coevolución entre hospedero y patógeno, que es lo que realmente ha acontecido para otros patosistemas. En América, se descubre por primera vez en 1970 en cafetales en Bahía, Brasil. Se supone que uredosporas del hongo fueron transportadas por los vientos alisios o por introducción accidental desde África del Oeste. Para ese entonces, las variedades cultivadas en América eran susceptibles a *H. vastatrix*. Las medidas de erradicación de la enfermedad adoptadas en aquella época en Brasil, fueron infructuosas, algo similar ocurrió en otros países de América Tropical. Para Centro América, la Roya del Cafeto se cita por primera vez en Nicaragua sobre la costa del Pacífico en 1976, posteriormente en El Salvador en 1979, Guatemala y Honduras en 1980, en la región de Chiapas, México 1981, Colombia y Costa Rica en 1983. En Centroamérica y México, también se establecieron acciones preventivas y de erradicación. Sin embargo, los resultados fueron análogos a lo ocurrido en Brasil, es decir no satisfactorios. Para el año 2014, se completaron 34 años del apareamiento de la Roya del Cafeto en Guatemala. Al inicio, muchas

hipótesis giraron en torno a su llegada y los daños que provocaría. Dentro de lo imaginario y la realidad, el hongo se establece en cafetales en todo el país desde la década de los 80 y lejos de ser una epidemia importante comparada a lo que aconteció en plantaciones de café sin sombra en países africanos y en Brasil, para el tipo de agroecosistema de café en Guatemala o sea, bajo sombra, para aquella época, el hongo se establece y hubo convivencia o equilibrio entre el patógeno y hospedero, por muchos años (1980-2010). Esto en parte fue debido a un clima no favorable al hongo, a la variabilidad de microclimas existentes en la región cafetalera en Guatemala, a diferencias en altitud de siembra del cultivo, a biodiversidad microbiana o antagonistas que habitan en esos sistemas y en mínima parte a la introducción de genotipos de café con resistencia a la Roya como el caso de algunas líneas de Catimor y Sarchimor. Por otro lado, los planes de manejo de la enfermedad y del cultivo efectuado por los agricultores, bajo las condiciones ambientales de aquella época, fueron suficientes para evitar daños considerables.

Las experiencias relacionadas a las pérdidas observadas en países antes afectados y la importancia del café en la economía de éstos en Latinoamérica, fue de impacto en la sociedad, similar a lo ocurrido en la región de Centro América (CA), México y El Caribe. Por ello, las acciones que se establecieron fueron grandes, incluyendo la comisión de la Roya del Cafeto en Guatemala y la creación del proyecto de PROMECAFE en Centro América en 1978. Para esta época, ya se acepta la presencia definitiva de la Roya en las plantaciones comerciales de café en toda América. Entre los beneficios que trajo esta epidemia fue el promover la investigación en el cultivo de café, principalmente en Brasil donde se han

realizado esfuerzos en la generación de cultivares con resistencia a dicho hongo, en la agronomía del café y en el campo de la fitoprotección o combate del hongo, principalmente cuando los precios del café fueron altos.

Lo ocurrido en Guatemala en el 2010-2012 con la Roya del Cafeto, como un fenómeno epidémico, ha sido la acumulación de varios acontecimientos. Por un lado, de acuerdo con la Asociación Nacional del Café (ANACAFE) el 60 % de las plantaciones de café en Guatemala, para el año 2010-2012 tenían más de 20 años de edad, o sea eran árboles viejos y deteriorados. El clima que hubo desde mayo del 2010, con la TORMENTA AGATHA que incrementó la humedad relativa y con presencia de inóculo del patógeno en los cafetales modificó el comportamiento del ciclo de la Roya del Cafeto en Guatemala y se torna epidémica. En lo económico, los precios bajos del café también han sido desestimulantes para el agricultor y por lo mismo se deja de realizar un manejo adecuado a las plantaciones del café. A partir de la crisis de la Roya del Cafeto en Guatemala, la mayoría de los agricultores realizan monitoreo y manejo integrado de la enfermedad. El principal enfoque ha sido la protección con uso de fungicidas sistémicos, pero ahora se está dando énfasis a la resistencia genética y a las prácticas de manejo del cultivo.

II. La Roya en Guatemala con carácter epidémico

En Guatemala, desde que la Roya del Cafeto fue encontrada en el país en 1980, se efectuó poca investigación relacionada con el manejo de dicha enfermedad y la biología del patógeno (30 años). A partir de ese año, el hongo que ocasiona la Roya del Cafeto se diseminó en todo el país y no hubo mayores consecuencias. Entonces, la percepción de algunos técnicos y agricultores sobre la Roya fue de "convivencia o que no era problema".

Lo ocurrido en Guatemala en el 2010-2012 con la Roya del Cafeto, como un fenómeno epidémico, ha sido la acumulación de varios acontecimientos de años atrás, en donde no se prestó la debida atención. Uno de ellos ya mencionado fue la TORMENTA AGATHA, en 2010. Se marca un año con clima "anormal", principalmente en la precipitación, temperatura y horas luz. Esto es parte del denominado **CAMBIO CLIMÁTICO**, algo que se escucha en el ámbito nacional e internacional, pero cuyo impacto en los cultivos nunca ha sido evaluado. De acuerdo a registros, en algunas localidades productoras de café, se ha duplicado la precipitación

en relación con otros años. Se cuantifican menos horas de radiación solar, hubo variación en la temperatura, la humedad relativa fue alta y prolongada (90 % durante mucho tiempo), entre otros factores no cuantificados. Por ello, el cambio climático debe ser estudiado y relacionado con las enfermedades del café. El cambio del tiempo y del clima, modifica el ambiente en donde se produce el café, se incrementan las poblaciones de los fitopatógenos y se favorece el desarrollo de enfermedades. También, se modifica todo lo relacionado a la biología del cultivo de café, que incluye su desarrollo en general, la floración, fructificación cosecha, requerimientos nutricionales y resistencia a enfermedades. Aunado al cambio de clima, también hubo falta de información y de medidas preventivas de la enfermedad para los caficultores. En aquella época, se advierte del progreso de la Roya como problema en algunas localidades con microclima favorable a la enfermedad, basados en estudios de epidemiología realizados por el Dr. Orozco con estudiantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC) en el 2009-2010 (Figura 1). Entonces, para el 2010 y 2011, contradictoriamente a lo que se pensaba, fueron años de alta incidencia de Roya en los cafetales en Guatemala, favorecido por el 80 % de uso de variedades de café como el Caturra, Bourbon y Catuaí, que son susceptibles a la Roya (Figura 2). Por ello, sin olvidar la historia de la Roya del Cafeto y sin causar alarma, se hace necesario cambiar de forma de pensar y el nuevo paradigma es que la Roya del Cafeto es un problema importante y por ello es necesario realizar investigación en las condiciones donde se cultiva café en Guatemala. En los años 2013-2014, la Roya del Cafeto, a partir de las medidas de manejo oportunas realizadas por los caficultores, se manifestó en los cafetales, pero ya no como epidemia.

III. Regiones productoras de café afectadas por la Roya en Guatemala

La Roya del Cafeto es un problema mundial, pero para los años 2010-2012, fue un problema regional en las plantaciones de café de agricultores en los países de Centro América, El Caribe y México, quienes fueron afectados de manera similar. En Guatemala, la enfermedad afectó con mayor intensidad en los cafetales establecidos en altitudes entre los 500 m a 1 300 m con ligeras variaciones (Figura 1). De las siete regiones de café definidas por ANACAFE, todas reportaron ataques de Roya y daños variables no bien cuantificados. Los cafetales de variedades

susceptibles, con escaso manejo eficiente y plantas con más 30 años de establecidos, es donde se observó mayor daño.

IV. Pérdidas relacionadas con la Roya del Cafeto-período 2010-2012

El hongo que ocasiona la Roya es un parásito obligado, sobrevive de un año a otro junto a las hojas maduras en el café. Hasta el momento de acuerdo con la literatura, no existen o no se conocen hospederos alternos del hongo que la ocasiona. Los síntomas y signos observados en las plantaciones de café en Guatemala en los años 2010-2012 fueron: esporulación abundante en las hojas y en plantas de diferente edad; defoliación variable; pudriciones y caída de frutos; muerte de ramas y debilitamiento de las plantas de café y severos ataques de bacterias, entre otros (Figura, 3). Los daños fueron variables y no bien cuantificados y estos dependieron de la tecnología de cada agricultor. La pérdida en productividad fue inmediata por los frutos caídos que no lograron madurez debido a la defoliación de las plantas. A mediano plazo, hubo disminución de la producción para el siguiente año por el debilitamiento de los cafetos afectados. Algunos árboles muy viejos y que fueron podados, no tuvieron respuesta. En varias plantaciones de café bastante afectadas, hubo muerte de ramas hecho que obligó a los agricultores a podar partes de las plantaciones o a renovar su cultivo.

V. Comportamiento de la Roya del Cafeto según la variedad utilizada

Las variedades de café arábica más utilizadas por los agricultores en Centro América son: Caturra, Catuai (rojo y amarillo), Mundo Novo y Bourbon, las cuales por su origen genético son susceptibles a las razas de Roya presentes en la región. Se consideran también como susceptibles a Roya, las variedades conocidas como: Pache, Pacas, Villa Sarchí, Acaiá, Rubí y Topazio que se cultivan en menor escala. En general para el año 2012, el 80 % de café que se cultiva en Guatemala, era de las variedades Caturra, Catuai y Bourbon, (Figura 4). Existen en la región, diferentes líneas denominadas genéricamente Catimores y Sarchimores que son resistentes a la Roya del Cafeto. La adopción de estas variedades puede ubicarse entre 10 y 15 % de la superficie del cultivo y seguramente va a incrementarse debido a los daños ocasionados por la Roya en Centro América,

México y el Caribe (años 2010-2012). La resistencia a la Roya de estas variedades de café fue evidente dada la problemática presentada por esta enfermedad, permitiendo altas producciones sin tratamientos de protección; sin embargo se menciona que la calidad de bebida de café proveniente de líneas de catimores y sarchimores es mala. Los cultivares denominados como: Catimor, Icatú, Tupí, Sarchimor, Obatá, Katipo, Catucaí, Paraíso y Oeiras, son considerados resistentes a la Roya y algunos se encuentran en proceso de evaluación en ensayos de adaptación en campo en diferentes regiones de Guatemala (Proyecto FODECYT-FAUSAC30-2013).

VI. Recomendaciones para el manejo integrado de la Roya del Cafeto

Se recomienda que el manejo de la Roya del Cafeto sea integrado. Para ello se considera la protección con el uso de fungicidas sistémicos y de contacto, las prácticas culturales que se realizan en el manejo del cultivo de café, métodos biológicos y la resistencia genética.

En el enfoque de la protección, el uso de fungicidas protectantes y sistémicos sigue siendo una táctica muy utilizada por los agricultores en Guatemala. De los fungicidas de contacto, el cobre es recomendado y utilizado cuando la intensidad de Roya es baja (5 %). Las dosis recomendadas oscilan entre 2,5 a 3,2 kg/ha. De los fungicidas sistémicos, las estrobilurinas y triazoles han sido los más utilizados, principalmente durante las epidemias presentadas en los años 2010-2012. También, existen mezclas de fungicidas sistémicos en el mercado. Las dosis variaron según el producto y la recomendación de la casa comercial. El número de aplicaciones, durante el brote epidémico fue variable, con agricultores que realizaron 7 o más aplicaciones durante el ciclo de cultivo. Los fungicidas sistémicos, en el programa de manejo de la Roya en época normal como 2013 y 2014, se emplearon realizando entre dos y tres aplicaciones. Se recomiendan al inicio de las lluvias en los meses de marzo y abril, aproximadamente 60 días después de la floración que coincide con el inicio de las lluvias, para reducir el inóculo primario y proteger el nuevo tejido foliar. Posteriormente, se puede realizar la aplicación de un fungicida de contacto. Una segunda aplicación de fungicida sistémico es recomendada en la segunda quincena del mes de julio o primera quincena del mes de agosto, cuando se presenta la canícula. Esta aplicación está orientada a evitar el repunte de Roya que se observa previo y durante la

cosecha de café, en los meses de septiembre hasta enero (Figura 1). Aplicaciones tardías de fungicidas o cuando ya se tiene mucha Roya en la hoja son ineficientes. Hubo contaminaciones de grano de café por aplicaciones tardías de fungicidas del grupo de los triazoles durante los años 2011-2012. En el número de aplicaciones de fungicidas por realizar, se debe considerar la recomendación técnica, época de cosecha, productividad del cafeto y aspectos económicos. Es necesario realizar monitoreo en la plantación.

En relación al uso de resistencia genética, variedades resistentes a la Roya fueron adoptadas por los productores de café, interesados por su vigor y producción a partir de los años 90's. Las líneas denominadas como Catimores y Sarchimores, son una opción para el estrato de producción de café donde se observa daños severos de Roya (500-1 200 m de altitud). Sin embargo, estos materiales de café son los más susceptibles a la enfermedad denominada "ojo de gallo" que es ocasionada por el hongo *Mycena citricolor*. Por ello, resultan aptos para siembras cercanas a 1 000 m de altitud. En altitudes superiores no son recomendables para la caficultura de Guatemala. Se debe considerar que el café de estos genotipos es castigado con precios por la menor calidad de taza que presentan al cultivarse en la altitud anteriormente indicada. Durante los años 2011 a 2013, en el brote epidémico de Roya del Cafeto, estos cultivares de café se comportaron como resistentes o con porcentajes no mayores del 15 % de incidencia. En Guatemala, en el periodo 2007-2014, se realizó la adaptación de líneas F8 y también de variedades consideradas resistentes procedentes de Brasil en campos de cultivos de agricultores con resultados prometedores.

En el manejo del cultivo, es importante considerar la fertilización equilibrada y adaptada al requerimiento de la planta. Los nutrientes ejercen funciones específicas en el metabolismo del cafeto y contribuyen en el crecimiento y producción. Manejar adecuadamente la fertilización mejora las condiciones de resistencia de la planta a enfermedades. El requerimiento de la planta de café es mayor cuando manifiesta su máxima producción. La floración alta, es algo que el agricultor debe considerar para tomar decisiones de manejo del café. Es necesario realizar análisis de suelo, análisis foliar y adicionar materia orgánica desde la siembra, ya que mejora las condiciones físicas, químicas, biológicas del suelo. En Guatemala, existen recomendaciones con este objetivo de parte de ANACAFE y de empresas privadas así como también de las propias experiencias de los

agricultores. De esa manera, lo que se realiza es variable, incluyendo los agricultores que no aplican fertilizantes y del grupo de los agricultores que tienen producción de café orgánica.

El manejo de tejidos (podas) en el cultivo de café, es una práctica que estimula el crecimiento de tejido productivo de la planta y se elimina parte del inóculo de fitopatógenos que ocasionan enfermedades, también, tejido dañado y muerto por efecto de la Roya. Esta práctica debe ser planificada y realizada de acuerdo con la edad de la plantación, los registros de producción y sanidad de tejidos, entre otros. En el campo se observa que plantas jóvenes soportan más los daños ocasionados por la Roya, por lo que los agricultores deben de planificar la renovación de aquellas plantaciones de café con más de 20 años, ubicadas principalmente en áreas con mayor potencial de apareamiento de Roya. En Guatemala, los principales tipos de poda que se realizan son: recepa, esqueleteado, despunte y deshije. En los años 2010-2013, durante el mayor impacto de la Roya, se realizó recepa, esqueleteado y renovación de plantaciones. En plantaciones de café muy viejas (mayor de 25 años), hubo muerte de plantas y los agricultores tuvieron que renovar la plantación.

El control biológico es una práctica que ha venido creciendo en Guatemala en varios cultivos. Sin embargo, no se cuenta con experiencias comprobadas y eficientes para el caso de control de Roya del Cafeto. No obstante, es una opción que puede emplearse principalmente para los agricultores en producción orgánica. Se destaca el uso de *Bacillus subtilis*, una bacteria que es comercializada. *Verticillium hemileiae*, es un hongo hiperparásito del hongo que ocasiona la Roya del Cafeto, se encuentra de manera natural, puede multiplicarse *in vitro* y ser aplicado a las plantas. Aparece de manera tardía y abundante asociado a hojas parasitadas por Roya y no se observa en hojas sanas, motivo por el cual se dificulta su uso (Figura 5). El hongo *Trichoderma spp.*, en evaluaciones realizadas por técnicos de CEDICAFE, se recomienda para el control de varias enfermedades asociadas al café. El caldo de lombricompost, es bastante utilizado con doble objetivo, evita enfermedades y nutre las plantas de café.

VII. Perspectivas para la producción de café en Guatemala

Para el año 2013, de acuerdo a registros de ANACAFE, había alrededor de 90 000 agricultores productores de café, de los cuales el 98 % estaban produciendo en el sistema bajo sombra. El área cultivada estaba

alrededor de 287 588 ha. Las exportaciones de café desde el año 2000 hasta el 2013 han variado entre 4,9 y 3,0 millones de sacos de 60 kg y es una actividad importante en la economía de Guatemala. La sostenibilidad del café entendida como económica, social y ambiental, enfrenta desafíos coyunturales. El precio internacional del café fluctúa significativamente y ello desestimula y limita la inversión constante de los productores. A corto plazo, ante la presencia de la Roya del Cafeto, la protección se aprecia como algo inmediato, dada la disponibilidad de productos fungicidas muy efectivos, que obviamente deben ser adecuadamente aplicados y en las épocas oportunas. Los productores de café deberán considerar un buen manejo del cultivo. Pueden realizar renovación de las plantas envejecidas de sus plantaciones por variedades susceptibles con adecuado manejo de la enfermedad o sustituirlas por variedades resistentes a la Roya del Cafeto sin olvidar la calidad, aspecto importante que caracteriza el café de Guatemala. Esto y con precios que estimulen al agricultor, sin duda incrementará la producción a mediano plazo. Luego de la lección aprendida con el comportamiento epidémico de la Roya del Cafeto, los agricultores debido a la magnitud del problema, están receptivos a las nuevas tecnologías, ya sea a través del uso de nuevos fungicidas para la protección del follaje o la adopción de variedades resistentes. Pero ambas situaciones dependen de la capacidad de inversión de cada uno de ellos. Ante el problema de la Roya del Cafeto, en cada país, región o finca el agricultor debe hacer un análisis de la problemática y utilizar las tecnologías factibles de implementar.

Para enfrentar de manera objetiva y sostenible el problema de la Roya del Cafeto en Guatemala, el manejo debe ser integrado a partir de una abundante información epidemiológica. En cuanto al patógeno *H. vastatrix* que ocasiona la enfermedad, se debe estudiar más la biología bajo las condiciones de la caficultura del país. Algunas prácticas del manejo del cultivo deberán ser modificadas basadas en criterios técnicos. La variación intempestiva del ambiente, sin duda modificará el comportamiento de las plagas y enfermedades y la biología de los cafetos en la región tiene estudiarse. Por ello, la investigación debe basarse en epidemiología. La extensión es otro aspecto muy importante que deberá realizarse con la capacitación de los agricultores que están ansiosos de nuevas tecnologías y conocimientos. Para el logro de esos objetivos se requiere de la consolidación de la iniciativa privada, gobierno y universidades.

Análisis temporal de la Roya del Cafeto durante el año cafetalero 2009-2010 en plantaciones de café de Guatemala

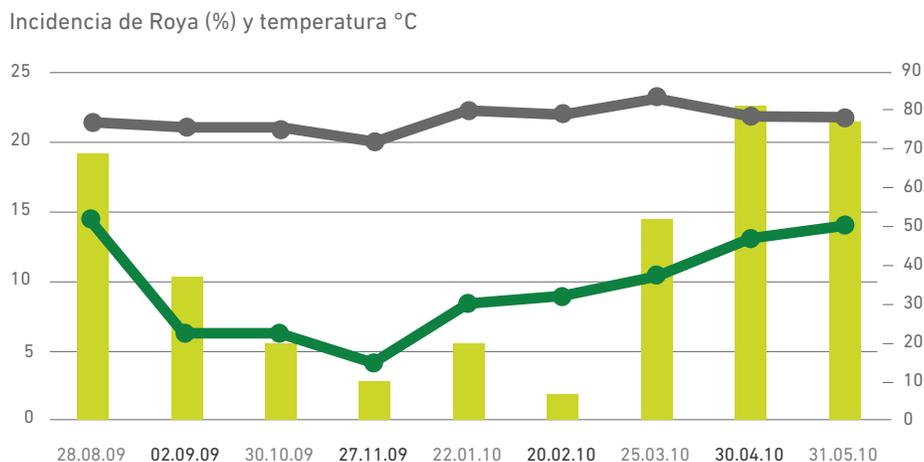


Figura 1. Localidad de El Palmar, Quetzaltenango, variedad Catimor, altitud 1185 m.

Progreso Roya del Café: Precipitación y fenología en Guatemala para 2009-2010

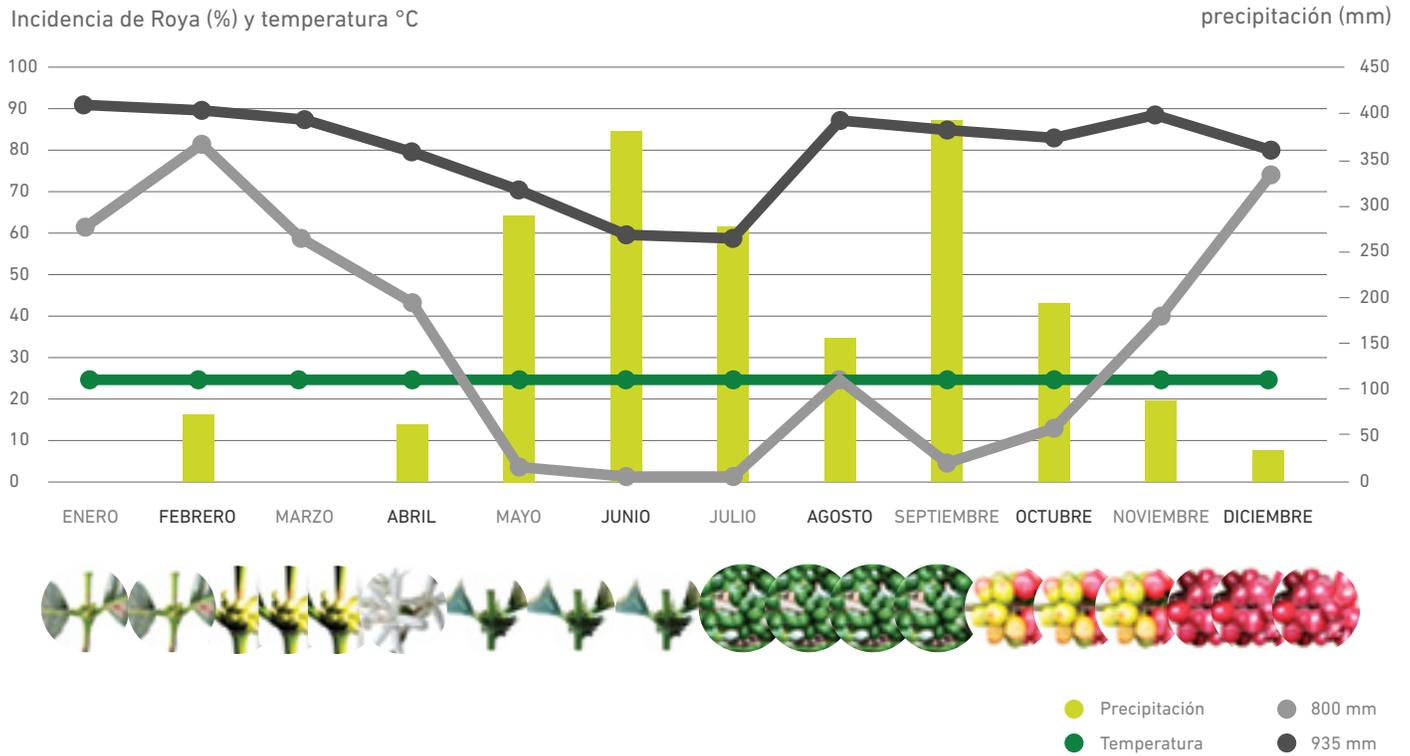


Figura 2. Comparación de la fenología del café y comportamiento de la Roya en dos localidades situadas en altitudes de 800 y 935.

Incidencia de Roya (%) y temperatura °C

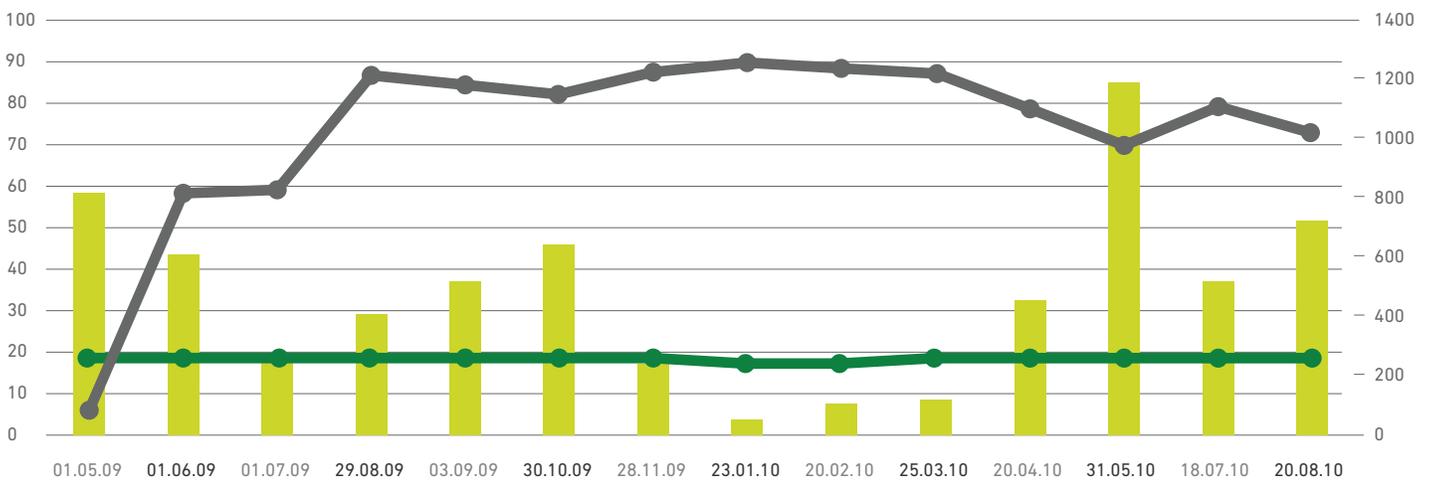


Figura 3. Samayac, Suchitepéquez, variedad Caturra, 800 m.

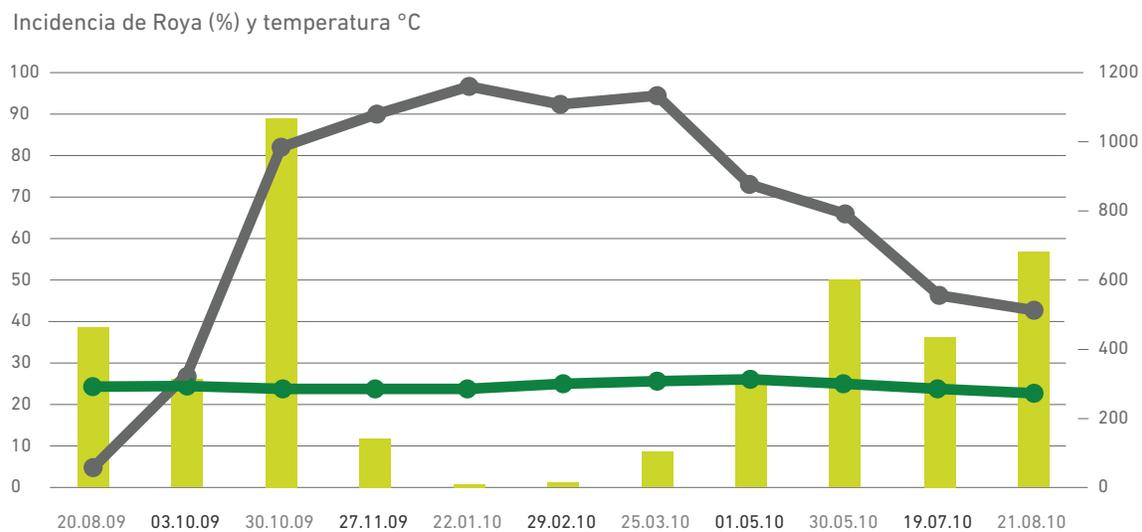


Figura 4. Coatepeque, Quetzaltenango, variedad Caturra, 536 m.



Figura 5. Vista general de plantaciones de café de las variedades Caturra (fotos a y b), Catuai y Bourbon (fotos c y d), que fueron atacadas en los años 2011-2013 durante la epidemia de Roya del Cafeto en Guatemala.



Figura 6. Sintomatología observada en variedades de café susceptibles en los años 2010-2012 durante la epidemia de la Roya del Cafeto en Guatemala. a) Sobrevivencia del hongo en hojas de un año para otro. b) Se muestra la abundante cantidad de uredosporas en las hojas (color naranja) c) Ataque de bacterias como consecuencia de heridas en la hoja y abundante precipitación. d) Hojas y frutos caídos. e y f) Daño en plantas, se observan ramas muertas.

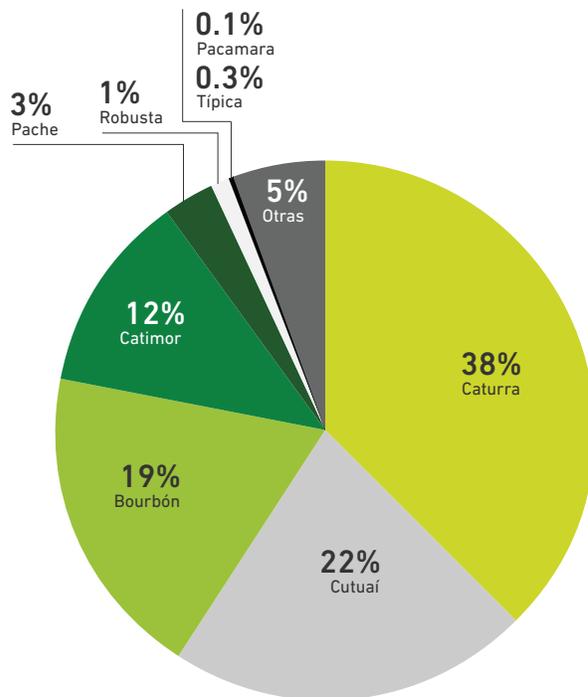


Figura 7. Principales variedades cultivadas en Guatemala durante la epidemia de Roya en Guatemala, 2010-2012. Fuente ANACAFE.

Promedio de soros parasitados / hoja

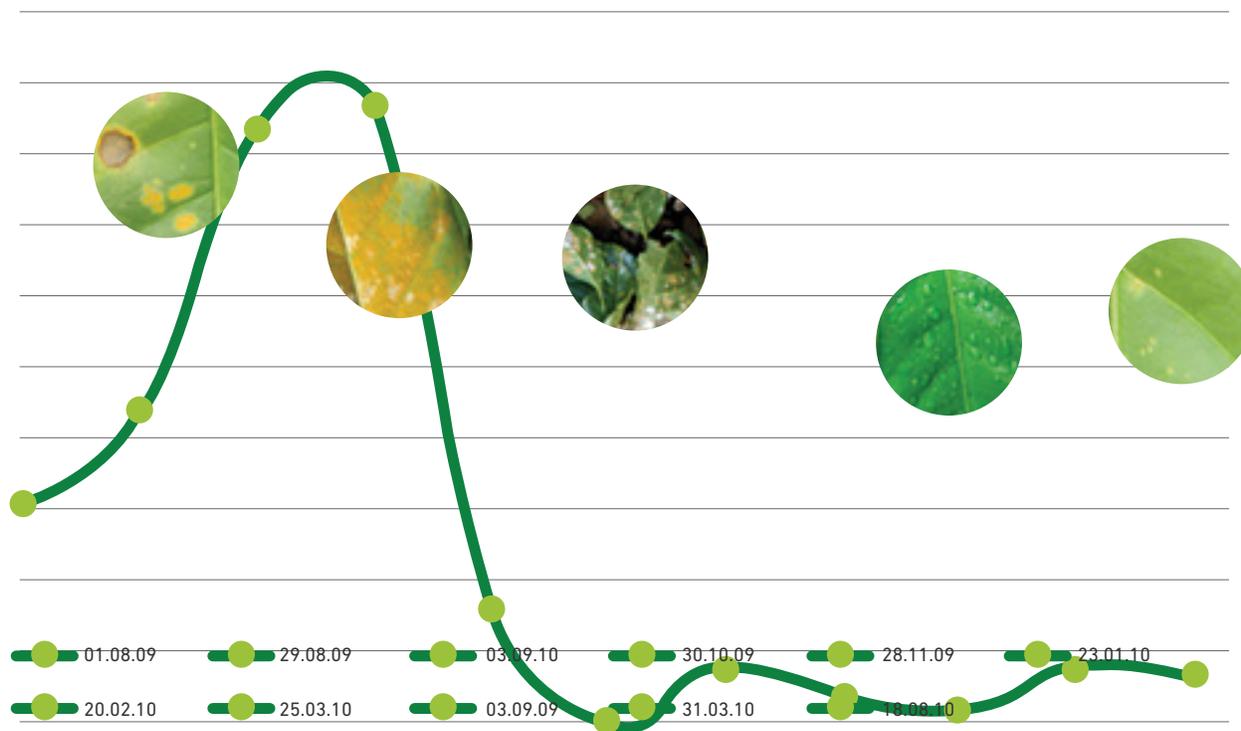


Figura 8. Comportamiento de *Verticillium hemileiae* hiperparásito de *Hemileia vastatrix*, en plantaciones de café en Guatemala.

Estrategia nacional de manejo de la Roya del Cafeto (*Hemileia vastatrix*) durante y después de la epidemia ocurrida en Honduras

Ángel Rafael Trejo Sosa

www.ihcafe.hn; Tegucigalpa, Honduras, C.A.

Programa de Manejo Integrado de Plagas.

Instituto Hondureño del Café. (IHCAFE).

atrejo@ihcafe.hn

angeltrejo@hotmail.es

Introducción

El cultivo de café en Honduras representa la esperanza campesina de desarrollo, ya que se estiman 400.000 Mz sembradas por 110.000 familias productoras de café las cuales generan un millón de empleos anuales, proporcionando divisas importantes en la cosecha 2011- 2012 participando con un PIB agrícola del 38,7 % y 5 % del PIB nacional y con 7,2 millones de sacos exportados. En Honduras el café está presente en 15 de los 18 departamentos del país, convirtiéndose Honduras en el primer exportador de Centro América (Fuente IHCAFE).

La Roya del Cafeto (*Hemileia vastatrix*) (*H.v*) en Honduras fue detectada en 1981. Con su llegada la Roya produjo una gran alarma nacional, con el temor lógico de la pérdida de la producción y por consiguiente del alimento y sustento de la familia durante el año. Desde el punto de vista del gobierno, significó la disminución de divisas y aumento de la pobreza en el área rural y una mayor migración del campo a la ciudad. Desde el punto de vista técnico no se conocía mucho de la enfermedad; biología, condiciones climáticas favorables, dispersión de la enfermedad, y condiciones de manejo para la reducción de poblaciones del hongo con prácticas agronómicas y el manejo de nutrición.

Afortunadamente los países del área de Centro América pronto reaccionaron ante la presencia de la Roya, a través de la creación del proyecto PROMECAFE en 1978. En aquel entonces denominado programa regional para la protección y modernización de la caficultura en Centro América y Panamá (Avelino y Rivas 2013).

Estos autores manifiestan que durante tres décadas Centro América logro convivir con la Roya anaranjada básicamente a través del uso de fungicidas y el uso de variedades resistentes (especialmente Honduras). De este modo en nuestro país y en nuestra caficultura la Roya era una plaga más con la que teníamos que convivir sin ningún control específico principalmente a alturas superiores a los 1 250 m.

Lo descrito anteriormente cambia drásticamente en el año 2012, cuando se detectan nuevos focos de infección, y comienza a desatarse una epidemia de Roya como nadie lo hubiese pensado. Con la epidemia el 25 % del parque cafetero nacional fue atacado por la Roya reduciendo en ese entonces la cosecha en 1 a 1,5 millones de quintales, de 150 a 200 millones de USD, para la cosecha 2012-2013 lo cual desencadenó una gran reducción de empleos directos e indirectos en el país (Fuente IHCAFE).

En esa problemática los técnicos del IHCAFE observaron que los factores climáticos asociados al deficiente manejo agronómico y a la presión de inóculo han proporcionado un alto porcentaje de infección de la Roya en nuestra caficultura. Se considera que la caficultura Hondureña, cuenta con un 40 % del área cultivada con variedades susceptibles a la enfermedad. Las estimaciones de la reducción de la cosecha manifestadas por los técnicos del IHCAFE en agosto del 2012 fueron de 400 000 quintales; para Enero del 2013 se estimaba en un millón de quintales. Se estimó que para Marzo del 2013 si no se implementaba una estrategia agresiva de manejo las pérdidas aumentarían significativamente para

la cosecha 2013-2014. El porcentaje de incidencia nacional en ese momento fue de 25 % con 20 manzanas reportadas como severamente afectadas que necesitaban renovación. Las 80 manzanas restantes se podrían recuperar con un buen manejo agronómico. Ante la problemática el departamento de investigación y desarrollo del Instituto Hondureño del café (IHCAFE) realiza una prospección en condiciones de campo en dos zonas cafetaleras del país para valoración de niveles de incidencia de *H.v.* Esas zonas fueron: Peña Blanca, Departamento de Cortes y Márcala Departamento de la Paz (Figura 1 y 2).

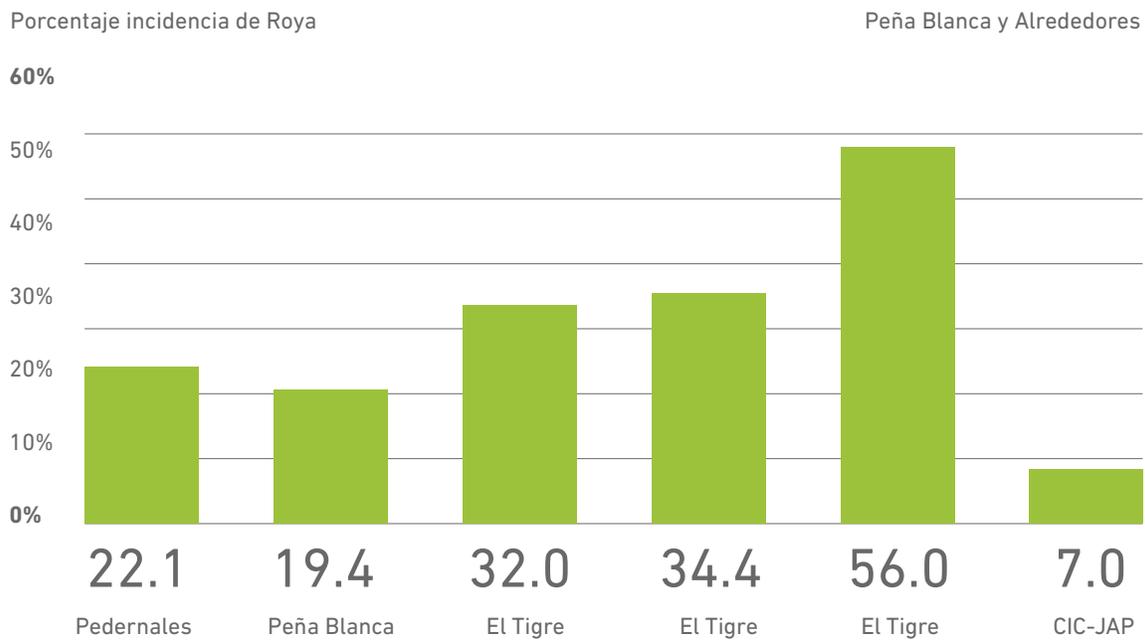


Figura 1

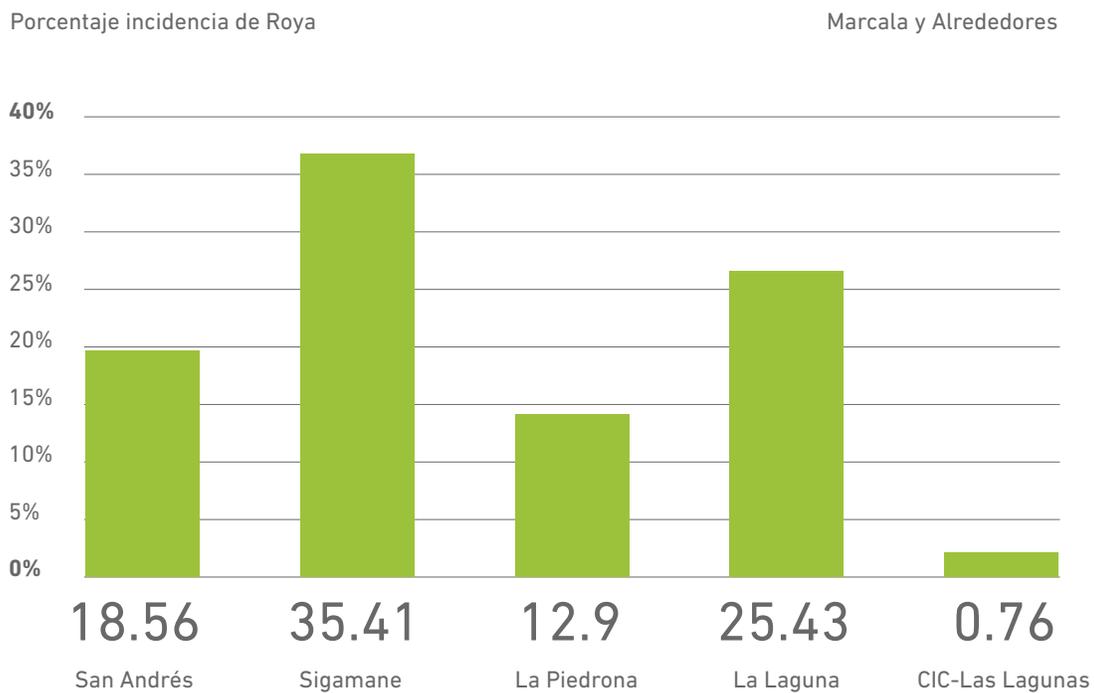


Figura 2

Las Figuras muestran diferencias en incidencia al comparar las fincas de productores de café con plantaciones de los centros de investigación del IHCAFE, con 22,1 % para Pedernales, 19,4 % para Peña Blanca y 40,8 % en promedio para tres fincas visitadas del Tigre, comparadas con un muestreo en fincas del Centro de investigación que el IHCAFE tiene en la zona que registró un 7,0 % de incidencia de *H.v.* Estas zonas muestreadas se encuentran entre 650 a 850 msnm. En la zona de Márcalas con alturas comprendidas entre 1 300 y 1 500 m, se observó el mismo comportamiento para San Andrés 18,56 %; Siga Mane 35,41%; la Piedrona 12,9 %; La Laguna 25,43 % y el Centro de investigación que el IHCAFE tiene en la zona con un 0,76 % de incidencia de la enfermedad (Fuente IHCAFE).

En conclusión las gráficas muestran una alta incidencia en fincas de productores de café correlacionada con el tipo de manejo agronómico encontrado. Fincas que realizan su primera fertilización en el mes de octubre (sin ningún análisis de suelo), que normalmente no realizan regulación de sombra ni manejo de tejidos

al cafetal, sumado a las condiciones climáticas favorables, alta carga fructífera, y abundancia de inoculo, concuerdan con lo manifestado por Avelino, 2002 comparadas con fincas ubicadas a una misma altura que presentaron diferentes niveles de afección de *H.v.*

La Roya sobrevive principalmente en tejido vivo quedando siempre en hojas viejas infectadas que al inicio de las primeras lluvias, normalmente en junio, se activa el inoculo residual y se inicia la nueva epidemia (Figura 3).

En el fragor de la batalla con la epidemia el IHCAFE propuso las siguientes estrategias de control de *Hemileia Vastatrix* a corto, mediano y largo plazo.

Curva de desarrollo de la enfermedad (sin control)

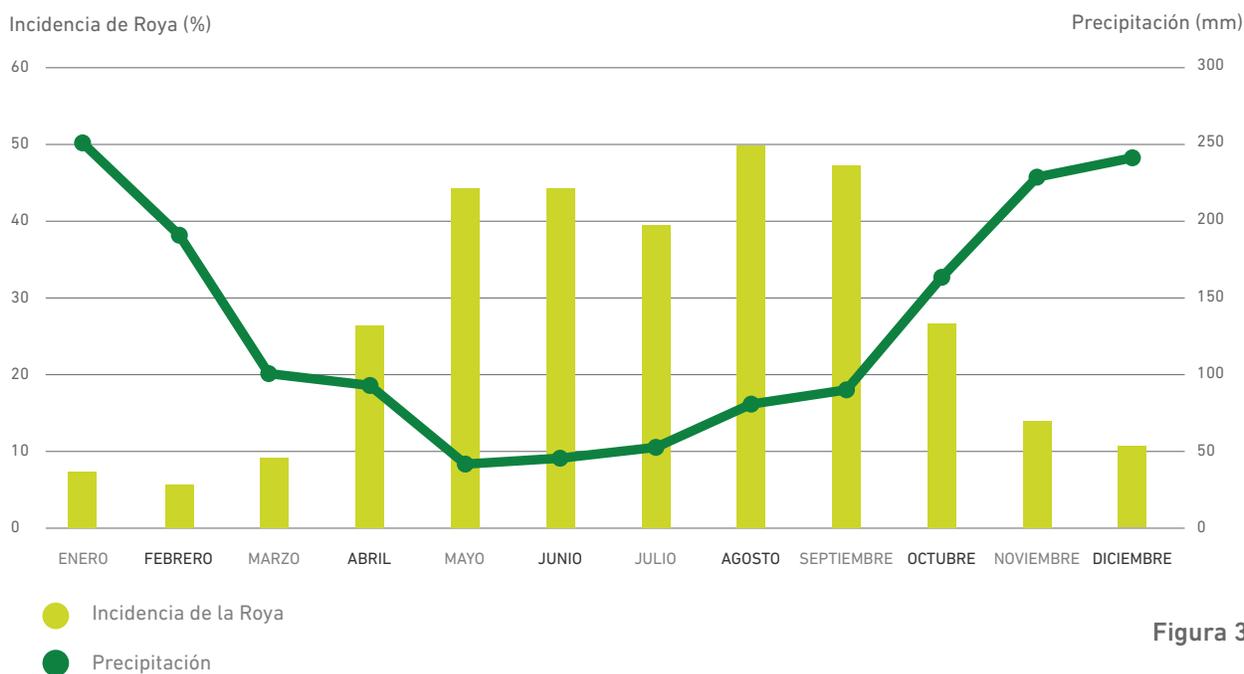


Figura 3

Estrategias de control de *H.v* a corto plazo

Conformación de equipo técnico interinstitucional, homologación de criterios técnicos, acercamiento con proveedores de insumos, taller de levantamiento de diagnóstico regional, adquisición de insumos y equipos, estructuración de la campaña de manejo y control de Roya con la ayuda de expertos internacionales, la cual incluye:

Campaña de educación masiva, por todos los medios de comunicación referente al manejo integrado del cultivo en los siguientes temas: manejo de tejidos; regulación de sombra; aplicación de fungicidas; fertilización; control de malezas; prácticas para el control de otras plagas; identificación de las fuentes de financiamiento al productor para la realización de actividades de mediano y largo plazo; coordinación con las organizaciones gremiales a nivel departamental, municipal y aldeas con el propósito de conformar los comités para el combate de la Roya y análisis de la situación financiera de los productores y reuniones con el sistema financiero nacional. Para atender las acciones de corto plazo se utilizaron fondos generados por IHCAFE, OIRSA, SENASA, o a través del fidecomiso del café.

Estrategias de control de *H.v* a mediano y largo plazo

Desarrollo e implementación de modelos de predicción, tecnificación del parque cafetalero de variedades susceptibles promoviendo nueva cultura de cultivo; programa de renovación del parque cafetalero nacional severamente afectado por la Roya o que ya ha cumplido su ciclo de vida; especialización del recurso humano del IHCAFE; investigación validación y transferencia de tecnología para el manejo del cultivo; diagnóstico nacional de incidencia de áreas vulnerables al ataque de *H.v.* en fincas productoras de café en Honduras.

El combate de la Roya se estructuró a través del Manejo integrado según la época fenológica del cultivo. Marzo-Abril prefloración (regulación de sombra, manejo de tejidos, fertilización foliar a base de boro y zinc). Mayo pos floración (fertilización foliar a base de boro, zinc y calcio, más un fungicida sistémico). Junio (aplicación foliar con un fungicida a base de cobre, y primera fertilización granular al suelo). Julio (fertilización foliar a base de potasio para llenado de fruto, más un fungicida sistémico). Junio, Agosto, Octubre (fertilización granular al suelo una

en cada mes). En conclusión: Los factores climáticos favorecen la agresividad de la Roya del Cafeto. Las adecuadas prácticas agronómicas mantienen baja incidencia e infección de la enfermedad. La Roya es una enfermedad que se puede combatir teniendo rentabilidad del cultivo. Es necesario implementar un programa fitosanitario para plagas y enfermedades aplicando prácticas de manejo integrado con criterios de producción limpia y sostenible. La solución no está en cambiar la variedad del café si no en cambiar la actitud de manejo del cultivo.

A través de reuniones sostenidas los países que conforman PROMECAFE acuerdan implementar un sistema de monitoreo de alerta temprana que esté disponible para todos los países que lo conforman. En tal sentido el IHCAFE en conjunto con OIRSA, INFOAGRO y SMN comienzan la estrategia en Honduras, la cual consiste en que durante una semana (última semana del mes) el departamento técnico de extensión cafetalera visita y muestrea para levantamiento de información un promedio de 1000 fincas en los 15 departamentos productores de café. Estos datos son enviados a una plataforma de información la cual es procesada, y analizada por un comité de personas conformado por las organizaciones antes mencionadas generando un boletín informativo mensual. Dentro de este mismo esquema el departamento de investigación y desarrollo realiza lecturas de incidencia y severidad de Roya en cinco parcelas por cada zona de investigación las cuales están ubicadas en: Centro experimental la Fe; Centro experimental Las Lagunas; Centro experimental corquin copan; Centro experimental Linderos, S.B; Centro experimental Campamento, Olancho. Zona de investigación del Paraíso.

Estrategias para la implementación de un sistema de alerta temprana para la Roya del Cafeto en Honduras

Características generales del evaluador

Conocimiento de la Roya del Cafeto. Con disponibilidad de tiempo para efectuar los muestreos en campo. Facilidad para comunicarse. Haber realizado al menos un ejercicio de conocimiento del método de Muestreo actual o de métodos anteriores. Habilidad para manejar equipo de telefonía móvil o dispositivo electrónico para la transmisión de los datos en tiempo real. Dispuesto a la retroalimentación y análisis de la información colectada. Capacidad para atender recomendaciones por parte de los encargados

de dirigir el muestreo a nivel regional o nacional. Comprometido con los programas del control de la Roya.

Descripción del Método de muestreo de la Roya del Cafeto (30Árboles/2 bandolas por árbol/1 hectárea)

El método de muestreo (en un lote igual o menor de una hectárea seleccionado de manera aleatoria de una base de datos de fincas y/o lotes sembrados con café en una región o país), para evaluar la incidencia de la Roya del Cafeto que alimente un Sistema de Alerta Temprana – SAT, se describe a continuación:

1. El responsable de tomar la información en campo (realizar el muestreo de incidencia de Roya) debe ubicarse en el primer surco del lote seleccionado y allí escoger un árbol (árbol uno). En este árbol se escogen dos ramas opuestas del tercio medio-superior con mayor follaje y en estas ramas se cuenta el número total de hojas y el número de estas afectadas por la Roya.
2. El evaluador debe continuar recorriendo el área del lote entre surcos, y en cada surco debe seleccionar un árbol hasta completar 30 árboles por lote, recorriendo todos los surcos.
3. En el caso de que el lote tenga menos de 30 surcos, evaluará en algunos de ellos, dos árboles por surco hasta completar los 30 árboles.
4. En el caso de que el lote tenga más de 30 surcos, en algunos casos deberá evaluar un árbol cada dos surcos

Criterios para selección de parcelas

No elegibles: Plantaciones mayores de 20 años y afectados por Roya. Plantaciones menores de 20 años y afectadas severamente por Roya. Criterios de evaluación en variedades susceptibles.

En variedades susceptibles: cualquier hoja que presente una expresión clásica de Roya (pústula clorótica sin esporulación) y que pueda observarse con facilidad no a tras luz, a partir de esta expresión se debe considerar como hoja con Roya.

En variedades resistentes: Solamente se considerara una hoja con Roya en las cuales el hongo haya esporulado. Para no especular de no ser así se toma como hoja sana.

Se contempló la realización de una caracterización del productor de café. Categoría 1: solamente realiza control de malezas en su finca; categoría 2: controla malezas y realiza una fertilización; categoría 3: controla malezas, realiza una o dos fertilizaciones y realiza podas en la finca; categoría 4: controla malezas y realiza más de dos fertilizaciones, aplica fungicidas y/o foliares y realiza podas.

Aspectos importantes que ha permitido la implementación del sistema de alerta temprana

El sistema ha permitido identificar los puntos calientes del ataque de la Roya. Permitted establecer estrategias de manejo (renovación) en las diferentes zonas del país. Cada localidad debe ser considerada como un caso individual. Realizar enfoques epidemiológicos (variedades de café, clima, patógeno, manejo, altitud, etc.). Indispensable considerar la carga fructífera desde la floración del café. Nutrición adecuada a través de análisis de suelo. Planificación de nuevas plantaciones con variedades de café resistentes a la Roya y fundamental el registro de variables meteorológicas, en fincas de agricultores que ayude a comprender la enfermedad.

Agradecimiento

El autor expresa su sincero agradecimiento al Instituto Hondureño del Café que a través de la gerencia técnica ha apoyado todas las actividades de investigación y de campo presentadas en este documento, ya que en el tiempo de la epidemia no pertenecía al equipo técnico del IHCAFE.

Referencias bibliográficas

AVELINO, J.; RIVAS, G. 2013. *La Roya anaranjada del Cafeto. Versión electrónica n. 1 del 03/12/2013.* 47p.

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2013. *Presentación La Roya del Cafeto (Hemileia Vastatrix). Gerencia Técnica, Departamento de Investigación, Tegucigalpa, M.D.C. 32 diapositivas.*

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2013. *Presentación Casa Presidencial, Gerencia Técnica, Departamento de Investigación, Tegucigalpa, M.D.C. 38 diapositivas.*

IHCAFE, OIRSA, INFOAGRO, SMN. 2014. *Manual del evaluador sistema de alerta temprana SAT. Para la Roya del Cafeto. Tegucigalpa, M.D.C. 7p.*

Control Biotecnológico de la Roya del Cafeto, una alternativa viable en el control de la enfermedad

José Manuel Narváez M.

Empresa Azul Natural

química@naturalmentepuresa.com

Resumen

Se presentan las posibilidades de los productos biológicos para el control de la Roya del Cafeto. Se resaltan las diferencias que existen entre ellos y se muestran algunos resultados relacionados con el uso de organismos como *Lecanicillium lacanii* y *Mycodiplosis spp* contra *Hemileia vastatrix*.

Una colecta en condiciones de campo se ha realizado con el fin de encontrar microorganismos aislados de hojas de diferentes plantas de café sin ningún tratamiento con presencia de Roya. Se presenta la ruta crítica que deben tener los productos biotecnológicos para lograr aislar, formular y evaluar los ingredientes activos que se consideren promisorios contra organismos patógenos.

A partir de estudios realizados por otros autores (Mazzid and Mohammad, 2011) se han encontrado una serie de productos químicos con un potencial alto desde el punto de vista fungistático contra la Roya como el Acido Lowdénico, policétido fungicida (Angawi et al., 2003).

De cuatro levaduras que fueron aisladas con fines de biocontrol contra la Roya se obtuvo la producción de ácidos carboxílicos (ácido acético, acetato de metilo, ácido nonadecaónico y ester hexadecan-12-enoato de acetilo (formulación comercial DR-43) con posibilidades de ser usados contra la Roya.

En dos fincas situadas en los municipios de Tapachula y Huehuetán (fincas Maravillas y Cantón Búcaro) se realizó la efectividad biológica en un cultivo de café arábico variedad Borbón durante un periodo de evaluación de 42 días. Por tratamiento se utilizaron 10 plantas, 20 hojas por planta, 4 repeticiones (800 datos). Los tratamientos fueron agua, el ácido carboxílico y el oxiclورو de cobre. Los resultados mostraron diferencias muy significativas contra

el testigo absoluto y el Oxiclورو de cobre a favor del control contra la Roya con el producto DR-43 realizando 3-4 aplicaciones cada 15 días a una dosis de 1,5 l/ha. Este producto es aceptado por la caficultura orgánica.

En cinco procesos relacionados con el desarrollo del hongo *Hemileia vastatrix* se considera que intervienen estos ácidos carboxílicos: Inhibición del proceso de respiración; Interferencia de los procesos de obtención de energía; Inducción de la ruptura de la membrana; Inhibición de la captura de nutrientes e Inhibición de formación de membrana.

Se realizó la determinación de la viabilidad de las esporas con LIVE/DEAD®*BacLight*™ Bacterial Viability, así como también la forma de determinar el daño celular a través de microscopia de fluorescencia (kit Live/DEAD).

En el año 2010 se publicó en el Journal Antimicrob Chemother el efecto que la Polimixina B en combinación con el fluconazole ejerció contra esporas de *Hemileia vastatrix*.

Estas comparaciones de manera *in vitro* también se han realizado con el Oxiclورو de cobre, el Cyproconazole y el Verdadero 600 WG.

En condiciones de campo se ha realizado colecta de esporas de 3 replicas biológicas (plantas) tratadas con DR-43 en dosis baja, media y alta apreciándose muestras de esporas con daño (rojas) en mayor medida que las esporas colectadas con tratamiento de Oxiclورو de cobre, Ciproconazole y Verdadero 600 WG.

Finalmente un estudio en el control de la Roya se realizó en los estados de Chiapas, Puebla y Veracruz

el cual buscaba establecer una estrategia de Innovación, Transferencia y Desarrollo Tecnológico Nacional para la Prevención y Control de la Roya del Cafeto, sin afectar el entorno agroecológico de los sistemas cafetaleros del campo mexicano.

Los resultados más sobresalientes de este estudio fueron:

- DR43 es un producto biotecnológico formulado a partir de la mezcla de 4 ácidos carboxílicos.
- DR43 desplegó efecto fungicida frente al desarrollo de *Hemileia vastatrix*.
- El programa 2013 permitió establecer la bioactividad de DR43 en 68 000 ha.
- Las zonas donde se aplicó el producto biotecnológico DR43 actualmente tienen menor desarrollo del hongo que donde no se aplicó.
- DR43 es un producto con registro orgánico.
- DR43 no posee efecto frente a hongos y bacterias benéficas
- DR43 es inocuo frente a mamíferos, aves y peces.

Observaciones teóricas de la dinámica espacial de la Roya del Cafeto

John Vandermeer

Universidad de Michigan. Ann Arbor, Michigan, USA

jvander@umich.edu

La escala espacial de la Roya del Cafeto

Teniendo en cuenta la dispersión a larga distancia por el viento, la dispersión local al tacto y salpicaduras, y las características socio-políticas esenciales incluidas las fuerzas económicas y políticas que causa la caficultura a cualquiera, ya sea para emprender o estar abandonado en toda una región, Vandermeer y Rohani (2014) desarrollaron un modelo de campo medio (mean field) de la enfermedad. Su modelo se formula como un sistema con dos variables, x = la proporción de plantas de café en una finca particular, que están infectadas con la enfermedad y y = la proporción de fincas que están infectadas en toda la región. Suponiendo que la dispersión de las esporas es extensa en la zona (Schieber, 1972) uno de los componentes de la dispersión a nivel local es considerada como la lluvia de propágulos. La tasa de infección generalizada a nivel regional se supone que es proporcional a la intensidad media de infección a nivel local.

Con estos supuestos el modelo simple es;

$$\frac{dx}{dt} = ay(1-x) + mx(1-x) - ex$$

Figura 1a

$$\frac{dy}{dt} = M(nx)y(1-y) - E(p+nx)y$$

Figura 1b

Donde a : Es la tasa de lluvia de propágulos; m : Es la tasa de infección de cafeto a cafeto y e : Es la tasa

de recuperación a nivel de arbusto; M : Es la tasa de infección a nivel regional (la velocidad a la que las nuevas fincas se infectan); n : Es un factor de escala para convertir la infección media por explotación en una disponibilidad total de esporas; E : Es la tasa de extinción del enfermedad de las fincas donde E_p es la tasa de extinción de la enfermedad independiente de ella misma (la enfermedad, debido a factores ecológicos sociopolíticos o locales, por ejemplo, es razonable esperar que los agricultores abandonen el cultivo del café, cuando los precios del mercado están disminuyendo, o si alguna otra plaga en el sistema se vuelve importante, o si los acontecimientos políticos crean inseguridad) y E_{nx} : Es la tasa de extinción debido a la intensidad de la enfermedad en la región.

El modelo tiene una dinámica sencilla pero instructiva, generando tres casos cualitativamente distintos, como se ilustra en la figura 1.

El paso de un control completo y automático de la enfermedad (Figura 1a) a la posibilidad de control (figura 1b) es, formalmente, un punto de bifurcación, en la que los puntos de equilibrio alternativos surgen "de la nada" (y por lo tanto la denominación azul cielo bifurcación). El cambio repentino de la posibilidad de control (Figura 1B) para ninguna posibilidad de control (Figura 2C) es, evidentemente, el punto en el que,

$$\frac{p}{n} \left(\frac{E}{M-E} \right) < 1 - \frac{e}{m}$$

Figura 2

Como se describe en detalle en Vandermeer y Rohani (2014).

La generalización cualitativa, evidente en la Figura 1, es que hay un potencial para el comportamiento de tipo "punto crítico" (tipping point). Varios parámetros (por ejemplo, véase la ecuación 2), permite un cambio de 1) sin posibilidad de la enfermedad a convertirse en epidemia (Figura 1a), a un punto de inflexión en el que la enfermedad está bien controlada o no, dependiendo de las condiciones iniciales (Figura 1b), a otro tipo de punto de inflexión en el que la enfermedad no se puede controlar en absoluto (Figura 1c). En particular, dos parámetros son particularmente relevantes; m: La tasa de infección de cafeto a cafeto, y M: La tasa de infección regional (la velocidad a la que los nuevos fincas se infectan. Ambos parámetros están probablemente relacionados con la cantidad de viento ya sea dentro de la granja (por m) o en la región en general (para M). En un estudio de paisaje importante, Avelino y colaboradores (2012), trabajando en Costa Rica, encontraron una fuerte correlación entre la cantidad de pastos en las proximidades de un finca de café y la incidencia de la Roya del Cafeto en el mismo lugar (año 2009, es decir, antes de la reciente epidemia de la Roya en la zona). Tal una variable paisaje lo más probable es estar relacionado con el parámetro M y apoya la conclusión general del modelo.

Enemigos naturales del hongo de la Roya del Cafeto

Hay una relación bien conocida entre el hongo de halo blanco *Lecanicillium lecanii* y la escama de café verde, *Coccus viridis* (Roditakis et al., 2000). Sorprendentemente este hongo también es un micoparásito sobre la Roya del Cafeto (Easwaramoorthy, 1978; Reddy y Bhat., 1989; Jackson et al, 2009-2012; Shaw, 1988; Eskes, 1989). La relación entre *L. lecanii* y *C. viridis* proporciona una correlación espacial esperada que se puede utilizar para explorar su efecto sobre la Roya del Cafeto. De hecho, la dinámica de estos dos hongos pueden ser cualitativamente contemplada dentro de las características claves de ese sistema más grande, una formulación que conduce a un marco de modelado sencillo (Vandermeer et al., 2014). La formulación asume en primer lugar, que la escama de café verde actúa como si fuera un refugio para el hongo de halo blanco, y segundo, que el hongo de la Roya es atacado por el hongo de halo blanco, el último de los cuales gana energía de ataque. La estructura cualitativa generalizada incluye un mutualismo hormiga / escama (con todos los demás elementos asociados - Vandermeer et al, 2010), que proporciona un contexto ambiental en el que la dinámica entre los dos hongos opera. Se espera que otros hongos de acción

hiperparasítica también tendrán ya sea hospederos alternativos o refugios ambientales, de tal manera que se aplica la estructura básica de un recurso fijo (el anfitrión o refugio alternativo) y un recurso variable (Vandermeer y King, 2010). El hongo micoparasítico, *L. lecanii*, se vuelve dramáticamente epizootia como un entomopatógeno cuando las escamas *C. viridis*, están en alta densidad local (Jackson et al., 2012). Una vez establecida, una densidad dada de estos insectos a escala como si se tratara de un recurso fijo (Vandermeer y King, 2010) desde el punto de vista de entomopatógeno/micoparasítico *L. lecanii*. Por lo tanto, la escama, como huésped del hongo *L. lecanii*, proporciona una base fundamental que le permite suministrar esporas a este hongo en el medio ambiente, es decir, la densidad del insecto escama es en parte responsable de establecer la capacidad de carga del hongo *L. lecanii*. Así, el "depredador" se enmarca como restringido por una cierta capacidad de carga fija independiente de su "presa", con consecuencias dinámicas un tanto sorprendentes.

Este marco básico conduce a un modelo de juguete sencillo, con las variables L (para *Lecanicillium*) y H (por *Hemileia*),

$$\frac{dL}{dt} = caHL \left[\frac{K_c - L}{K_c} \right] - mL$$

Figura 3a

$$\frac{dH}{dt} = rH \left[1 - H \right] - aHL \left[\frac{K_c - L}{K_c} \right]$$

Figura 3b

Donde K_c : Es la capacidad de carga de *L. lecanii*; a: Es la tasa de ataque de *L. lecanii*; m: Es la tasa de mortalidad independiente de *L. lecanii* (o alguna otra especie o grupo de especies, de micoparásito); r: Es la intrínseca tasa de crecimiento de *H. vastatrix*, y C: Es la eficiencia de conversión de *H. vastatrix* a micoparásito. Condiciones de estabilidad, determinados por la extracción de los valores propios de cada punto de equilibrio, dan lugar a cuatro resultados cualitativamente distintos (Vandermeer et al, 2014; Vandermeer y King, 2010), representados en la Figura 2.

El modelo sugiere que hay situaciones en las que la Roya puede estar continuamente bajo control (Figura 2b), y otras situaciones en las que el control se efectuará siempre y cuando las fuerzas estocásticas no sean demasiado grandes (Figura 2c). Con grandes fuerzas es fácil imaginar una trayectoria inicialmente por debajo de la separatriz (Figura 2c) pero de repente salta, debido a la fuerza estocástica, por encima de la separatriz, en cuyo caso la Roya se convertirá en un problema para el resto del año, por lo menos. Otros cambios en los parámetros pueden conducir a la epidemia de la Roya, ya sea completa (Figura 2a) o parcial (Figura 2d).

Aunque este modelo fue motivado específicamente para *L. lecanii* y su influencia en la Roya, la literatura informa de no menos de 10 "especies" de hongos que atacan a la Roya del Cafeto (Vandermeer et al.,

2014). En las encuestas preliminares en México y Puerto Rico se han encontrado hasta 100 especies de hongos que crecen directamente sobre lesiones de la Roya del Cafeto, al menos 13 de los cuales son micoparásitos conocidos (James et al., 2014). Indudablemente existen especies micoparasíticas distintas de *L. lecanii* que pueden desempeñar un papel importante como agentes de control biológico. Es solamente la relación especial que *L. lecanii* tiene con hormigas y hemípteros, creando unos patrones espaciales específicos que han permitido encontrar evidencias de un micoparasitismo eficaz con esta especie. Si el marco teórico propuesto es aplicar a las otras especies (o al conjunto de micoparásitos), es imprescindible que esas otras especies también tengan algún refugio que permita crear una capacidad de carga independiente de la propia Roya.

Referencias bibliográficas

AVELINO, J., A.; et al. 2012. *Landscape context and scale differentially impact coffee leaf rust, coffee berry borer, and coffee root-knot nematodes.* *Ecol. Applications* 22:584-596., *Easwaramoorthy, 1978;*

ESKES, A., B. 1989. *Natural enemies and biological control.* In: *Kushalappa, AC and A. B. Eskes (eds), Coffee Rust: Epidemiology, Resistance, and Management, Boca Raton, FL CRC Press, 162-168.*

JACKSON, D., J.; SKILLMAN and J. VANDERMEER. 2012. *Indirect biological control of the coffee leaf rust, Hemileia vastratrix, by the entomogenous fungus Lecanicillium lecanii in a complex coffee agroecosystem.* *Biological Control*, 61:89-97.

JACKSON, D., J.; VANDERMEER and I. PERFECTO. 2009. *Spatial and temporal dynamics of a fungal pathogen promote pattern formation in a tropical agroecosystem.* *The Open Ecology Journal* 2:62-73.

REDDY, K., B.; and P. K. BHAT. 1989. *Effect of relative humidity and temperature on the biotic agents of green coffee scale Coccus iridis (Green).* *J. of Coffee Research* 19:82-87.

RODITAKIS, E., I.; COUZIN, K.; BALROW, N.; FRANKS. 2000. *Improving secondary pick up of insect fungal pathogen conidia by manipulating host behavior.* *Annals of Applied Biology* 137:329-335.

SCHIEBER, E. 1972. *Economic impact of coffee rust in Latin America.* *Ann. Rev. Phytopathology* 10:491-510.

SHAW, D., E. 1988. *Verticillium lecanii a hyperparasite on the coffee rust pathogen in Papua New Guinea.* *Australasian Plant Pathology* 17:2-3.

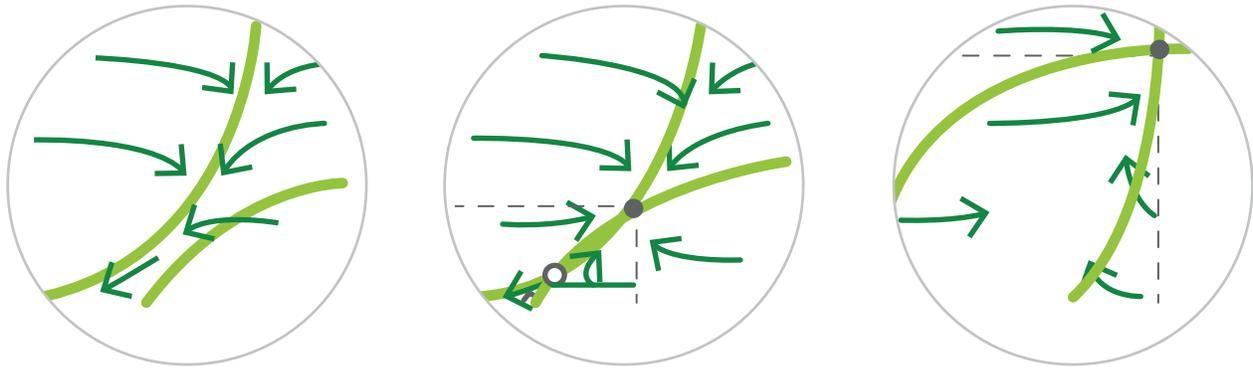
VANDERMEER, J., I.; PERFECTO and S. PHILPOTT. 2010. *Ecological complexity and pest control in organic coffee production: Uncovering an autonomous ecosystem service.* *BioScience* 60:527-537.

VANDERMEER, J., D.; JACKSON and I. PERFECTO. 2014. *Qualitative dynamics of the coffee rust epidemic: Educating the intuition with theoretical ecology.* *BioScience*, 64:210-218.

VANDERMEER, J. and A. KING. 2010. *Consequential classes of resources: Subtle global bifurcation with dramatic ecological consequences in a simple population model.* *J. Theor. Biol.* 263:237-241.

VANDERMEER, J.; and P. ROHANI. 2014. *The interaction of regional and local in the dynamics of the coffee rust disease.* <http://arxiv.org/abs/1407.8247>

Proportion of farms infected in the region



Average proportion of coffee bushes infected

Figura 1

Comportamiento del modelo (ecuaciones 1^a y b, Vandermeer y Rohani, 2014) en los conjuntos de parámetros alternativos. Curvas rojas en negrilla son los isóclinas netas de crecimiento cero, curvas suaves son distintos que ilustran la dinámica general. Círculo negro indica nodo estable, círculo abierto indica el punto inestable (de silla de montar—saddle point), líneas de puntos (horizontales y verticales) posición de equilibrio estable en cada eje indicar. Parámetros aquí elegidos para ilustrar equilibrios alternativa y el origen (o decaimiento) de la enfermedad. a) la enfermedad se mantiene bajo control, no importa donde se inició. Los valores de parámetros son $a = 1$, $m = 0,35$; $e = 0,45$, $M = 0,35$; $n = 1$; $E = 0,1$ y $p = 1$. b) Con posterioridad a un cielo azul bifurcación en la que se crean dos puntos de equilibrio (una silla de montar y un nodo estable), en el que la enfermedad se puede mantener bajo control el tiempo que comienza en un modo de baja, pero hay un punto de inflexión a partir del cual la enfermedad se vuelve epizootia. Los valores de parámetros son $a = 1$, $m = 0,6$; $e = 0,5$, $M = 0,4$; $n = 1$; $E = 0,1$ y $p = 1$. c) La situación en la que la enfermedad será epidemia en todas las condiciones iniciales. Los valores de parámetros son $a = 1$, $m = 0,5$; $e = 0,2$, $M = 1$; $n = 1$; $E = 0,1$ y $p = 1$.

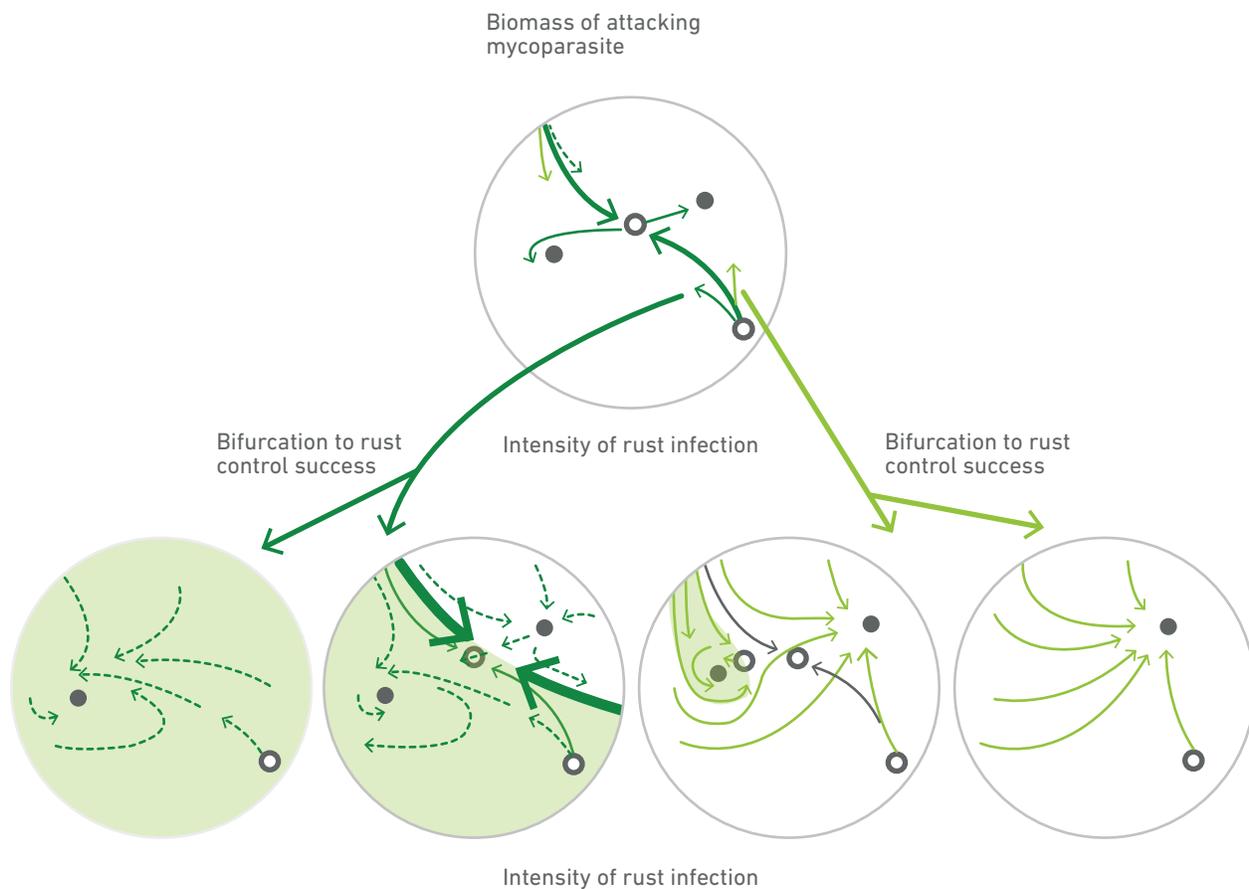


Figura 2

Bifurcación crítica que lleva a controlar o falla en el control de la Roya del Cafeto a través del ataque del micoparásito (control indicado por bajo valor de equilibrio de la Roya, la falta de control por parte de un alto valor de equilibrio de Roya). Las áreas sombreadas representan la cuenca de atracción de la situación falla en el control. Flechas negras discontinuas indican trayectorias del sistema después de la bifurcación de control; flechas rojas continuas indican trayectorias del sistema después de bifurcación a una relativa falta de control. a: La situación estructuralmente inestable en el que el control se lleva a cabo o no dependiendo de las condiciones iniciales. b: Situación extrema de control de la Roya completa en todas las circunstancias. c: Después de la bifurcación a la situación de control de la Roya. Tenga en cuenta que mientras el sistema se inicia en valores relativamente bajos de tanto agente de control de plagas y, la Roya siempre se mantiene bajo control, aunque las fluctuaciones estocásticas podrían empujar teóricamente el sistema en la cuenca incontrolada. d: Después de bifurcación a la situación Roya incontrolada. Casi todos los puntos de la iniciación del resultado del sistema es una falta de control, aunque existe una relativamente pequeña cuenca oscilatorio de atracción con control (zona de sombra). e: Situación extrema de la epidemia de la Roya de todos los puntos de iniciación. El conmutador de C a D está condicionada por los aumentos en los parámetros a , K y M , o disminuye en r o c (para mayor discusión, Vandermeer et al. 2014 o Vandermeer y King, 2010).

Microbiomas y Control Biológico como alternativa de manejo de la Roya Anaranjada del Cafeto

Luis C. Mejía^{1,2}

¹Centro de Biología Celular y Molecular de Enfermedades, Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología (INDICASAT AIP), Edificio 219, Ciudad del Saber, Apartado 0843-01103 Panamá, República de Panamá.

²Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá, República de Panamá, Apartado 0843-03092 Balboa, Ancón, República de Panamá. lmejia@indicasat.org.pa

Introducción

El café es el segundo producto comercial básico de importancia global y la Roya Anaranjada del Cafeto es la enfermedad más devastadora de este cultivo (Lewin et al. 2004; Kushalappa y Eskes, 1989 a). Esta enfermedad afecta principalmente a *Coffea arabica* y en menor grado a *C. canephora*, variedades que representan el 66 y 34 % respectivamente del café plantado comercialmente (Somarriba et al. 2004). El patógeno causante de la Roya anaranjada del Cafeto (al cual también nos referiremos aquí como Roya del Cafeto) es *Hemileia vastatrix* Berk. & Broome, un hongo que infecta y coloniza las hojas causando disminución de la capacidad fotosintética y defoliación de las plantas afectadas, lo que conlleva usualmente a pérdidas de 20-30 % de cosecha cuando no se aplica tratamiento (Avelino y Rivas 2013; Cristancho et al. 2012; Kushalappa y Eskes, 1989b). *Hemileia vastatrix* es originaria de África del Este, centro de diversidad de *C. arabica*, sin embargo el primer reporte formal de este patógeno fue hecho a partir de especímenes provenientes de una epidemia de Roya en Ceilán (Sri-Lanka) que acabó con la producción de café de esta isla entre 1869-1890 (Avelino y Rivas 2013; Berkeley 1869). Desde esta primera epidemia, la Roya del Cafeto se ha dispersado a todas las regiones cafetaleras del mundo con excepción de Hawaii.

En América, el primer reporte de Roya del Cafeto se dio en Brasil en 1970 y para 1985 se había extendido a todas las zonas productoras de Latinoamérica (Arneson, 2000). A pesar de ser altamente destructiva, la Roya no tuvo el efecto devastador en

Latinoamérica como en Ceilán. Los productores de café latinoamericanos aprendieron a convivir con la Roya, a cómo manejarla y enfrentaron al menos cuatro graves epidemias antes de la más reciente en 2012. La epidemia de Roya del Cafeto de 2012 es considerada por algunos como la más devastadora en el continente americano y se estima que causó pérdidas de 19 % de cosecha en Centroamérica y Panamá y en general de 40-50 % desde México hasta Perú (Avelino y Rivas 2013; Cressey, 2013; PROMECAFE & IICA, 2013; Vandermeer et al 2014). Además de causar pérdidas de cosecha, la epidemia de 2012 ha tenido un impacto perjudicial significativo en la seguridad alimentaria y nutricional de la región centroamericana (FEWS NET 2014).

La recurrencia de las epidemias de Roya junto con el impacto socio-económico y ambiental que conlleva la prevención, manejo y control de las mismas, principalmente mediante el uso de químicos fungicidas, son motivos significativos para más investigación y desarrollo de alternativas de control. En este escrito se revisa brevemente el potencial del microbioma foliar del cafeto como fuente de microorganismos con capacidad de controlar biológicamente a la Roya del Cafeto; se presentan resultados preliminares de un trabajo exploratorio sobre el microbioma foliar del cafeto en Panamá y se sugieren enfoques de investigación que pueden ser utilizados para el desarrollo de control biológico *H. vastatrix* con hongos antagonistas.

Microbioma del café como fuente de agentes de control biológico

El microbioma de una planta puede ser definido como la totalidad de microorganismos que habitan los tejidos internos y externos de la misma. Estos microbiomas tienen un rol, cada vez más reconocido, en la salud y productividad de las plantas incluyendo micro-hongos y bacterias que van desde patógenos causantes de enfermedades hasta mutualistas que confieren beneficios a sus hospederos como tolerancia a estrés ambiental, captación de nutrientes y aumento de producción (Berg, 2009; Turner et al., 2013; Lundberg, 2012). La composición de especies de los microbiomas de plantas usualmente varía entre órganos y superficies (interna=endofítica vs externa=ectofítica) de las mismas y también puede variar dependiendo de la localidad, tipo de suelo (para el caso de los microbiomas de raíces) y genotipo (Berg et al., 2005; Santamaría y Bayman, 2005; Lundberg et al., 2012; Mejía et al., 2009; Turner et al., 2013). Otra característica de los microbiomas de plantas es que son altamente diversos, particularmente en árboles, sin embargo queda mucho trabajo por hacer en cuanto a descripción de la diversidad taxonómica y funcional de los mismos (Kembel 2014; Rodríguez et al., 2009).

Históricamente los estudios de microorganismos asociados a plantas se han enfocado en especies patógenas y en unos cuantos grupos o géneros que contienen especies benéficas para sus hospederos (por ejemplo: micorrizas arbusculares, bacterias fijadoras de nitrógeno y bacterias inductoras de crecimiento). Esto puede tener su razón de ser en los efectos fenotípicos que producen estos grupos en sus hospederos, los cuales hacen más fácil su detección. En los últimos 20 años se han realizado numerosos trabajos sobre la composición de especies endófitas (aquellas que colonizan plantas interna y asintóticamente) de los microbiomas de muchas plantas cultivadas y silvestres. De estos estudios se ha determinado que sus microbiomas contienen especies capaces de ayudar a sus hospederos a tolerar condiciones bióticas y abióticas adversas como enfermedades, daño por insectos plaga, alta salinidad y altas temperaturas (Mejía et al., 2009; Porras-Alfaro y Bayman, 2011; Rodríguez et al., 2009; Vega et al., 2005).

En el caso del café, se han aislado hongos y bacterias endófitas a partir de hojas, frutas, raíces y semillas en diferentes países de América, África y Asia, con el propósito de caracterizar su diversidad y estudiar

su potencial de controlar plagas y patógenos de este cultivo. Estos trabajos resultaron en la identificación de hongos entomopatógenos, hongos fungícolas y nemátodos patógenos, así como también del desarrollo de métodos de inoculación de los mismos (Belayneh Mulaw et al., 2013; Gonzales et al., 2013; Mekete et al., 2009; Posada et al., 2007; Vega et al., 2005, 2008, 2009). En cuanto a búsqueda de controladores biológicos de *H. vastatrix* en el microbioma del café, se han reportado especies de bacterias de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas* con capacidad de inhibir la germinación y reducir la incidencia de la Roya (Daivasikamani y Rajanaika, 2009; Haddad et al., 2009; Shiomi et al., 2006). De los hongos evaluados del microbioma del café se destaca *Lecanicillium lecanii*, una especie de hongo entomopatógeno y micoparásito común en cafetales, con amplio rango de hospederos, pero particularmente patógeno en insectos escama como la escama del café *Coccus viridis* y también parasítico sobre la Roya *H. vastatrix* (Gonzales y Surís, 2007; Jackson et al., 2012; Kushalappa and Eskes, 1989b; Vandermeer, 2009). De estos estudios se puede decir que el microbioma del café es altamente diverso taxonómicamente, con cientos de especies de hongos y bacterias. De estos, solo unas pocas especies han sido evaluadas en su capacidad de controlar la Roya y por lo tanto existe buen potencial de encontrar más enemigos naturales de la Roya que podrían ser utilizados para su control.

Manejo de la Roya anaranjada del Café

Los métodos para manejar la Roya Anaranjada del Café son diversos e incluyen el uso de diferentes prácticas culturales (e.g. establecimiento de plantaciones bajo sombra o a sol), el uso de fungicidas, el seguimiento de medidas cuarentenarias, y el uso de variedades resistentes (Arneson 2011; Avelino y Rivas, 2013). La eficacia de estos métodos ha sido temporal ya que frecuentemente ocurren brotes epidémicos de la enfermedad con pérdidas significativas. Una alternativa relativamente poco estudiada para el manejo de la Roya es el control biológico utilizando especies del microbioma foliar del café. El control biológico de patógenos es cada vez más utilizado y en el caso de control de la Roya del Café se encuentra en fase experimental.

El desarrollo de productos de control biológico requiere de estudios sobre la ecología y biología de los agentes de control biológico en condiciones naturales, incluyendo su interacción con el ambiente y organismo que se quiere controlar. Estos estudios

usualmente toman varios años, pero tienen el potencial de proveer soluciones a largo plazo y amigables con el ambiente y las personas. El control biológico de la Roya Anaranjada del Cafeto podría ser particularmente importante en sistemas de producción orgánica o con bajo uso de pesticidas. Por ejemplo, la aplicación en campo de hongos con capacidad de controlar biológicamente a la Roya del Cafeto no sería compatible con alto uso de fungicidas químicos ya que estos además de afectar la Roya, afectarían al agente de control biológico. El uso de control biológico puede considerarse imperativo en el caso de producción de cafés especiales donde se prohíbe el uso de pesticidas (Carvahlo et al., 2002). Diversas son las estrategias de control biológico que pueden ser utilizadas y una selección de las mismas dependerá de factores como objetivos, a qué tipo de recursos naturales se tiene acceso, infraestructura y recursos financieros.

Control biológico

El control biológico puede definirse como el uso de un organismo para suprimir las actividades y poblaciones de otro organismo y se ha utilizado para manejar insectos plaga, patógenos y malas hierbas y otros tipos de plantas no deseadas (Pal y McSpadden Gardener, 2006). Los mecanismos mediante el cual el agente de control biológico de un fitopatógeno lo afecta pueden ser directos (por ejemplo parasitismo y antibiosis) o indirectos (por ejemplo competencia por sustrato e inducción de resistencia de la planta hospedera). El control biológico de organismos tipo Roya ha sido evaluado en muchos cultivos con buenos resultados y en el caso del cafeto se han usado microhongos y bacterias de la superficie de las hojas para el control de Roya del Cafeto (Ganley et al., 2008; Jackson et al., 2012; Podile y Kishore, 2002; Vandermeer et al., 2009). Tres tipos o estrategias de control biológico que se presentan a continuación son generalmente reconocidas en la literatura y todas tienen potencial de ser utilizadas exitosamente en control biológico de la Roya.

Control biológico clásico

El control biológico clásico significa el uso de un agente de control biológico que proviene del mismo sitio de origen y que ha coevolucionado con el organismo que se quiere controlar. En principio cada plaga y patógeno tiene enemigos naturales que han coevolucionado con ellos en sus sitios de origen

y que los antagonizan directa o indirectamente, manteniendo las poblaciones de los mismos en un nivel controlado. Pero una vez que las plagas o patógenos se mueven o dispersan a otras regiones sin sus enemigos, estas alcanzan niveles elevados y fuera de control. La exploración de enemigos naturales de plagas y patógenos en sus sitios de origen ofrece la oportunidad de encontrar agentes de control biológico bastante específicos y relativamente seguros en otras áreas. Esta estrategia ha sido ampliamente utilizada y con bastante éxito para el control de plagas de importancia agrícola, con más de 2000 agentes de control biológico probados (Bale et al., 2008; Wilson and Huffaker, 1973). En el caso de la Roya del Cafeto habría que explorar por los enemigos naturales de la Roya en África y luego introducir estos agentes en las zonas cafetaleras donde se quiere hacer el control.

Control biológico aumentativo

Este tipo de control implica la detección de enemigos naturales del organismo que se quiere controlar en sitios diferentes a su lugar de origen y el posterior aumento de los niveles del mismo en áreas seleccionadas para que los mismos supriman las actividades o poblaciones del organismo a ser controlado. En el caso particular del Cafeto se ha evaluado esta estrategia para el control biológico de *H. vastatrix* usando bacterias endofíticas y se han obtenido resultados prometedores en Brasil (Shiomi et al., 2006; Haddad et al., 2009). Por ejemplo, de la evaluación de siete aislamientos de bacterias bajo condiciones de campo y producción orgánica se identificaron una especie de *Bacillus* y otra de *Pseudomonas* con potencial de reducir intensidad (% de hojas con síntomas) de Roya y en el caso de *Bacillus* con resultados comparables a tratamientos con hidróxido de cobre, uno de los químicos más utilizados en el manejo de la Roya (Haddad et al., 2009).

Asumiendo que cada organismo siempre tiene competidores por los mismos recursos básicos y que esto promueve el desarrollo de antagonistas directos o indirectos, la estrategia de control biológico aumentativa puede seguirse en cualquier sitio donde ocurre la Roya del Cafeto. Utilizando esta estrategia se han encontrado hongos endófitos patogénicos sobre la Broca del Cafeto y hongos micoparásitos con potencial de control biológico de la Roya en regiones cafetaleras distintas al sitio de origen de *H. vastatrix* siendo *L. lecanii* el más evaluado (Avelino y Rivas

2013; Carrion y Gray 2002; Vega et al., 2005).

Control biológico mediante conservación

Este tipo de control biológico implica el manejo del ambiente para incrementar la sobrevivencia, capacidades fisiológicas y/o efectividad de unos agentes de control biológico sobre un organismo blanco en un área específica (Barbosa, 1998). Los esfuerzos de control biológico de la Roya del Cafeto usando *L. lecanii* con una estrategia de control aumentativa no han sido tan efectivos, en parte debido a que *L. lecanii* requiere la presencia de la Roya para desarrollarse. Cuando *L. lecanii* logra crecer sobre la Roya, esta ya ha alcanzado niveles altos de infección en las plantas. Sin embargo en estudios recientes se ha demostrado que *L. lecanii* puede tener un efecto de control significativo sobre la Roya, pero de una manera indirecta y es a través de interacciones complejas que involucran un mutualismo entre hormigas *Azteca instabilis* y *Coccus viridis* (un insecto escama hospedero primario de *L. lecanii*). Específicamente se reportó una correlación negativa entre *L. lecanii* y *H. vastatrix* con una distribución espacial de este efecto que indica más producción de esporas de *L. lecanii* y por tanto de supresión de Roya en áreas donde hay más presencia de mutualismo *A. instabilis*-*C. viridis* (Jackson et al., 2012; Vandermeer et al., 2009). Estos autores demostraron que una estrategia de control biológico por conservación del mutualismo tiene un efecto negativo sobre la Roya y por tanto con potencial aplicación práctica.

Observaciones en Panamá

Un pequeño muestreo de hongos endófitos en fincas de café en Panamá fue realizado con el propósito de generar conocimiento básico sobre la diversidad taxonómica y rol de hongos endófitos en el control de *H. vastatrix*. La idea era encontrar microorganismos con capacidad de controlar biológicamente a *H. vastatrix* de manera directa (mediante antagonismo directo) o indirectamente mediante aumento de defensas del Cafeto (Beredensen, 2012). La estrategia de control a ser utilizada sería aumentativa, similar a trabajos realizados por el autor con enfermedades del árbol de cacao donde se encontró actividad antagonista (directa e indirecta) de hongos endófitos contra patógenos de esta planta en laboratorio y campo (Arnold et al., 2003; Mejía et al., 2008; Mejía et al., 2014). El muestreo en el cafeto fue realizado en seis fincas donde se aplican fungicidas contra la Roya y se cuantificó el porcentaje de colonización de hojas por endófitos. El promedio del porcentaje

de colonización de hongos endófitos por finca varió entre 10 y 48 % (32 pedacitos de ~4 mm² por cada una de 24 hojas maduras muestreadas). A partir de este muestreo se obtuvieron 282 aislamientos que fueron clasificados en 131 morfoespecies de hongos endófitos. El porcentaje de colonización obtenido fue relativamente bajo comparado con otros estudios donde se han aislado endófitos foliares de cafeto, pero la diversidad es comparable (Saucedo García et al., 2014; Vega et al., 2009). Cinco de las morfoespecies aisladas mostraron capacidad de inhibir el crecimiento de otros hongos y uno mostró capacidad de inhibir germinación de uredosporas de *H. vastatrix* (Mejía et al. Datos sin publicar). Los próximos pasos de este trabajo incluye la generación de plantas de cafeto simbióticas con el hongo que inhibe la germinación de *H. vastatrix*.

El aislamiento de hongos endófitos de hojas de cafeto con actividad anti-hongos y de inhibición de germinación de la Roya con este limitado muestreo sugiere que hay un buen potencial de encontrar más hongos antagonistas de *H. vastatrix*. Una de las estrategias de control biológico aumentativo con hongos inhibidores de germinación de *H. vastatrix* es que aumenten la resistencia del Cafeto a este patógeno o que tengan el potencial de afectar el ciclo de *H. vastatrix* y por lo tanto su manejo, lo que conllevaría a reducir las pérdidas de cosecha debido a este patógeno. Estas estrategias tienen el valor agregado de ser amigables con el ambiente y la salud de los agricultores y compatibles con prácticas de producción orgánica de café.

Comentarios finales

Con este escrito se pretende estimular la investigación y el desarrollo de tecnologías de control biológico de la Roya del Cafeto con microorganismos endofíticos y ectofíticos con la participación y colaboraciones nacionales e internacionales para estos fines. El apoyo del sector privado y gubernamental será clave para el desarrollo de estas tecnologías, para la implementación efectiva de las mismas y para buscar un control a largo plazo de la Roya. Los resultados de estas investigaciones en el Café pueden dar luces sobre cómo utilizar el microbioma de plantas en el manejo de enfermedades no solo en este cultivo, sino también en otros y en muy diversas regiones.

Sugerencias en la búsqueda de biocontroladores de la Roya del Cafeto

- Exploración del microbioma del Cafeto usando técnicas convencionales de cultivo de microorganismos y técnicas independientes de cultivo (metagenómica), en distintos tipos de cafetales, con diferente manejo, diferentes variedades y regiones (centro de origen de la Roya vs otras regiones).
- Selección de microorganismos con capacidad de afectar negativamente el ciclo de vida de *H. vastatrix*; ya sea a través de la inhibición directa de la germinación o del crecimiento del patógeno o indirectamente a través de la inducción de la resistencia del Cafeto.
- La selección de microorganismos debe ser realizada basada preferencialmente en pruebas contra diferentes razas de la Roya o tomando en cuenta las razas de la Roya donde se va a aplicar el producto de control biológico. También se debe tomar en cuenta potenciales efectos no deseados de los microorganismos seleccionados como patogenicidad en otros cultivos o sobre insectos benéficos.
- Monitoreo periódico de los niveles poblacionales o abundancia en campo del agente de control biológico y de la Roya posterior a la liberación en campo del agente de control biológico. En caso de bajar los niveles, hacer más aplicaciones/ inoculaciones.

Agradecimientos

Esta investigación fue realizada con apoyo de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT) a través del subsidio otorgado a LCM como miembro del Sistema Nacional de Investigación y a través de proyecto SENACYT ITE11-19. Se agradece a Miguel Cervantes, Ana Castillo, Gloribel Vergara y Evangelina López por su ayuda con la generación de información en campo y laboratorio presentada en este escrito. Gracias a Café de Eleta S.A. y a los señores Roberto Brenes, Kelly Hartman y Abdiel Jaramillo por su hospitalidad y por permitir acceso a los cafetales para el estudio de microorganismos del Cafeto. Se agradece a la FAO por la invitación al seminario internacional sobre manejo no químico de plagas y enfermedades del café y por la oportunidad de presentar este trabajo.

Referencias bibliográficas

- ARNESON, P.A. 2000. *Coffee rust. The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2000-0718-02. Updated 2011.
- AVELINO, J.; RIVAS, G. 2013. *La Roya anaranjada del Cafeto. Versión electrónica N1 del 03/12/13*. 47p.
- BARBOSA, P. 1998. *Conservation Biological Control*. 396pp. Academic Press. San Diego.
- BELAYNEH MULAW.; et al. 2013. *Novel endophytic Trichoderma spp. isolated from healthy Coffea arabica roots are capable of controlling coffee tracheomyces*. *Diversity*, 5: 750-66.
- BERG, G. 2009. *Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture*.
- BERG, G.; et al. 2005. *Endophytic and ectophytic potato-associated bacterial communities differ in structure and antagonistic function against plant pathogenic fungi*. (0168-6496 (Print)).
- BERKELEY, M. J. 1869. *The Gardeners' Chronicle and Agricultural Gazette*: 1157.
- BETTIOL, W.; SAITO, M., L.; BRANDAO, M., S.B. 1994. *Control of coffee leaf rust with products based on Bacillus subtilis*. *Summa Phytopathologica* 20, 119-122.
- BETTIOL, W.; VARZEA, V., M.P. 1992. *Controle biológico da ferrugem (Hemileia vastatrix) do cafeeiro com Bacillus subtilis em condições controladas*. *Fitopatologia Brasileira* 17, 91-95.
- CARRION, G.; RICO-GRAY, V. 2002. *Mycoparasites on the coffee rust in Mexico*. *Fungal Diversity*, 49-58.
- CARVALHO, C.R.; et al. 2011. *Cryptosexuality and the Genetic Diversity Paradox in Coffee Rust, Hemileia vastatrix*. *PLoS ONE* 6(11): e26387. doi:10.1371/journal.pone.0026387.
- CRESSEY, D. 2013. *Coffee rust regains foothold*. *Nature*. (493). 587.
- CRISTANCHO, A., M.A.; et al. 2012. *Razas de Roya: epidemias de 2008 a 2011*. *Avances Técnicos CENICAFE*, 1-8.
- FAMINE EARLY WARNING SYSTEMS NETWORK (Fews Net), RUTA y PROMECAFE. 2014. *Informe Especial Impacto de la Roya del Cafeto en Centro América*. 8 pp.
- GANLEY, R.J.; SNIEZKO, R.A.; NEWCOMBE, G. 2008. *Endophyte-mediated resistance against white pine blister rust in Pinus monticola*. *For Ecol Manage* 255: 2751-2760.
- GONZALEZ, D., G.I; et al. 2013 *Caracterización Morfológica y Molecular de Cepas Nativas de Hongos Entomopatógenos en*

Panamá. Memoria 58 Reunión Anual de PCCMCA (Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales). 139 p.

HADDAD, F.; et al. 2013. Antifungal compounds as a mechanism to control *Hemileia vastatrix* by antagonistic bacteria. *Tropical Plant Pathology* 38(5) 398-405.

JACKSON, D.; SKILLMAN, J.; VANDERMEER, J. 2012. Indirect biological control of the coffee leaf rust, *Hemileia vastatrix*, by the entomogenous fungus *Lecanicillium lecanii* in a complex coffee agroecosystem. *Biol Control* 61: 89-97.

KEMBEL, S. W.; et al. 2014. Relationships between phyllosphere bacterial communities and plant functional traits in a neotropical forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111: 13715-13720.

KUSHALAPPA, A.C.; ESKES, A.B. 1989a. Advances in Coffee Rust Research. *Annual Review of Phytopathology*. 27: 503-531.

KUSHALAPPA, A.C.; ESKES, A.B. 1989b. *Coffee Rust: Epidemiology, Resistance, and Management*. CRC Press. 360 Pages.

LEWIN, B.; GIOVANUCCI, D.; VARANGIS, P. 2004. *Coffee Markets: New paradigms in Global Supply and Demand*. Agricultural and Rural Development Discussion Paper No. 3. International Bank for Reconstruction and Development. Washington DC, USA.

LUNDBERG, D. S.; et al. 2012. Defining the core *Arabidopsis thaliana* root microbiome. *Nature*, 488(86-90).

MEJIA, L. C., et al. Sin fecha. Pervasive effects of a dominant foliar endophytic fungus on host genetic and phenotypic expression in a tropical tree. *Frontiers in Microbiology* 5:479. doi: 10.3389/fmicb.2014.00479

MEJIA, L., C.; et al. 2009. Fungal endophytes: defensive characteristics and implications for agricultural applications. In: White, J.F. and Torres, M., eds. *Defensive Mutualism in Microbial Symbiosis*. Pp. 367-384. CRC Press.

MEJIA, L., C.; et al. 2008. Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao* pathogens. *Biological Control* 46:4-14.

MEKETE, T.; et al. 2009. Endophytic bacteria from Ethiopian coffee plants and their potential to antagonise *Meloidiogyne incognita*. *nematology*, 11(1), 117-127.

PEÑUELAS, J.; TERRADAS, J. 2014. The foliar microbiome. *Trends in Plant Science*. V19 N5, 3p.

PODILE, A. R.; KISHORE, G., K. 2002. Biological control of peanut diseases. In *Biological Control of Crop Diseases*. Ed. S.S. Gnanamanickam. pp131-160. Marcel Dekker, New York City.

PORRAS-ALFARO, A.; BAYMAN, P. 2011. Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. *Annual Review of Phytopathology*, 49, 291-315.

POSADA, F.; et al. 2007. Inoculation of coffee plants with the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). *Mycological Research*, 111, 748-757.

PROMECAFE; IICA. 2013. *La crisis del café en Mesoamérica. Causa y respuesta apropiadas*. 8pp. (www.promecafe.org).

RODRIGUEZ, R. J.; et al. 2009. Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytol* 182: 314-330.

SANTAMARIA, J.; BAYMAN, P. 2005. Fungal epiphytes and endophytes of coffee leaves (*Coffea arabica*). *Microbial Ecology*, 50, 1-8.

SHIOMI H., F.; et al. 2006. *Scientia Agricola* 63(1) 32-39.

SHIOMI, H.F.; et al. 2006. *Bioprospecting endophytic bacteria for biological control of coffee leaf rust. Scientia Agricola* 63, 32-39.

SOMARRIBA, E.; et al. 2004. *Biodiversity Conservation in Neotropical Coffee (Coffea arabica) Plantations.* 198-226. In *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes.* Edited by Schroth, G., da Fonseca, G. A.B., Harvey, C. A., Gascon, C., Vasconcelos, H. L., Izac, A.M. N. Island Press, Washington DC.

TURNER, T.R.; JAMES, E.K.; POOLE, P.S. 2013. *The plant microbiome. Genome Biology.* 14(209). doi: 10.1186/gb-2013-14-6-209.

VANDERMEER, J.; JACKSON, D.; PERFECTO, I. 2014. *Qualitative Dynamics of the Coffee Rust Epidemic: Educating Intuition with Theoretical Ecology. BioScience,* 64(3), 210-218. doi: 10.1093/biosci/bit034

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I.; LIERE, H. 2009. *Evidence for hyperparasitism of coffee rust (Hemileia vastatrix) by the entomogenous fungus, Lecanicillium lecanii, through a complex ecological web. Plant Pathology(58),* 636-641.

VEGA, F.E.; et al. 2008. *Fungal endophytes in green coffee seeds. Mycosystema,* 27(1), 75-84.

VEGA, F.E.; et al. 2005. *Endophytic bacteria in Coffea arabica L. Journal of Basic Microbiology,* 45(5), 371-380.

VEGA, F.E.; et al. 2009. *The coffee berry borer, Hypothenemus hampei (Ferrari)(Coleoptera: Curculionidae): a short review with recent findings and future research directions. Terrestrial Arthropod Reviews,* 2, 129-147.

WILSON, F.; HUFFAKER, C. B. 1973. *The Philosophy, Scope, and Importance of Biological Control.* In C. B. Huffaker & P. S. Messenger (Eds.), *Theory and Practice of Biological Control* (pp. 3-14). New York, New York.: Academic Press.

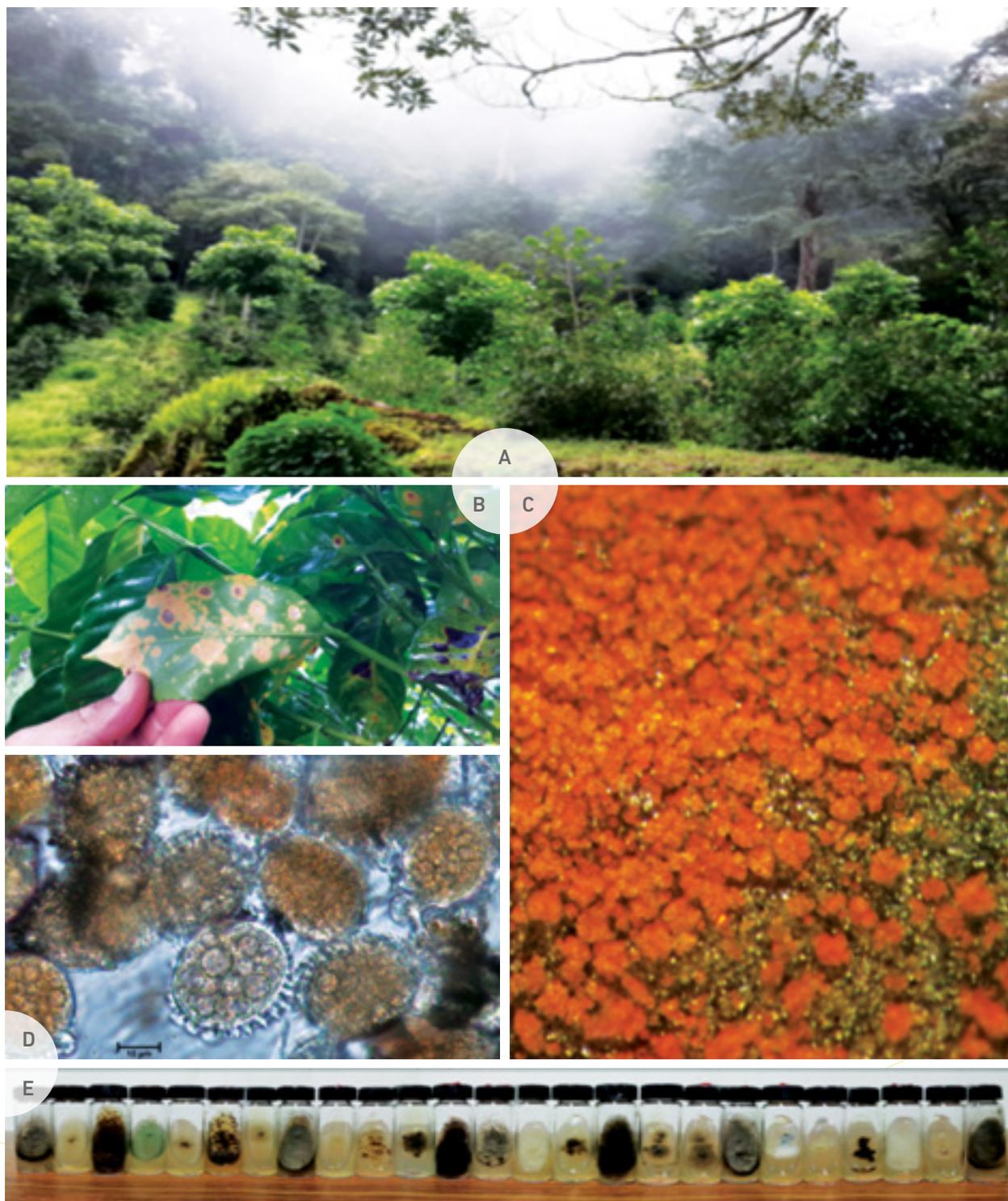


Figura 1

A: Cafetal representativo del sitio estudiado para el aislamiento de endófitos foliares de café en Panamá. B: Hoja de café con lesiones de Roya sobre la cual se puede apreciar micelio blanco de *Lecanicillium lecanii*, hongo micoparásito de *H. vastatrix* común en los cafetales muestreados. C-D: Uredosporas de *H. vastatrix*. E: Cultivos de hongos endófitos aislados a partir de hojas de café en Panamá.

Factores biológicos, ambientales y de manejo que afectan el desarrollo de la Roya

Jacques Avelino
CIRAD/IICA-PROMECAFÉ/CATIE
jacques.avelino@cirad.fr

Resumen

Epidemias severas como la del año 2012 en Centro América son relativamente comunes en otros continentes (Papua–Nueva Guinea). La razón no se conoce pero extrañamente en Centro América no se tenían epidemias tan severas como en otros países. La epidemia fue tan severa y precoz que destruyó las ramas antes de la cosecha, y esto es lo que ha ocurrido desde el 2012 y la razón para que las pérdidas fueron tan grandes. Anteriormente la epidemia de Roya no causaba pérdidas el año de su aparición, sino al año siguiente pero esta vez no ocurrió así.

Se tuvo un experimento en el año 1992 donde se le dijo al encargado de la finca que no fumigara nuestra parcela para hacer un seguimiento de la epidemiología de la Roya y que a cambio se haría un manejo agronómico con fertilizantes y sin fungicidas. Después de un año se visitó la parcela manejada por nosotros y estaba en mejor estado que el resto de la finca la cual fue tratada con fungicidas pero sin fertilización. El encargado de la finca preguntó que fungicida habíamos aplicado y le respondimos que fue solo con buen manejo y fertilización. Para mí fue una de las primeras evidencias que existe un aspecto nutricional importante en el desarrollo de la Roya.

En este resumen se presentan aspectos sobre la biología y luego sobre la epidemiología de la Roya básicamente a escala de árbol y parcela. En el ciclo de vida de la Roya se ven esporas de la Roya separadas 25 micrómetros de longitud que se diseminan en las hojas hasta alcanzar el envés de éstas para luego penetrar a través de los estomas. Se observan las esporas germinadas formando haustorios que son como una bomba de presión para penetrar por los estomas. Una vez que las esporas han penetrado en el tejido hay una progresión intercelular del hongo por ser un biótrofo que necesita de hojas vivas para sobrevivir. Es una evolución muy interesante porque

el hongo no mata directamente las células sino que produce haustorios que se aprovechan de los elementos de las células para su propio beneficio y crecimiento intercelular. El hongo requiere de células vivas para poder aprovechar ese metabolismo.

Los primeros síntomas son lesiones amarillentas muy pequeñas que aparecen en el envés de las hojas y finalmente se producen las esporas que se diseminan a otras plantas. El ciclo de germinación hasta los primeros síntomas puede ser algo más de una semana cuando las condiciones son óptimas para la producción de esporas. A las dos semanas se pueden observar síntomas más claros, pero cuando no hay condiciones favorables puede tardar el ciclo hasta tres meses. La repetición de este ciclo más rápido es lo que va a causar epidemias más severas.

Los factores que afectan los estados de este ciclo, son: Primero, la diseminación por la lluvia, el viento y el hombre; la epidemia de Roya se dispara justamente en el pico de la cosecha donde hay muchos recolectores lo que permite su diseminación, el hecho que la espora se deposite sobre las hojas depende de la cantidad de hojas disponibles, a mayor cantidad de hojas mayor deposición de inóculo.

La germinación depende de la radiación siendo mejor cuando hay menos radiación, pero resulta contradictorio en cambio la receptividad de la hoja, o sea una hoja susceptible que pueda afectarse más o menos también depende de la radiación, pero al revés van a ser hojas más susceptibles cuando están expuestas a altas temperaturas que hojas bajo sombra. En experimentos realizados en hojas provenientes de condiciones al sol y a la sombra, son más susceptibles las que provenían en condiciones de sol. Sin embargo la radiación no es buena para la fase de germinación.

La mojadura si es indispensable desde la germinación hasta la penetración; la temperatura óptima para la germinación es de 23° C, pero esta fase de germinación es muy corta porque si hay buenas condiciones puede haber germinación y penetración en 5 horas. Son más importantes las condiciones de temperatura en la fase de colonización de la hoja porque es más larga, cuando el hongo está dentro de la hoja depende de este factor micro climático que es la temperatura y es la que básicamente va acortar el ciclo de vida de la Roya que puede ir de quince días a tres meses como se dijo anteriormente.

La carga fructífera es un factor muy importante, a mayor carga fructífera mayor susceptibilidad fisiológica del café. Algunos estudios señalan que la humedad del suelo tienen efecto porque a mayor humedad del suelo más lesiones, posiblemente porque juega un papel importante sobre la estructura de los estomas, que es por donde sale la Roya y esto facilita su emergencia. También intervienen las resistencias las cuales son de dos tipos. La resistencia completa que actúa a nivel de penetración prácticamente entrando el hongo dentro de la cámara sub estomática donde hay fenómenos de hipersensibilidad y allí muere el hongo; la otra resistencia es la incompleta que deja penetrar el hongo dentro del tejido pero frena su desarrollo alargando el tiempo del período de latencia que va desde la germinación hasta la esporulación y es incompleta porque limita la cantidad de esporas y el tamaño de las lesiones, dejando la expresión de la enfermedad en un menor grado siendo gobernada por un grupo de genes.

A nivel de la esporulación hay algunos factores que juegan y es el parasitismo pero no se conoce muy bien lo que determina la emergencia de las esporas. Estos básicamente son algunos de los factores que afectan el ciclo de vida de la Roya y que ayudan a entender como algunas prácticas de manejo del cultivo pueden afectar la Roya.

La enfermedad no es solamente un hongo o una planta, es un complejo de cosas, es un sistema donde interactúan el patógeno y el hospedero con sus diferentes características, pero donde también interactúan con el ambiente y con el manejo del caficultor que es dependiente de aspectos socioeconómicos siendo también un componente de la enfermedad. Dependiendo de las características de cada uno de estos componentes se va a tener la expresión más o menos fuerte de la enfermedad. Dentro del hospedero puede haber características de resistencia no solamente genética también fisiológica

como lo es la carga fructífera, fisiología, morfología, arquitectura, el ambiente biológico, los enemigos naturales, el paisaje, también el clima, el suelo y la topografía.

Los patógenos pueden tener razas diferentes que pueden variar en razón de la virulencia que son capaces o no de atacar ciertos genotipos del hospedero que tienen ciertas características de resistencia. La agresividad es lo que se opone a la resistencia incompleta, es una variable que indica que tan severa puede ser esa cepa.

Hay muchas evidencias pero poco documentadas sobre la importancia del inoculo inicial. En un trabajo realizado en México se llegó a la conclusión que bajo la influencia del pacífico la Roya se mantiene en las hojas viejas del árbol durante la época seca y se transmite a las hojas jóvenes en el inicio de las lluvias. Esta es la forma que tiene para sobrevivir la Roya. Veamos qué tan importante es el nivel de Roya que hay al inicio, conociendo que se desarrolla de adentro donde están las hojas viejas, hacia afuera donde están las jóvenes y desde abajo hacia arriba un poco como un comportamiento centrifugo.

En un trabajo realizado en Guatemala de calendarios de aplicación con oxiclورو de cobre se llegó a la conclusión que en algunos tratamientos donde se aplicó el producto, el primer año hubo control de la enfermedad pero al año siguiente esos mismos tratamientos fueron los más atacados por la enfermedad. Esto se explica porque donde hay aplicación también hay retención de follaje, teniendo el inoculo del hongo para atacar solo cuando las condiciones le fueron favorables; en cambio, el testigo presentó menos incidencia de la enfermedad al principio del año porque al no recibir control las hojas viejas se cayeron con la Roya, empezando con un inoculo inicial bajo. Obviamente que en el segundo semestre del año si se infectó el follaje. Básicamente a mayor cantidad de inoculo inicial hay mayor precocidad de la epidemia, esto no quiere decir que hay mayor ataque al final del año, ya que depende de las condiciones que van a permitir la repetición del ciclo. Si el ciclo se repite cada tres meses así haya mucho inoculo inicial no se espera una epidemia fuerte, pero si se repite este ciclo cada 15 días así haya poco inoculo inicial la epidemia será fuerte.

La epidemia del año 2012 fue muy severa y afectó casi por parejo todos los sistemas. Se tiene la relación entre el número de frutos contados por hoja joven presente en junio, mes donde todavía no había

Roya. Es la carga fructífera la que indica el trabajo que debe hacer cada hoja para sostener los frutos. Se observa una relación fuerte entre la carga fructífera y el ataque de la Roya que puede llegar a 50 % o más de enfermedad. Acá se evidencia la variabilidad de la Roya que se observa a escala de la parcela y que se explica porque la carga fructífera es un factor determinante.

Qué pasa con el efecto de la altura, la pluviometría y el período de cosecha sobre el proceso de la epidemia. En México se hizo el seguimiento de tres epidemias a diferentes alturas donde se pudo observar que durante la época de lluvias hay un desarrollo lento de la epidemia y hacia la mitad y final de la lluvia hay un incremento hasta llegar al máximo de ataque de Roya en el pico de la cosecha y después cuando no hay condiciones de lluvia y baja la cosecha, la epidemia empieza a bajar.

Hay más Roya a menor altura, posiblemente por efecto de la temperatura. En trabajos con instituciones como FAO, PROMECAFE y CIAT se estudió lo que pasó en el año 2012 con respecto a epidemias de años anteriores donde se ve el efecto altitudinal. No fueron los 1100 metros lo que redujeron la epidemia, sino que arriba de 1 400 metros se vio un desarrollo menor de la epidemia, lo cual quería decir que probablemente había un efecto de la temperatura detrás de este comportamiento. También a mayor cantidad de lluvia no se tiene necesariamente mayor cantidad de Roya. En un trabajo de Maine en 1930 cita que cuando hay lluvias abundantes la Roya no es problema y cuando hay épocas de lluvias con períodos secos intercalados, se presentan epidemias de Roya. Si se conoce el clima que se tuvo en el año 2012 se tiene parte de la explicación. Cuando llueve mucho lo que pasa muchas veces es el lavado de las esporas, con comprobación de este efecto que es muy fuerte particularmente a pleno sol, bajo sombra como hay interceptación de la lluvia el lavado es menos intenso. En México el seguimiento de una epidemia de 4 años en dos diferentes alturas, permitió ver que hay un comportamiento bienal de la epidemia en condiciones de sombra y esto fue debido porque la producción también tenía un comportamiento bienal con diferentes cargas fructíferas bajas y altas de tal manera que en algunos momentos se podían tener ataques de Roya muy similares en altitudes muy distintas y eso era explicable no por el clima sino porque la carga fructífera era muy diferente.

El efecto de la biodiversidad, básicamente el efecto de los árboles de sombra que están dentro de

la parcela era para ver cuáles son todas las vías posibles de acción de la biodiversidad vegetal sobre las plagas y enfermedades en cafetales y cacaotales. En muchas ocasiones esas vías de acción pasaban por otros organismos como pájaros, artrópodos, microorganismos y pueden tener efectos favorables que permiten regular las plagas y enfermedades, pero también, pueden haber efecto desfavorables, por ejemplo de algunos árboles que pueden ser hospederos alternos para patógenos; los pájaros pueden preda eventualmente insectos benéficos, los mismos artrópodos pueden dispersar algunos patógenos y hay condiciones de microclima que pueden ser favorables también para organismos nocivos. Lo importante es que no se puede considerar la Roya únicamente, hay que considerar todo el complejo de plagas y enfermedades, porque si hay algo que funciona para controlar la Roya de repente incrementa otra cosa.

A continuación se relacionan los efectos favorables de la biodiversidad sobre las plagas y enfermedades del café, pero básicamente para la Roya. Estos son:

- El sombrío permite tener una menor densidad de siembra, a mayor densidad de siembra hay más Roya.
- Condiciones de microclima permiten reducir la Roya a través de la regulación de la carga fructífera.
- Parasitismo con el hongo *Verticillium lecanii* y otros microorganismos que permiten regular la Roya.
- La sombra puede mejorar las condiciones de suelo y nutrición y puede ayudar a reducir la Roya.

Pero también hay efectos desfavorables como algunas modificaciones del micro clima que pueden también favorecer la Roya.

Hay varias prácticas que a través de la literatura, intenté entender cómo la sombra afecta la Roya a través de su efecto sobre la lluvia; cómo la sombra afecta la Roya a través de su efecto sobre el viento, por ejemplo. Se sabe que la sombra intercepta la lluvia, y que esto incrementa el tamaño de las gotas y puede redistribuir el agua en la plantación con impactos muy fuertes sobre las hojas y sobre la dispersión en seco de la Roya. Sin embargo, cuando la lluvia no es muy intensa la sombra puede interceptar completamente la lluvia con posibilidad que el agua no llegue al café y que haya un efecto diferencial de la

sombra para la Roya. La sombra protege los cafetos del viento. En relación con el área foliar se sabe que la sombra tiende a reducir el número de hojas del cafeto, pero esas hojas son más amplias, el índice del área foliar es más grande y la longevidad de las hojas es más alta, esto hace que haya material disponible para la Roya.

Por lo tanto el efecto de la sombra es la suma de todos estos hechos, hay efectos buenos y hay efectos malos lo cual hace complicado llegar a una recomendación fija de la sombra para manejar la Roya. Sin hablar de las interacciones que puede haber con el ambiente, la sombra puede ser útil en determinadas alturas, no tanto en otras y si sumamos las otras prácticas culturales nos damos cuenta que el efecto de un sistema es relativamente complejo para el manejo de la Roya.

En un trabajo realizado en Honduras, se realizó una encuesta sobre 73 parcelas durante tres años, haciendo un seguimiento sobre todas las características de estas parcelas incluyendo el avance de las plagas y enfermedades, en particular la Roya. A manera de ejemplo, se observó en dos parcelas donde se hizo un manejo intensivo básicamente con densidades más altas, más fertilizadas y con menos sombra. Lo que se observó fue un paralelismo muy estrecho entre la carga fructífera año por año y los ataques de Roya. En otra parcela con mayor sombra, un manejo agronómico bajo, menos densidades, baja fertilización, se pudieron ver cargas fructíferas más bajas, y a menor carga fructífera existe la tendencia que hay menos Roya. Lo interesante es que nunca se llegó a los niveles tan altos que se tienen al sol, pero tampoco se llegó a los niveles tan bajos que se tienen a la sombra.

Básicamente es porque la sombra actúa al menos de dos formas, regula la carga fructífera por lo tanto la planta es menos susceptible, pero también proporciona condiciones micro climáticas de humedad y temperatura más favorables para el ciclo de la Roya, para la fase de germinación y de colonización; es decir por un lado se tiene un micro clima más favorable para la Roya pero una susceptibilidad fisiológica de la planta menor. Por otro lado se tiene una susceptibilidad fisiológica de la planta mayor pero unas condiciones micro climáticas no tan buenas para la Roya. El balance es que con niveles no tan exagerados de producción se tuvieron niveles relativamente altos de Roya y en otra parcela con el mismo nivel de producción se tuvo un nivel más bajo de Roya.

En un trabajo donde se quiso ver el efecto del micro clima directo sobre la Roya, se quitaron los frutos de las plantas de café para tener a pleno sol y bajo sombra niveles similares de Roya. Lo que se observó es que bajo sombra se tuvo una incidencia mayor de Roya cuando la carga fructífera era la misma que al sol, y también una severidad relativamente más alta aunque con un efecto no significativo. Esto pudo deberse al hecho que la sombra actúa más en la fase pre infecciosa y la incidencia parece mucho más marcada por efecto de la sombra porque posiblemente las condiciones de humedad y temperatura favorecen la germinación y la penetración, una vez el hongo está dentro de la hoja las diferencias no son tan marcadas porque posiblemente la colonización de la hoja no está tan afectada por la sombra, pero eso se está verificando.

La temperatura de la hoja a través del día y de la noche observadas al sol y bajo la sombra, están dependiendo de las condiciones climáticas; se observó que bajo sombra en este experimento que fue a baja altura, que casi siempre las temperaturas estaban dentro del rango óptimo para la Roya y que en cambio al sol se tienen momentos donde la temperatura sube mucho y esta no era favorable para la fase de germinación y colonización de la Roya, teniendo en cuenta que es la temperatura de la hoja y no la del aire que puede ser de 6 °C menos. Cuando se mide la temperatura del aire en una estación climática, en un cafetal a pleno sol, puede ser 6 °C más de temperatura en la hoja que en un cafetal a la sombra donde la temperatura puede ser igual a la del aire. Seis grados cambian radicalmente el desarrollo de la epidemia. Lo anterior quiere decir que en una zona ecológica determinada que pueda tener mucha radiación, un ataque de Roya, similar a lo que pasó en el año 2012 tal vez no va a pasar constantemente, van a haber momentos donde se tendrán ataques menores y serán visibles esa gran diversidad de ataques según las condiciones de manejo.

Hay algo interesante y tal vez va a ser clave para el futuro que explica el por qué tenemos ataques severos de epidemias cuando hay períodos secos en la época de lluvia, y es porque la humedad nunca falta, porque se tiene rocío constantemente en la mañana y la germinación se presenta cuando amanece, donde hay rocío, baja luminosidad y seguramente temperaturas adecuadas para la formación de apresorios. Si no se tiene mucha lluvia durante la época de lluvia, pero se tiene el rocío para la germinación y se dispersa inoculo por el viento de manera eficiente en seco y también por el cosechador, ya que las épocas de lluvia

terminan cuando se está empezando a cosechar y el cosechador es muy eficiente en la dispersión de inoculo, entonces realmente no se necesita de tanta lluvia como la que se piensa que se necesita para la germinación y dispersión de la enfermedad.

El resultado final de este trabajo permitió elaborar un árbol de regresión que permite explicar la incidencia máxima anual que se observó en esta red de 73 parcelas. Cada parcela se tomó como individuo estadístico diferente, porque había diferencias de manejo entre ellas. Se distribuyeron las parcelas en tres categorías, las que tuvieron poca Roya entre 8 y 32 % de incidencia; las que tuvieron Roya mediana entre 32 y 53 % y la alta que tenía Roya entre 53 y 93 %. Este árbol de regresión funciona por dicotomía y es un método que se puede usar para relacionar predictores cualitativos de manejo con una variable de respuesta cuantitativa que es la Roya del Café y el árbol de regresión procede por dicotomías y se clasifican los predictores por orden de influencia sobre las variables de respuesta de la incidencia de la Roya. El resultado fue que la variable más explicativa de la incidencia de Roya en este período de todas las caracterizadas (el suelo, el manejo, el clima, la cantidad de lluvia, la temperatura aunque no funcionó muy bien, etc.) fue el potencial productivo del cafetal, ésta variable permitió dividir la población inicial en dos subpoblaciones, las más diferentes en cuanto a la Roya, se seleccionaron por la cantidad de nudos fructíferos. En un subgrupo se tuvieron menos de 230 nudos fructíferos por planta y la mayoría de las fincas en esta categoría presentaron poca Roya y el otro subgrupo con más de 230 nudos fructíferos por planta y la mayoría de las fincas en esta categoría presentaron mayor Roya. Dentro de las parcelas que tenían menos nudos fructíferos y por lo tanto poca Roya, había muchas parcelas con exceso de sombra y el efecto regulador de esta sombra sobre la carga fructífera fue lo que permitió bajar la Roya.

Lo que permitió crear dos subpoblaciones diferentes en cuanto a la Roya fue la fertilización (porque en esa época en Honduras pocos fertilizaban). Se fertiliza para sostener la carga fructífera inicial, el efecto de la fertilización no es sobre la resistencia fisiológica de la hoja (habría que comprobarlo), sino un efecto puramente epidemiológico a través del crecimiento de la planta, si se fertiliza bien la planta crece bien, produce buena cantidad de hojas sanas y eso hace que se diluya la enfermedad y si no se fertiliza bien la planta no crece mucho y la Roya sigue creciendo, entonces termina invadiendo la planta y ocurre un efecto epidemiológico.

En las parcelas donde se señaló que había exceso de sombra se observó un efecto opuesto. En condiciones de carga fructífera suficiente, sin ningún tipo de fertilización y con un exceso de sombra el 90 % de las parcelas tuvieron más Roya, mientras que en las parcelas que tuvieron menos sombra el ataque de Roya fue un poco menor. Por un lado hay un efecto claramente opuesto de la sombra sobre la carga fructífera y por tanto sobre la Roya y por el otro un efecto de la sombra ya no sobre la carga fructífera, sino seguramente sobre el microclima, donde hay plantas en condiciones de susceptibilidad suficiente y condiciones de microclima que favorecen algunas fases de la Roya. También entra la altura, a menor altura mayor Roya. Otro factor que también se observó fue el pH del suelo, ya que es otra condición que afecta el crecimiento de la planta en relación con la nutrición; en un pH mayor de 6 con cargas fructíferas altas y altitudes bajas había una relación marcada con el pH del suelo, menor acidez y por lo tanto menos Roya.

Existen otros factores locales que son muy importantes, inclusive más que los regionales, esto complica el hacer un sistema de alerta que le sirva a todo el mundo porque si dentro de un área de producción además de la carga fructífera que cambia de un sitio a otro, se tiene efecto de fertilización, sombra, pH etc, entonces el manejo está totalmente relacionado con cada productor ya que puede cambiar de una finca a otra.

Factores muy importantes son la carga fructífera, el manejo, la fertilización, manejo de la sombra, el ambiente, la altitud, la temperatura, pluviometría, calidad del suelo y la edad de la planta que a su vez tiene que ver con el crecimiento. Las plantas viejas que ya no responden a la fertilización y que no tienen un crecimiento adecuado están por lo tanto más expuestas a ataques severos de Roya. Hay alrededor de 15 modelos, pero ninguno toma en cuenta toda esta complejidad algunos se enfocan a aspectos micro climáticos, pero el manejo lo puede cambiar todo a una escala muy pequeña. Habría que hacer una integración más fuerte de todos estos factores.

Experiencia de EPAMIG en la investigación de café en la producción orgánica y agroecológica para agricultura familiar

Paulo Cesar Lima

Empresa de Investigación Agropecuaria de Minas Gerais – EPAMIG

plima.vicosa@gmail.com

Resumen

Se presentan las generalidades de la agricultura familiar de Minas Gerais y de la Zona Da Mata de Minas.

Minas Gerais:

- 77 % de las fincas establecidas en el Estado;
- 37 % de la superficie cosechada;
- 29 % del valor de la producción (R\$ 1,57 billones / año), correspondiente al 55 % de los ingresos del café producido por la agricultura familiar de Brasil.

Zona Da Mata de Minas:

- El 72 % de los cultivos de café con pendientes entre 20 y 45 %\1.
 - 65 % de las explotaciones tienen menos de 10 hectáreas\1.
 - Produce 26,34 % del café en Minas Gerais\2.
- La problemática de la agricultura familiar en la Zona Da Mata está relacionada con el Medio Ambiente e Infraestructura, la Tecnología, los costos de producción y la comercialización (intermediación, precio, calidad y logística).

La realidad local en las plantaciones de café y la fertilidad del suelo en las fincas familiares en la Zona da Mata de Minas Gerais, es la siguiente:

- Cultivar principal es Catuaí, que se cultiva en espaciamientos amplios;

- Baja fertilidad del suelo causada por las características naturales y el grado de degradación de algunas áreas;
- Baja capacidad financiera para adquisición de insumos;
- Limitado conocimiento de los procesos de ciclaje de nutrientes.

Consecuencia

- Baja productividad;
- La baja incorporación de nutrientes en el sistema; Desafío.
- Para mejorar los sistemas de producción.
- Encontrar fuentes de nutrientes de bajo costo para el mejoramiento de los agroecosistemas.

Los temas planteados por los agricultores familiares en relación con los sistemas orgánicos y agroecológicos se relacionan con:

- 1- ¿Cuáles serían las variedades más adecuadas de café?
- 2- ¿Cómo obtener rendimientos satisfactorios utilizando los recursos disponibles?

Se propone entonces un esquema con enfoque de producción sostenible que se basa fundamentalmente en la salud y nutrición de las plantas (tolerancia al

estrés y eficiencia nutricional). En este sentido se abordan entonces temas como el uso de la materia orgánica y el ciclo de los nutrientes desarrollando otro campo de interés como es el estudio de los organismos, sus interacciones y procesos. Se genera una interacción entre lo que es la fertilidad del suelo y su biología buscando encontrar a través de estos estudios una alta biodiversidad. En el centro de esta propuesta se encuentra la familia como eje central en la ejecución y búsqueda de buenos resultados de esta propuesta.

En relación con los cultivares se realizan estudios en los materiales Typica, Bourbon y Maragogipe. Así mismo en otros cultivares antiguos (rescatados) y mejorados genéticamente.

- Porte Bajo y resistente a Roya - Paraíso MG H 419-1, Obatã IAC 1669-20, Tupi IAC 1669-33, IAPAR 59, Acauã y los linajes H 514 y H 518.

- Porte Bajo y moderadamente resistente a Roya - Catucaí Amarelo 24/137, Catucaí Vermelho 36/6, Catucaí-Açu e Catucaí 785/ 15, IBC Palma 1, IBC Palma 2, Oeiras MG 685 y Sabiá 708.

- Porte Bajo y moderadamente resistente a Roya e resistente al minador - Siriema 842.

- Porte de alto y moderadamente resistente a Roya - Canário, Icatu Precoce IAC 3282, Icatu Vermelho IAC 4045 y Icatu Amarelo IAC 2944.

- Porte Bajo y susceptible a Roya - Rubi MG 1192, Topázio MG 1190, Ouro Verde IAC H 5010 – 5, Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 15, Caturra Amarelo IAC 476, Caturra Vermelho IAC 477.

- Porte alto y susceptible a Roya - Acaí Cerrado MG 1474, Mundo Novo IAC 379-19 y Maragogipe.

Las variables que se midieron correspondieron a la severidad de la Roya y de Cercospora, intensidad del Minador y productividad.

Se estudia también la fertilización orgánica relacionándola con enfermedades como la Roya y la Cercospora.

Otros estudios fueron realizados para la evaluación de leguminosas para abono verde en las plantaciones de café con Agricultura Orgánica. Igualmente la evaluación de materiales orgánicos proporcionados

por agricultores familiares (pollinaza, compuestos caseros, compuestos comerciales, plantas espontáneas, estiércol de ganado, ricino picado, paja de café, torta de ricino y bananera picada).

En las conclusiones de la evaluación de los materiales orgánicos, se tiene:

1. Combinar los materiales de más rápida descomposición con otros de descomposición más lenta garantiza al suministro de nutrientes al comienzo de la estación lluviosa y el mantenimiento de suministro de nutrientes a largo plazo y, al mismo tiempo, reduce las posibilidades de pérdidas del sistema.

2. Estos resultados muestran que, para garantizar la nutrición equilibrada de las plantas, hay que hacer una combinación de materiales que complementa la deficiencia de la otra.

Finalmente se realizó un estudio ya publicado por Elsevier (Rezende et al) de cómo los Nectarios extraflorales de árboles asociados pueden ampliar El control natural de plagas.

Apoyo al Plan Nacional del Combate a la Roya en Plantaciones de Café en el Altiplano de Guatemala

Freddy González

Agencia Alemana de Cooperación técnica "GIZ"

freddy.gonzalez@giz.de

Resumen

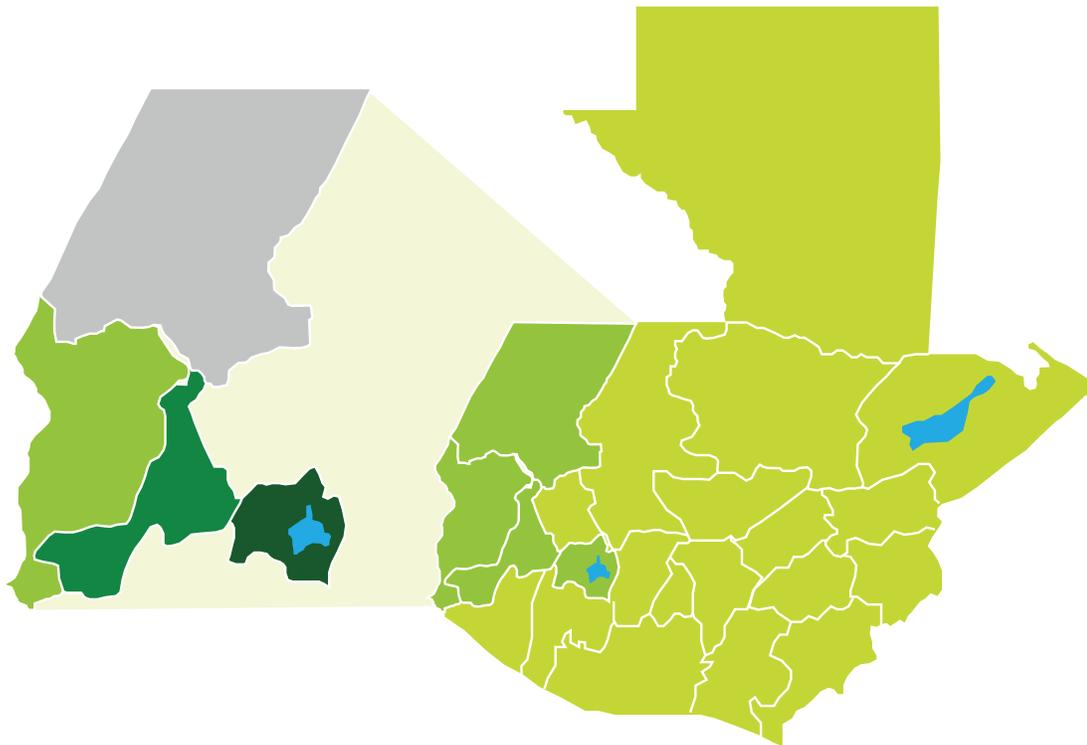
El Proyecto Apoyo al Plan Nacional del Combate a la Roya en Plantaciones de Café en el Altiplano de Guatemala, surge en la GIZ con el propósito de fortalecer y brindar alternativas para el pequeño caficultor en el control de la Roya en plantaciones de café orgánico, ya que en los planes gubernamentales implementados, la alternativa de control de la enfermedad, es con productos químicos de síntesis. En el proyecto Combate contra la Roya en plantaciones de café orgánico, se tienen bajo cobertura dos organizaciones contraparte; el Comité Campesino del Altiplano – CCDA- y la Federación Comercializadora de Café Especial de Guatemala – FECCEG-, los cuales integran dentro de sus estructuras organizativas a pequeños productores que manejan plantaciones de café orgánico y plantaciones en proceso de conversión de manejo convencional a orgánico.

La diseminación de la enfermedad denominada Roya del Cafeto en las plantaciones a nivel nacional, se ha categorizado como una enfermedad de alta importancia económica. En el altiplano de Guatemala donde se caracteriza el manejo de pequeñas plantaciones de café de parte de productores de distintas etnias, mayas y mestizos, el nivel de afección de la Roya, se vincula con la altura sobre el nivel del mar, presentando incidencia baja en las parcelas ubicadas en las partes altas con un promedio de 1800 metros sobre el nivel del mar, incrementándose con la disminución de la ubicación sobre el nivel del mar.

En el proceso de implementación del combate de la Roya del Cafeto, en la parte inicial han estado brindando apoyo las siguientes instituciones: Wee Effect, HIVOS, CEDECO y AGEXPORT. Tomando parte del proceso, la GIZ se vinculó en septiembre del año 2013, y a septiembre del año 2014 se ha tenido la visita de los medios de comunicación para presentar los resultados obtenidos.

En el proyecto se tienen bajo cobertura los departamentos de Sololá, San Marcos, Quetzaltenango y Huehuetenango, fortaleciendo la base productiva con las siguientes acciones:

- Recuperación de plantaciones afectadas, con la aplicación de biofertilizantes y productos para el combate de la Roya; dichos productos son el caldo bordeles, caldo sulfocálcico, caldo multimineral y los siguientes biofertilizantes para las distintas etapas del cultivo: Desarrollo vegetativo, prefloración, post floración, hinchamiento de granos y maduración.
- Manejo de tejidos (específicamente recepas).
- Renovación de plantaciones, con el establecimiento de viveros de café.
- Cultivo de hortalizas, facilitando semillas para el establecimiento de huertos con distintas dimensiones, según la disposición de áreas recepadas de café y áreas para la siembra específica.
- Fortalecimiento de la producción apícola, para la mejora de la polinización y diversificación de ingresos de las familias beneficiarias.
- Establecimiento y fortalecimiento de biofábricas, las cuales son instalaciones utilizadas para la elaboración de biofertilizantes para la nutrición vegetal y control de enfermedades.



Como resultados obtenidos desde el inicio del proyecto, desde el mes de septiembre del año 2013 a septiembre del año 2014, concretamente, se está mejorando la nutrición vegetal, lo que fortalece el plan del combate contra la Roya, ya que una buena nutrición vegetal hace sinergia con el control efectivo de la Roya. En la actualidad se cuenta con plantaciones con mayor producción de granos por planta y mayor crecimiento del fruto y la carga de fruto con buen crecimiento.

A continuación se presentan los resultados obtenidos:

N°	Descripción	Unidad de medida	Total
1	Área en entrenamiento	Manzana	288
2	Productores	Productores	622
3	Biofábricas	Unidades	14
4	Huertos	Parcelas	396
5	Apiarios fortalecidos	Apiarios	13
6	Plántulas de café en vivero	Unidad	350,000
7	Áreas nuevas y renovadas	Manzana	157
8	Capacitaciones	Personas	274

Manejo de la Roya por los productores orgánicos de Costa Rica

Gabriela Soto

Coordinadora de la Maestría de Agricultura Ecológica
Escuela de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional (UNA), Costa Rica
agroecologiauna@gmail.com

Introducción

La crisis de la Roya del Cafeto ha tenido serios impactos en la región Centroamericana, donde se ha declarado emergencia nacional (PROMECAFE e IICA 2013). En Costa Rica se consideró que el 70 % del área en producción fue afectada por la enfermedad, y el Estado ha invertido a la fecha dos mil millones de colones en el Fideicomiso Cafetalero para mitigar su impacto (Oviedo 2011; Barquero 2013).

La producción de café orgánico en Costa Rica representa actualmente un total de 650 hectáreas y 683 mil kilos que se exportan a Europa (Estadísticas 2013, Servicio Fitosanitario del Estado; no se incluyen datos de exportación a Estados Unidos), para un total aproximado de 200 familias productoras.

Para poder comercializar el café orgánico en el mercado internacional y nacional, los productores de café orgánico, deben cumplir con la normativa internacional de producción orgánica, que puede variar según el mercado. Las tres principales normativas que cumplen la mayoría de los productores de café orgánico son la Norma de la Unión Europea 834 (2007) y la 889 (2008), y los requisitos del National Organic Program (NOP) de los Estados Unidos, desde su entrada en vigencia en el 2002. Igualmente las Legislaciones y Reglamentos Nacionales de cada país (Costa Rica Decreto 29782 MAG).

Estas regulaciones restringen el uso de insumos sintéticos en la producción orgánica, tales como los fertilizantes sintéticos y fungicidas sintéticos como los triazoles y carbendazinas. El productor orgánico, debe demostrar que utiliza para el manejo de cualquier plaga los principios de prevención y manejo, antes del control de la plaga. Finalmente para el control puede utilizar únicamente productos naturales, el control biológico o el sulfato de cobre minado naturalmente (Regulaciones de certificación orgánica internacionales).

En general existe poco respaldo técnico y apoyo con investigación para la producción orgánica de parte del sector público y de las Universidades. Así es que los productores orgánicos han tenido que convertirse en investigadores en sus propias fincas, evaluando una y otra estrategia de manejo y control. El presente documento recopila algunas de las prácticas que los productores orgánicos en Costa Rica están utilizando.

A la fecha no se tienen datos de efectividad de estas estrategias, más que el testimonio vivencial de los productores, satisfechos o insatisfechos con los resultados.

Estrategias de manejo de la Roya por productores orgánicos en Costa Rica

Prevención

Las principales estrategias de prevención que utilizan los productores orgánicos son la nutrición y la biodiversidad del sistema. Existe literatura que muestra las ventajas para el manejo de plagas de sistemas diversificados de café (De la Mora, García-Ballinas, y Philpott, 2015); (Soto-Pinto, Perfecto, y Caballero-Nieto, 2002) complementadas con las ventajas que ofrece la diversificación de ingresos por actividades como el jocote o el banano, utilizados como sombra, y que fueron muy importantes durante los años de crisis, ya sea por precios o por Roya (Vega, 2013, datos no publicados).

Otra estrategia de prevención que los productores están evaluando es el cambio de variedades. Es el sentir de los productores que los procesos de selección de variedades realizados en el país, por el Instituto Costarricense del Café (ICAFE), no contemplan las condiciones de la producción orgánica. La variedad

que el ICAFE promueve actualmente, ha mostrado pobres resultados en condiciones orgánicas y se conoce como una variedad altamente exigente en nutrientes (De Melo Moura, W., De Lima, P. C., Fazuoli, L. C., Teixeira, 2013).

Por tanto los productores, como Pablo González, presidente de la Alianza de Productores Orgánicos de Base La Piedra, de Pérez Zeledón, han montado sus propios ensayos de variedades en finca, con 500 a 1000 plantas de variedades como Catuaí, Geisha, Venecia y Catimor entre otras. Lamentablemente, con poca infraestructura de acompañamiento de parte de instituciones de investigación, las mediciones para un estudio comparativo del comportamiento de las variedades serán limitadas (Figura 1). Según indicó uno de los productores (productor Granados), se estarán comparando las variedades con un indicador, el de cosecha.

En el tema de la nutrición, los productores han hecho una mezcla de caldo Vicoso enriquecido con nutrientes y fermentado. El proceso de la fermentación de fuentes minerales es muy difundido en la producción orgánica. Esta técnica, tomada de sistemas de producción japoneses, ha sido poco estudiada en el occidente, donde se ha dado un mayor énfasis al contenido de nutrientes (Shingo, 2007), que a metabolitos secundarios, producidos a través de la fermentación de estos sustratos.

Productores como Carlos Cordero, de la Organización APRORI, en Rivas de Pérez Zeledón, además del sulfato de cobre y la cal, agregan a la mezcla, sulfato de potasio, sulfato de zinc y sulfato de magnesio, así como ácido bórico. Para desarrollar a la vez un fungicida y un fertilizante foliar. El primer paso para la preparación de estos abonos y fungicidas foliares fermentos es la elaboración de Microorganismos de Montaña (MM). Esta técnica fue desarrollada y promulgada por Shogo Sasaki, en su paso como voluntario de la JVC en la década de 1980 en Costa Rica. Su receta ha sido mejorada y practicada por la gran mayoría de pequeños productores orgánicos de la región. Básicamente la metodología consiste en recolectar mantillo del bosque, con alta densidad de hifas, y mezclarlo con semolina de arroz, melaza y agua, y dejarlo fermentar por 30 a 40 días. Posteriormente esta masa se utiliza para la preparación de biofermentos con cada uno de estos nutrientes. Algunos productores, preparan un biofermento para cada nutriente, y los mezclan en diferentes proporciones según el estadio de desarrollo del cultivo lo requiera, y otros productores

preparan una sola mezcla, que aplican normalmente cada semana o cada 15 días.

Control

Para el control de la Roya, el insumo más comúnmente utilizado por los productores orgánicos es el sulfato de cobre. La normativa de la Unión Europea 889 del año 2008 establece que se permite el uso de Sulfato de cobre (oxicloruro de cobre, hidróxido de cobre, óxido cuproso, etc.) hasta un máximo de 6 kg de cobre mineral por hectárea. Este nivel es bastante alto, y es poco frecuente, por razones económicas, que un productor sobrepase esta dosis. La normativa de los Estados Unidos (NOP) establece en su lista de insumos sintéticos permitidos (205 601), en el inciso (i), para el control de enfermedades que se permite el uso del sulfato de cobre siempre y cuando no se ocasione un problema de acumulación de Cu en el suelo. Los productores orgánicos por lo general realizan de dos a tres aplicaciones al año, manteniendo las aplicaciones por debajo de los límites máximos establecidos.

La otra estrategia que algunos utilizan es el control biológico con *Lecanicillium lecanii*. Este es el caso del productor Alexander Gamboa, de AFAORCA, en Acosta de Puriscal. Don Alexander recibió capacitación en el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) para el aislamiento y reproducción de controladores biológicos. Con mucho esfuerzo montó el laboratorio en su casa de habitación, con una cámara de transferencia y un cuarto de reproducción aclimatado. Don Alexander considera que por lo remoto de su finca, los inoculantes biológicos que llevan los vendedores, o que él transporta del centro de la ciudad más cercano, siempre pierden efectividad. Mientras que los inoculantes que ellos preparan, son producidos con bacterias de su propia finca, y se aplican sumamente frescos.

Conclusiones

Los productores orgánicos al ser pioneros y tratar de romper paradigmas de producción, se ven en la necesidad de realizar investigación en sus propias fincas aislados de las estrategias institucionales. Es necesario que tanto las Universidades como los Institutos de Investigaciones gubernamentales trabajen más de cerca de estos productores, en la búsqueda de estrategias de manejo alternativo de estas plagas. Quisiera proponer que tanto las

Universidades como los INTAS promuevan proyectos participativos de investigación junto con estos productores experimentadores.

Se agradece a todos los productores que me recibieron y compartieron sus estrategias de manejo para esta presentación.

Referencias bibliográficas

BARQUERO, M. 2012. *Cosecha Nacional de café caerá un 18 %*. *La Nación*, 22 setiembre, 2013.

DE LA MORA, A.; GARCIA-BALLINA, J.A.; PHILPOTT, S. 2015. *Local, landscape, and diversity drivers of predation services provided by ants in a coffee landscape in Chiapas, Mexico*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 201, 83–91. doi:10.1016/j.agee.2014.11.006

DE MELO MOURA, W.; et al. 2013. *Desempeño de cultivares de café em sistema de cultivo organica na zona de Mata Mineira*. *Coffee Science*, 8(3), 256–264.

IICA, P. 2013. *La crisis del café en Mesoamérica: Causas y respuesta apropiadas* (p. 8).

SHINGO, I. 2007. *Caracterización y evaluación de los factores que determinan la calidad nutricional e inocuidad en la producción de fertilizantes orgánicos fermentados*. Tesis maestría, CATIE.

SOTO-PINTO, L.; PERFECTO, I.; CABALLERO-NIETO, J. 2002. *Shade over coffee: Its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico*. *Agroforestry Systems*, 55, 37–45. doi:10.1023/A:1020266709570

OVIEDO, 2013. *MAG declara emergencia por Roya del Cafeto*. *La Nación*, Costa Rica.



Pablo Granados:
Prueba de variedades
en condiciones orgánicas

“Todas las pruebas de variedades las hacen con manejo convencional, por eso yo tuve que montar mi propia prueba ”

Pero no tiene apoyo de investigadores locales



CATUAI



GEISHA



CATIMOR



VENECIA

Figura 1

Ensayo de variedades del productor Pablo Granados, en Perez Zeledón, Costa Rica (Fotos Pablo Granados).



Figura 2

Estañones donde los productores preparan los biofermentos. En este caso cada estañón tiene un biofermento con un nutriente específico, bioboro, biopotasio, biocalcio, etc. (G. Soto, Finca del productor Jaime Picado, productor orgánico de café, Turrialba, Costa Rica).

Laboratorio para reproducción de microorganismos benéficos:

Trichoderma para Ojo de Gallo
Lecanicidium para Roya



Figura 3

Laboratorio del productor Alexander Gamboa en Acosta de Puriscal, para la producción de *Lecanicillium lecanii* y *Trichoderma spp.* para el manejo de la Roya en su finca (Fotos Gabriela Soto).

Resistencia genética en café: Estrategia de manejo no químico de la Roya del Cafeto

Noel Arrieta Espinoza
Instituto del Café de Costa Rica
Centro de Investigaciones en Café
narrieta@icafe.cr

Introducción

La Roya del Cafeto es una de las enfermedades de mayor importancia a nivel mundial. Los daños que puede ocasionar ésta son muchos, desde el daño fisiológico que sufren las plantas, hecho que origina en la planta la pérdida de productividad en un muy corto plazo, hasta la pérdida de productividad de un país resultando finalmente en la pérdida de empleos y movilidad de la economía.

Esta enfermedad es causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, que tiene la particularidad de ser un parasito obligado, es decir solamente es capaz de desarrollar su ciclo biológico y sobrevivir en tejido vivo. Barquero (2013) describe de una manera muy clara la biología y epidemiología de la enfermedad, pudiendo inclusive identificar y asociar los principales factores climáticos o ambientales en el crecimiento.

Cuando se habla de manejo no químico de una enfermedad en cualquier cultivo se debe pensar que existen una serie de opciones que se pueden aplicar para lograr este fin.

Maloy (2005) recuerda los principios de manejo para las enfermedades de las plantas (Figura 1), y menciona que de todas ellas la **resistencia genética** resulta ser el método ideal para manejar las enfermedades en las plantas, siempre y cuando las plantas resistentes presenten una buena adaptación y calidad en los lugares que se establezcan, además eso sí de contar con una resistencia durable que permita contar con esa opción por un periodo de tiempo importante y continuar con la actividad agrícola, cualquiera que fuera el cultivo.

El uso de plantas resistentes elimina la necesidad de realizar esfuerzos adicionales para evitar pérdidas ocasionadas por algún patógeno; como lo puede ser el uso de agroquímicos.

Existen dos tipos de resistencia a la Roya del Cafeto; la **completa** que hace referencia generalmente a unos pocos genes que le confieren esa resistencia, mientras que la **incompleta** hace referencia a una serie de genes que le pueden conferir resistencia de una forma más perdurable.

Las variedades resistentes a la Roya del Cafeto que se cultivan en mayor proporción en el mundo se han derivado generalmente de procedimientos de reproducción convencionales, de selección y/o hibridación, utilizando como



Figura 1

Principios de manejo
para enfermedades de
las plantas.

fuerza primaria de material genético al Híbrido de Timor, planta que es el resultado de una hibridación natural entre *Coffea arabica* y *Coffea canephora* con el interés de mantener muchas características de un arábigo, conservando inclusive 44 cromosomas.

El Híbrido de Timor ha sido utilizado en los principales programas de mejoramiento genético del Café a nivel mundial, para la creación de decenas de nuevas variedades con resistencia a la enfermedad. Actualmente se pueden distinguir tres grupos de variedades resultado del uso del Híbrido de Timor (Figura 2).

En la región de Centroamérica las variedades con resistencia a la Roya más utilizadas son Catimores tales como CR-95, Lempira, IHCAFE-90, y T-5175 seguidas de los Sarchimores como Cuscatleco, Parainema, IAPAR-59, TUPI, Obatá y T-5296.

En Costa Rica la variedad Obatá está disponible para los productores nacionales a partir del año 2014 como parte del Programa de Control Integrado de la Roya del Cafeto, bajo la modalidad de semilla distribuida a través de las Oficinas Regionales del Instituto del Café de Costa Rica. Este resultado, luego de años de evaluación en distintas localidades del país, donde se determinó su alto nivel de productividad, la buena calidad de la bebida y buena adaptación a distintas condiciones agroecológicas.

La utilización de esta y otra variedad con resistencia a la Roya del Cafeto permitirá a los productores que deseen manejar sus plantaciones con el mínimo uso de agroquímicos y/o de forma orgánica y mantener su producción de forma sostenible y amigable con el ambiente.

CATIMOR
Caturra x híbrido de Timor

SARCHIMOR
Villa Sarchí x híbrido de Timor

CAVIMOR
Catuaí x híbrido de Timor

Figura 2

Grupos de variedades resistentes a la Roya del Cafeto.

Evaluación y validación de un método de muestreo comercial de la Roya *Hemileia vastatrix* Berk & Br.

Oscar Guillermo Campos-Almengor
Julio Cesar Gento-Reyes/Tecnico validador
Nidia Monterroso

Daniel Santos Colon
José Nery Reyes Maldonado
Rivelino Jasinto Mazariegos

Asistentes del Laboratorio de Investigaciones en Café-Cedicafé,
Finca Buena Vista. CEDICAFE-ANACAFE
oscarc@anacafe.org

Resumen

Con el objetivo de contar con un método de muestreo práctico y económico para determinar los niveles de infección y distribución espacial de la Roya Anaranjada del Cafeto, se evaluó y validó su viabilidad. En un área de 10.85 hectáreas se distribuyeron 62 sitios de muestreo de 1750 m² cada uno. Para determinar el rango de confiabilidad del tamaño de muestra, se evaluaron muestras de 50, 75, 100, 125, 150, 175 y 200 hojas por sitio de muestreo.

El análisis de la información permitió establecer la presencia de diferencias significativas entre tratamientos. Para la corrección de los supuestos de normalidad, se aplicó una transformación de rangos. Esta transformación es equivalente a aplicar una prueba no paramétrica (prueba de Friedman). El rango de confianza establecido fue de: $n = 139$ o 150 hojas por sitio.

Con base en los resultados estadísticos, se adoptó la muestra de 140 hojas por sitio de muestreo, equivalente a una muestra de 2 800 hojas en 10,85 ha.

Se validó el método evaluando el rendimiento de un equipo de 4 operarios durante 5 días, muestreándose en este tiempo 16 lotes o secciones de cafetal con diferentes grados de pendiente en un área de 78,25 manzanas (54,78 ha). Se estableció un rendimiento promedio por operario de 15,55 sitios por día equivalentes a 3,89 manzanas (2,72 ha). De acuerdo con las condiciones donde se realizó el estudio, se estableció un costo de Q. 17,48 por manzana (\$ 2,27 por ha).

Introducción

La Roya anaranjada del cafeto, causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, es considerada como la enfermedad que causa las mayores pérdidas económicas a la caficultura mundial. Afecta el área foliar de todas las variedades comerciales susceptibles de *Coffea arabica* L., provocando la caída de las hojas, limitando el desarrollo, llenado y maduración de los frutos, situación que se traduce en una merma significativa en el rendimiento y calidad (2).

Incidencia alta de la enfermedad, complementada con un avanzado daño foliar (severidad), inducen una fuerte caída de hojas, provocando un "paloteo" dejando a las plantas con escasa área foliar, reduciendo su capacidad fotosintética y su productividad, efecto negativo que se traslada a la siguiente cosecha.

La lucha contra la Roya, debe enfocarse en un marco de manejo integrado, considerando aspectos esenciales como la fenología del cafeto y la curva epidemiológica de la enfermedad. El manejo integrado de la Roya (MIR), se conforma con las estrategias de: Muestreo, Uso de cultivares resistentes y Control Químico.

El Muestreo y uso de niveles críticos permite tomar las decisiones más adecuadas de control, al proveer información sobre las especies de plagas presentes, su densidad, condiciones del cultivo, variables ambientales y nivel de actividad de los enemigos naturales. Su comparación con niveles críticos derivados experimentalmente puede ayudar a decidir con alto grado de certeza las medidas a tomar ante determinado problema de plagas (4).

Una de las formas más acertadas para conocer cuál es la situación de la Roya en la finca, es mediante muestreos que determinen la cantidad de enfermedad presente en la finca o lote en particular, considerando su avance en el tiempo (1).

Es importante destacar la importancia del muestreo en el manejo de la Roya, ya que esta herramienta aplicada en forma oportuna, permite conocer el grado de infección y distribución espacial de la enfermedad, y tomar decisiones acerca de las medidas de control a implementar. Entre los beneficios del muestreo, además de conocer el grado de daño y su distribución, permite monitorear la calidad de las aspersiones y el desempeño de los fungicidas utilizados para el manejo de la enfermedad.

Por la importancia que reviste esta práctica en la implementación del MIR, se realizó la presente investigación con el objetivo que el caficultor cuente con un método de muestreo comercial, práctico y económico para el manejo efectivo de la Roya.

Método de estudio

Localización

La investigación se desarrolló en la finca "San Jerónimo Miramar", municipio de Patulul, Suchitepéquez, Guatemala, en el lote de cafetal "Santa Anita 90", ubicada a 4 000 pies sobre el nivel del mar (psnm), a 14° 32'59" Latitud Norte y 91° 9'48" Longitud Oeste, con promedios anuales de temperatura de 26 °C y precipitación de 3.244 ml., en una plantación de "Pache" Coffea arábica L., de la variedad "Pache" de 22 años.

Área de estudio

Para la evaluación del método, se utilizó un área de 15,5 manzanas (10,85 hectáreas), se elaboró un croquis del lote de cafetal en el que se incluyó el número y longitud de los pantes.

Sitios de muestreo

Para este trabajo se tomó como base el estudio de muestreo para broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei*, desarrollado por Sánchez (5), y modificado por Decazy (3). En el área se ubicaron 62 sitios

de muestreo de 1.750 m² cada uno, organizados a lo largo del pante de cafetal, como se muestra en la Figura 1.

Tratamientos

Para determinar el rango de confiabilidad del tamaño de muestra, se evaluaron muestras de: 50, 75, 100, 125, 150, 175 y 200 hojas por sitio de muestreo (1 750 m²). Las muestras fueron extraídas al azar, tomando hojas de los estratos inferior, medio y alto de las plantas, haciendo un recorrido en zig-zag en el interior del sitio.

Resultados

Considerando un diseño experimental en bloques, en donde cada sitio se consideró como un bloque, con la información de los 62 sitios de muestreo, se procedió a comparar los tratamientos. El análisis de la información permitió establecer la presencia de diferencias significativas entre tratamientos. Para la corrección de los supuestos de normalidad, se aplicó una transformación de rangos; esta transformación es equivalente a aplicar una prueba no paramétrica (prueba de Friedman). El rango de confianza establecido fue de: $n = 139$ o 150 hojas por sitio.

Recomendaciones para la distribución de los sitios de muestreo

Se distribuyen 20 sitios de muestreo en un área no mayor de 5 manzanas (10,85 has.). Cada sitio consta de 1 750 m². Para facilitar la interpretación de los resultados, fue conveniente que los pantes y sitios de muestreo estuvieran numerados (Figura 1), y contar con un croquis o mapa de las secciones o lotes de cafetal. Para facilitar la labor del muestreo, los sitios se distribuyeron siguiendo la orientación de los pantes por tener trazos rectos.

Tamaño de muestra óptimo

Con base a los resultados estadísticos, se adoptó la muestra de 140 hojas por sitio de muestreo, equivalente a una muestra de 2 800 hojas en 10,85 ha.

Lote Santa Anita 90. Finca San Jerónimo Miramar, Patulul, Suchitepéquez

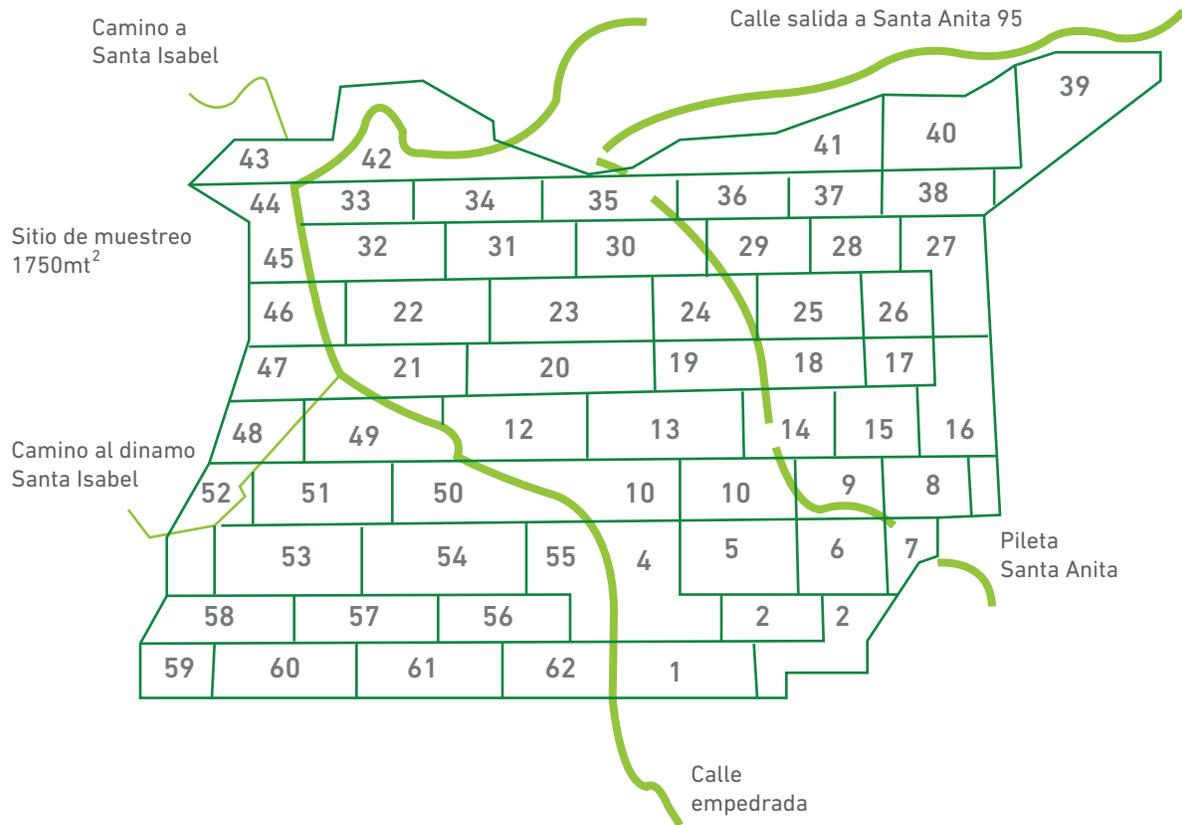


Figura 1

Lote Santa Anita 90, variedad Pache de 22 años. Los sitios se distribuyen sobre los pantes y se numeran para facilitar el análisis de la información.

Extracción de las muestras

La extracción de las muestras debe hacerse de manera aleatoria. Se toman 14 cafetos bien distribuidos en el sitio de 1 750 m² y se extraen 10 hojas de cada cafeto de sus 4 puntos cardinales de la parte baja, media y alta, dando representatividad a la muestra. Para facilitar la labor del muestreo, es recomendable que el operario lleve una bolsa plástica para guardar las hojas extraídas de los cafetos correspondientes

a cada sitio.

Determinación del porcentaje de infección por sitio

El porcentaje de infección en el sitio, se determina separando las hojas infectadas y las hojas sanas, luego el número de hojas infectadas se divide entre el total de hojas de la muestra (140), multiplicado por cien. El índice de infección se anota en la boleta de muestreo.

$$\% \text{ IR} = \frac{\text{Hojas infectadas por sitio}}{\text{Total de hojas e la muestra}} \times 100$$

Boleta de muestreo para determinar % de infección por la Roya

Finca:				
Lote y/o sección de cafetal: _____			Área: Cdas., y/o Mz. _____	
Fecha de muestreo: ____ / ____ / ____			Días después de la floración principal: _____	
Responsable del muestreo: _____				
Sitio	Tamaño de muestra (hojas)	Hojas sanas	Hojas infectadas	% de infección
1	140			
2	140			
3	140			
.				
.				
20	140			
Total				
% infección*				

*% infección en los 20 sitios (5 Mz.) = Total columna % de infección dividido 20.

Validación y costo del muestreo comercial de Roya

Para establecer la viabilidad del método, durante 5 días se evaluó el rendimiento de un equipo de 4 operarios, muestreándose en este tiempo 16 lotes o secciones de cafetal con diferentes grados de pendiente en un área de 78,25 manzanas (54,78 has.). El análisis estadístico de la información reportó que el rendimiento promedio por operario fue de 15,55 sitios por día equivalentes a 3,89 manzanas (2,72 has.) De acuerdo con las condiciones donde se realizó el estudio, se estableció un costo de Q. 17,48 por manzana (\$ 2,27 por ha.)

Conclusiones

Con el aporte de este estudio, se estableció que es posible realizar un monitoreo técnico de la Roya, y establecer oportunamente los índices de infección de la enfermedad, reduciendo riesgos de pérdidas económicas, y evaluar la calidad de las aspersiones y el desempeño de los fungicidas utilizados en el manejo del patógeno.

Referencias bibliográficas

BARQUERO, M.M. 2013. *Recomendaciones para el combate de la Roya del Cafeto*. Instituto del Café de Costa Rica. (ICAFE). San José, Costa Rica. Tercera edición. 63p.

CAMPOS-ALMENGOR, O.G. 2013. *Método de Muestreo de la Roya del Cafeto*. Revista El Cafetal. Ene. 2005: 6-8.

DECAZY, B. 1989. *Muestreo y umbrales para la broca del fruto del cafeteo Hypothenemus hampei, Ferr.* En: III Taller Regional de Broca. Antigua, Guatemala. PROMECAFE, p. 59-70.

QUEZADA, J.R. 1994. *Conocimientos ecológicos como base de una estrategia para Manejo Integrado de Broca: Realidad y Perspectiva*. En: Memoria Seminario/Taller Regional sobre Control Biológico de la Broca del Fruto del Cafeto. IICA-PROMECAFE. Pag. 3-10

SANCHEZ, Y. M. VICENTE. 1984. *Combate Económicamente oportuno de la Broca del Grano del Café*. Instituto Mexicano del Café. Dirección Adjunta de Producción y Mejoramiento de la Caficultura, Gerencia de Investigaciones Agrícolas. 55p.

Red de Agricultura Sostenible

Tom Divney

Senior Manager. Red de Agricultura Sostenible (RAS)
Learning and Support Program Sustainable Agriculture Network
tdivney@san.ag

¿Qué es Red de Agricultura Sostenible?

Red de Agricultura Sostenible (RAS) es una coalición de ONGs. Se fundó en 1997 como respuesta a preocupaciones acerca de los impactos sociales y ambientales de los modelos de agricultura de productos grandes (*commodities*) en los trópicos. En aquel entonces, muchos grupos en países desarrollados abogaban por un moratorio en la compra de productos tales como banano, azúcar, carne y café, debido a sus vínculos con deforestación, contaminación ambiental y condiciones deplorables para trabajadores y comunidades. Los nueve miembros fundadores de RAS apostaron que la certificación de fincas en cuanto a la implementación de una norma de buenas prácticas agrícolas, sociales y ambientales podría ofrecer a los consumidores un oportunidad de "votar con sus billeteras" en favor de una producción agrícola más sostenible.

Hoy día RAS consiste de nueve miembros ONGs: Siete en las Américas, una en la Unión Europea y una en África. A final del mes de octubre de 2014, RAS emite certificados que abarcan más de 1,17 millones de operaciones agrícolas, 1,8 millones de hectáreas de producción y más de 3,1 millones de hectáreas totales¹. Hay 99 cultivos certificados, los más grandes en área y valor son cacao, café, bananos y tea.

RAS es el dueño de la *Norma de Agricultura Sostenible* que se usa para certificar fincas y grupos de fincas. Rainforest Alliance (RA), una de las ONGs fundadores de RAS, es el dueño del sello Rainforest Alliance Certified™ y co-propietario con RAS del sistema de certificación y de trazabilidad de productos certificados. Todas las operaciones certificadas tienen el derecho de vender sus productos con el sello. RA era la secretaria de RAS hasta el 1° de julio del año 2014 cuando RAS se independizó bajo su propia identidad legal y financiera.

Norma de Agricultura Sostenible

La *Norma de Agricultura Sostenible* es un compendio de buenas prácticas agrícolas, sociales y ambientales que contribuyen a la sostenibilidad de las operaciones agrícolas en los trópicos. La versión actual de la norma consiste de 10 principios, y cada principio de varios criterios que describen las buenas prácticas. Algunos criterios importantes son:

- Prohibidas la destrucción de ecosistemas y la deforestación.
- Mantener cobertura de sombra/sistema agroforestal según condiciones agroecológicas y ambientales, pero tomando en cuenta factores fitotécnicos.
- Implementar programas de conservación de agua, suelos y de biodiversidad.
- Ejecutar un programa de manejo integrado de desechos.
- Evaluar y manejar los riesgos de salud y seguridad ocupacional.
- Mantener buenas condiciones para trabajadores y familias que viven en las fincas.
- Fomentar las buenas relaciones con comunidades aledañas.

Se puede descargar una copia de la Norma del sitio de Internet de RAS:

http://www.san.ag/biblioteca/docs/SAN-S-1-1.2_Sustainable_Agriculture_Standard.pdf

¹ Incluye áreas en producción, infraestructura y áreas de conservación dentro de los límites de las fincas certificadas.

Roya, Norma de Agricultura Sostenible y Certificación

Muchas finca certificadas RAS estuvieron afectadas por la Roya durante los últimos años. Los miembros de RAS en países cafetaleros tienen evidencia empírica que las fincas certificadas resistían mejor la Roya, o fueron menos afectadas, que fincas no certificadas.

¿Por qué?

La *Norma de Agricultura Sostenible* requiere que fincas certificadas implementen varias prácticas que expertos consideran importantes para el desarrollo de resistencia de cultivos contra enfermedades y plagas, entre ellas:

Las fincas deben ejecutar un programa de manejo integrado de plagas (MIP), fundamentado en principios ecológicos de control de poblaciones de plagas dañinas (insectos, plantas, animales y microbios):

- Prioridad al uso de controles físicos, mecánicos, culturales y biológicos y al menor uso posible de agroquímicos.
- Incluye actividades para el monitoreo de poblaciones de plagas, la capacitación de personal de monitoreo y las técnicas de manejo integrado de plagas.

Las fincas deben recolectar y describir la información sobre las infestaciones de las plagas:

- Fechas, duración, extensión y ubicación de la infestación.
- Tipo de plaga.
- Mecanismos de control empleados.
- Factores ambientales durante la infestación.
- Daños físicos y los costos estimados de los daños y del control.

Las fincas deben tener un programa de fertilización de suelos o cultivos fundamentado en las características y propiedades de los suelos, el muestreo y análisis periódicos de suelos o follaje y la asesoría de una autoridad o profesional competente e imparcial en la materia.

Las fincas deben usar y expandir el uso de coberturas verdes de vegetación para reducir la erosión y mejorar la fertilidad, estructura y contenido de materia orgánica de los suelos, así como para minimizar el uso de herbicidas.

Además, las fincas certificadas tienen que proteger ecosistemas naturales y no deforestar. La sombra es un requisito para cultivos como café y cacao², pero manejada según condiciones agroecológicas y climatológicas para evitar la propagación de enfermedades.

Certificación y productividad

Como se mencionó en la sección anterior, RAS no tiene evidencia directa que las fincas certificadas sean más resistentes a plagas y enfermedades. No obstante, RAS, con la ayuda de RA y otras organizaciones, paulatinamente está recolectando datos e información que indican que las fincas certificadas bajo la Norma son más productivas, más rentables y con menos impactos ambientales. En otras palabras, más sostenibles y resistentes a condiciones adversas.

El estudio *Coffee Farming: Improving Income and Social Conditions* de Rainforest Alliance (Whelan y Newsom, 2014) da algunos ejemplos de los impactos positivos de implementar las buenas prácticas encontradas en la *Norma de Agricultura Sostenible*:

- Fincas de una cooperativa en la provincia de Junín, Perú produjo 148 kilogramos más de café por hectárea que las fincas no certificadas (Barham & Weber, 2012).
- Productividad 2,5 mayor en fincas certificadas que no certificadas: Santander, Colombia (Hughell & Newsom, 2013).
- Adopción de prácticas de prevención de Roya y Broca significativamente más alta en fincas certificadas en Colombia (Ruben & Zuniga, 2011).
- Comparación de dos grupos de 11 fincas en la región de Peñas Blancas, Nicaragua: Producción en fincas certificadas de 1 430 kilogramos por hectárea comparado con 872 kilogramos por hectárea en fincas no certificadas (Hagar et. al., 2012).

² Es importante señalar que la sombra no es un requisito en sistemas de producción de café donde la cobertura original de vegetación no era bosque, como en el Cerrado de Brasil. En tales casos, las fincas necesitan conservar parte de los ecosistemas originales.

Otras investigaciones han indicado lo siguiente:

- Mayor beneficios económicos, productivos (40 %) y de eficiencia y ganancia (75 %) en 197 fincas encuestadas en Brasil, Colombia, El Salvador, Guatemala y Perú.
- Estudio de CENICAFE (2013) notó mayor calidad de agua y mayor diversidad de fauna del suelo en algunas fincas certificadas.
- Varios estudios indican mayor sentido de bienestar, eficiencia y ganancia económica en fincas certificadas

RAS y Prevención de la Roya

RAS y sus miembros ofrece la posibilidad de trabajar con fincas cafetaleras que implementan buenas prácticas agrícolas que fomentan su resistencia a condiciones agroecológicas adversas. Son importantes laboratorios para probar diferentes técnicas de prevención y combate de la Roya. Mientras que los auditores y asesores técnicos de los miembros de RAS en muchos casos no tienen capacidad formal en temas fitosanitarios, son entrenados y experimentados en la observación y evaluación de prácticas agrícolas y en técnicas de apoyo y capacitación de agricultores de todo tipo. Pueden ser aliados valiosos en programas e investigaciones acerca de la Roya.

RAS está en el proceso de revisar y actualizar la Norma para Agricultura Sostenible, con una misión de hacer la Norma más concisa, más práctica y más enfocada en resultados (*outcomes*). Uno de los nuevos enfoques es la planificación y productividad de fincas, que abarca un sistema integral de manejo de productividad y la planificación, medición y análisis del consumo de insumos con su efecto en producción y, por ende, en las ganancias de la finca. RAS considera sumamente importante el enfoque de producción integral, que también incluye la conservación de la biodiversidad y de recursos naturales, para hacer fincas más resistentes y adaptables ante el cambio climático, las influencias económicas y de mercado, y, en el caso de café, ante la Roya.

Referencias bibliográficas

BARHAM, B. L.; WEBER, J. G. 2012. *The Economic Sustainability of Certified Coffee: Recent Evidence from Mexico and Peru.* *World Development*, 40(6), 1269–1279. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.world-dev.2011.11.005>.

HAGGAR, J.; et al. 2012. *Environmental and economic costs and benefits from sustainable certification of coffee in Nicaragua.* *Food Chain*, 2(1), 24–41. doi:10.3362/2046-1887.2012.004
HUGHHELL, D.; NEWSOM, D. 2013. *Impacts of Rainforest Alliance Certification on Coffee Farms in Colombia.*

RUBEN, R.; ZUNIGA, G. 2011. *How standards compete: comparative impact of coffee certification schemes in Northern Nicaragua.* *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(2), 98–109. doi:10.1108/13598541111115356

WHELAN, T.; NEWSOM, D. 2014. *Sustainable coffee farming. Improving Income and Social Conditions, Protecting Water, Soil and Forests.* Rainforest Alliance, New York. <http://www.rainforest-alliance.org/publications/sustainable-coffee-farming-report>

ZNAJDA, S. 2009. *Examining the Impacts of the Rainforest Alliance/SAN Coffee Certification Program: A Summary of Local Perspectives from San Juan del Río Coco, Nicaragua.*

Manejo no químico Roya del Cafeto- Experiencia Panamá

José A. Lezcano

PROMICAFÉ

jose_alb@yahoo.com

Resumen

En desarrollo del proyecto TCP/SLM/3403 (Roya del Café) se ejecutan investigaciones con el propósito de valorar acciones en el control de la Roya sin la aplicación de productos químicos.

Se trata de un proyecto que se ejecuta con 7 700 productores de los cuales 3 900 se encuentran situados en las Tierras catalogadas como altas. Cubre un área de 19 400 ha con un nivel de producción de café de 224 600 qq (60 %) y un rendimiento de 15,5 qq de café verde. El empleo de mano de obra es de 32 000 permanentes. En el año 2013 el nivel de ataque de la Roya en las plantaciones estuvo entre el 60-70 %. La reducción en rendimiento por efecto de la enfermedad fue del 30 %. El café se cultiva en asociación con otros cultivos.

En el planteamiento de este proyecto se revisa lo realizado por otros países en el manejo biológico de la Roya, encontrando que hay experiencias pero sin resultados contundentes. El estudio de microorganismos de control biológico, extractos de microorganismos y plantas y el uso de agentes inductores de resistencia muestran resultados básicamente en condiciones semicontroladas pero no de campo (Cristancho, 2011). Otros autores han estudiado el potencial de las bacterias *Bacillus thuringiensis* (Roveratti et al., 1989) , *B. subtilis* (Haddad et al., 2009; Daivasikamani y Rajanaika, 2008) y especies de bacterias del género *Pseudomonas spp* (Porras, 1996). En el caso del *B. subtilis* éste no mostró efecto sobre la Roya del café (incidencia mayor del 23 %).

En el uso de *B. subtilis* en Panamá se evaluó ésta bacteria y se comparó con cuatro dosis diferentes frente al Hidroxido de cobre y un testigo absoluto. El trabajo de campo se realizó en plantaciones de café entre 2 y 9 años empleando un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Se evaluó la incidencia y la severidad de la Roya y se construyeron las curvas de progreso de la enfermedad. Los resultados mostraron valores en los niveles de Roya muy similares entre tratamientos sin diferencias estadísticas con el testigo absoluto. Este estudio también se está realizando en plantas pequeñas (almácigo) observando el efecto inductor de resistencia producido por esta bacteria en las plantas de café.

En aspectos de Bioprospección se realizan muestreos en las zonas de Renacimiento (Monte Lirio, San Antonio, Rio Sereno y Altamira) y de Boquete (Palmira, Palo Alto, Jaramillo, Volcanito y Alto Quiel) mirando el potencial de *Lecanicillium lecanii* y las relaciones del Díptero asociado a este hongo con la Roya. Se realizará la prospección de otros organismos con potencial contra la Roya especialmente los relacionados con la rizosfera de plantas de café y del filoplano de las hojas.

Hans R. Neumann Stiftung Fortaleciendo la caficultura familiar

Pablo Ruiz

pablo.ruiz@hrnstiftung.org

Resumen

La Fundación Friedrich Neumann es una de las grandes fundaciones políticas alemanas. Fue creada en 1958 por la familia Neumann, con los siguientes objetivos:

- Promover el liberalismo político formando ciudadanos capaces de tomar decisiones informadas y responsables en sus contextos políticos y sociales.
- Apoyar actividades en los países en desarrollo, especialmente en materia de educación cívica, capacitación en materia de los medios de comunicación, servicios legales, micro-empresas y diálogo político Norte-Sur.

En 1987 contaba con un presupuesto de más de 37 millones de USD, invirtiendo 20 millones en educación al desarrollo.

La fundación mantiene más de cuarenta oficinas locales en los países de desarrollo.

En las actividades de educación al desarrollo, se puede citar la organización de seminarios, grupos de debate, programas de capacitación y edición. Los temas de éstos son las relaciones Norte-Sur, políticas de desarrollo, derechos humanos, medios de comunicación, en dirección de un público de estudiantes, políticos, empresarios y opinión pública.

En cuanto a las acciones de desarrollo, se han apoyado seminarios sobre conflictos étnicos en Sri Lanka, capacitación de líderes comunitarios en Nepal, actividades y publicaciones referentes a la educación jurídica en Indonesia; capacitación para personal de radios rurales que efectúan asistencia radiofónica agrícola en el Congo; apoyo a servicios legales en Sudáfrica; programas de alfabetización y proyectos de desarrollo comunitario en Burkina Faso; programas de capacitación para trabajadores rurales en Colombia; capacitación en medios de comunicación para servicios radiofónicos y publicaciones en Costa Rica, etc.

Los idiomas de trabajo son alemán, inglés, francés y español.

En la actualidad busca fortalecer la caficultura familiar y por ello la presencia en este Seminario Internacional con el fin de ilustrar sobre lo que ha sido la participación de esta fundación en el manejo de la Roya del Cafeto en la reserva de Trifinio, zona limítrofe entre Guatemala, Honduras y El Salvador.

Este proyecto de integración se conoce como PROTCAFES, que significa Proyecto Trinacional : Café Especial Sostenible.

Este proyecto se está desarrollando desde el año 2007 con vigencia hasta el año 2018 trabajando por un grupo meta de 5 000 familias.

Se trabaja con aliados como : Int Coffee Partners ; Tim Hortons ; DFADT ; Tchibo ; Plan Trifinio ; Kfw,DEG y en el desarrollo de su trabajo involucra cuatro elementos claves que están relacionados con la organización de los productores ; el incremento de la productividad; el mejoramiento en la comercialización y mercadeo del café y la integración de ejes transversales : género, cambio climático, seguridad alimentaria y educación.

Extrapolando los datos para la región de Trifinio las pérdidas en la producción de café por efecto de la Roya en PRTCAFES fue de 35 millones de USD y en jornales fue de 1 198 800 por la falta de trabajo. Los árboles de café fueron destruidos por la Roya.

El valor de la canasta básica alimentaria en Guatemala es de 3 520 USD/año y en Honduras de 3 600 USD/año. Con 2 hectáreas de café la gente puede sobrevivir por un año.

Entre las razones de por qué tanta severidad de la Roya en esta zona se mencionan las siguientes : la avanzada edad de los cafetales, el inadecuado manejo de los tejidos, aspectos deficientes en la nutrición, la predominancia de variedades susceptibles, el control tardío y la influencia de condiciones del cultivo no muy conocidas como fueron el efecto de la sombra y el cambio en el comportamiento del clima.

Acciones se han realizado como por ejemplo la elaboración de 10 000 afiches sobre el manejo integrado de la Roya consensuado con las organizaciones que participan en el plan Trifinio. El MAGA de Guatemala desea hacer una reproducción de 75 000 ejemplares.

En la ejecución de nuevos proyectos está el de Coffe and Climate con una visión muy clara que le permita a los productores de café responder con eficacia al cambio climático. Con tal propósito se están desarrollando acciones como son la conformación de un Comité de expertos en el manejo de la Roya; entrenamiento a los extensionistas; caja de herramientas (toolbox) y disponer de nuevos puntos de difusión. También se ejecuta un estudio entre el CATIE-CIRAD y PROMECAFÉ buscando desarrollar Indicadores meteorológicos y climáticos de la Roya del Café.

El manejo de la Roya se enfoca en el control preventivo empleando el Caldo Sulfocalcio y el caldo Viçosa. Además se busca validar el potencial que tienen los microorganismos de montaña, el control biológico y el Silicio.

Conclusiones Seminario “Manejo Agroecológico de la Roya de Café”

La roya de café ha causado estragos en muchas fincas, comunidades y países cafeteros de América Latina en los últimos cinco años. Se ha analizado los impactos, posibles causas de las epidemias y respuestas. Mucha de la discusión sobre el manejo de la roya y acciones para el futuro se ha centrado en dos aspectos: el uso de fungicidas y variedades “resistentes” a la roya. Ambos temas juegan un papel en el manejo del corto plazo y discusiones sobre inversiones futuras. Pero no son y no deben ser los únicos temas a discutir en el contexto del manejo de la roya y necesidades en el futuro para lograr una sostenibilidad de la caficultura en América Latina.

Los brotes de la roya nos demuestran de nuevo la importancia del conocimiento y entendimiento de la dinámica de la agroecología de los sistemas cafetaleros, incluyendo los hongos causantes de la roya. Solo con un mayor conocimiento y entendimiento podríamos hacer recomendaciones sobre el manejo agroecológico de la roya y otras enfermedades y plagas del café.

El Seminario Internacional “Manejo Agroecológico de la Roya de Café”, realizado en Panamá en septiembre de 2014 tuvo dentro de sus objetivos, presentar el estado del arte sobre la agroecología de este hongo, así como intercambiar experiencias y resultados entre investigadores y productores de café en la región, determinar cuáles son los vacíos de conocimiento como un primer paso en un proceso de identificar prioridades de investigación, y determinar si hay consenso sobre ciertos puntos que ayudarían a crear recomendaciones concretas de manejo de esta enfermedad por parte de los caficultores.

El seminario logró traer a los investigadores en roya más destacados de los países de la región. Ellos hicieron sus presentaciones las cuales se encuentran agrupadas en este documento. Los resultados son muy interesantes, porque demuestran la complejidad de la agroecología del hongo y los sistemas cafetaleros, apuntando al hecho que se debe seguir investigando para profundizar nuestros conocimientos. No hay respuestas fáciles, ni mucho menos recomendaciones sencillas; sin

embargo sabemos que la producción sostenible en la caficultura en América Latina dependerá de conocimientos más profundos logrados a través de trabajos de investigación sobre la biología y ecología del hongo así como de los factores bióticos y abióticos que conforman los agroecosistemas.

Todavía nos falta mucha investigación sobre temas básicos, como la relación y modelaje de factores de temperatura, lluvia, humedad, viento, sombra y su incidencia sobre la roya. Sabemos muy poco sobre el flujo de esporas a larga distancia en los cafetales y sobre todo hay muy poca información sobre las interacciones biológicas y ecológicas que ocurren entre *Hemileia vastatrix* con otros hongos, bacterias y demás microorganismos que se encuentran en los cafetales.

El Seminario demostró no solo la complejidad de la agroecología de la roya y los vacíos existentes en nuestro conocimiento, sino también se dejó claro que hay muy pocos investigadores y recurso humano dedicados al tema de la agroecología de esta enfermedad, y ello debido probablemente a que dentro de los centros de estudios el enfoque que predomina para contrarrestarla es el control convencional a través del uso de fungicidas y variedades resistentes.

Un paso importante es un entendimiento más profundo de la agroecología de los cafetales en la región a través de la conformación de una red de investigadores, con la participación activa de productores de café (especialmente de la producción orgánica) para seguir compartiendo resultados y experiencias y desarrollando investigaciones que abarcan centros de investigación e investigadores de diferentes países. Se espera que este Seminario y su Memoria marquen pasos importantes en la creación de esta red de profesionales en el tema, para poder generar más conocimiento sobre la agroecología de la enfermedad, conocimiento que permitiría la sostenibilidad de la caficultura en la región.



ISBN 978-92-5-308966-6



9 789253 089666

I5137S/1/11.15