



USAID | **GUATEMALA**
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



ENMIENDA AL EG PERSUAP INCLUSIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*)

OFICINA DE CRECIMIENTO ECONÓMICO
AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL
DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

OCTUBRE 2013

La realización de esta publicación fue posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos de América proporcionado a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo el contrato AID-520-TO-11-00001.

**ENMIENDA AL EG PERSUAP
INCLUSIÓN DE FUNGICIDAS
PARA EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ
(*Hemileia vastatrix*)**

OFICINA DE CRECIMIENTO ECONÓMICO
AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL
DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

OCTUBRE 2013

Número de contrato: 520-TO-11-00001-0

Proyecto: Apoyo a Políticas y Regulaciones para el Crecimiento Económico

CONTENIDO

SIGLAS	IV
PERSONAS CONSULTADAS	V
RESUMEN EJECUTIVO	VI
1. ANTECEDENTES	1
2. REPORTE DE ANÁLISIS DE LOS PESTICIDAS PARA EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ EN GUATEMALA	4
2.1. HALLAZGOS PRINCIPALES	6
2.1.1 <i>CONSIDERACIONES SOBRE AGRICULTURA ORGÁNICA</i>	7
2.2. DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS.....	10
3. BIOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA DE LA ROYA DEL CAFÉ	10
3.1. HOSPEDEROS.....	10
3.2. SÍNTOMAS Y SIGNOS	10
3.3. DIAGNÓSTICO Y CICLO DE VIDA.....	11
3.4. ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR E INCIDENCIA DE LA ROYA	12
3.5. CONDICIONES IDEALES PARA EL DESARROLLO DE LA ROYA DEL CAFÉ	12
3.6. SOBREVIVENCIA.....	13
3.7. DISPERSIÓN	13
3.7.1. <i>DISPERSIÓN EN GUATEMALA</i>	13
4. PRÁCTICAS QUE SE DESARROLLAN ACTUALMENTE PARA EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ EN GUATEMALA Y ALGUNAS PROPUESTAS COMPLEMENTARIAS	15
4.1. CONTROL GENÉTICO.....	15
4.2. VIGORIZACIÓN.....	16
4.2.1. <i>SISTEMAS DE PODA</i>	16
4.2.2. <i>PODAS DE RECUPERACIÓN</i>	16
4.2.3. <i>FERTILIZACIÓN AL SUELO, FOLIAR Y ENMIENDAS</i>	16
4.3. MANEJO DE ÁRBOLES DE SOMBRA.....	17
4.4. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS ORIENTADAS A REDUCIR EL IMPACTO DE LA ROYA DEL CAFÉ	17
4.5. MUESTREO DE ROYA DEL CAFÉ Y CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS.....	21
<i>Procedimiento:</i>	21
<i>Interpretación:</i>	22
4.6. USO DE FUNGICIDAS.....	23
4.6.1. <i>FUNGICIDAS SISTÉMICOS</i>	23
4.6.2. <i>FUNGICIDAS DE CONTACTO</i>	23
4.6.3. <i>PROGRAMA FITOSANITARIO</i>	25
4.6.4. <i>MANEJO DEL DESARROLLO DE RESISTENCIA A LOS FUNGICIDAS</i>	26
5. GUIA PARA EL MANEJO SEGURO DE PESTICIDAS EN EL CULTIVO DE CAFÉ	28
5.1. CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS FORMULACIONES DE PESTICIDAS	28
5.1.1. <i>PESTICIDAS LÍQUIDOS</i>	28
5.1.2. <i>PESTICIDAS SÓLIDOS</i>	29
5.2. MANEJO DE PESTICIDAS SEGÚN SU FORMULACIÓN	29
5.2.1. <i>POLVOS Y GRANULADOS</i>	30
5.2.2. <i>SUSPENSIONES, EMULSIONES Y DISPERSIONES</i>	30

5.3. RECOMENDACIONES DE USO SEGURO	31
5.3.1. USO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	31
5.3.2. CARGA DE TRABAJO	32
5.3.3. TECNOLOGÍA DE ASPERSIÓN.....	32
6. PLAN DE USO SEGURO DE PESTICIDAS PARA CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ.....	34
6.1. MATRÍZ DE PLANEACIÓN (SUAP)	34
7. REFERENCIAS	37
7.1. CITADAS.....	37
7.2. CONSULTADAS.....	40
ANEXO 1. ANÁLISIS TOXICOLÓGICO Y ECO TOXICOLÓGICO	41
ANEXO 2. BIO DEP (CAMA BIOLÓGICA SEGÚN AGREQUIMA)	42

SIGLAS

ANACAFE	Asociación Nacional del Café de Guatemala
CABI	<i>Centre for Agricultural Bioscience International</i>
EPP	Equipo de Protección Personal
I. A. s	Ingredientes Activos
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (también denominada comúnmente AID)
USEPA	Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de Estados Unidos (también denominada comúnmente EPA)

PERSONAS CONSULTADAS

Ing. Sergio Lima M. A.	PROMOAGRO
Ing. Rudy Carías	MAKESHIM
Ing. Joselyn Mejía	DISAGRO
Ing. Víctor Gutiérrez	DUWEST Nicaragua
Ing. Pedro Arias	DUWEST Guatemala
Ing. Patricia Morales	DUWEST Guatemala
M. Sc. Rodolfo González	STOLLER C. A. y El Caribe
Ing. Noel Molina	STOLLER Costa Rica
Ing. Ovidio Castro	STOLLER Guatemala
Ing. Carlos Ruano	Syngenta
Ing. Francisco Cruz	La Corneta
Ing. Alejandra Agosto	GHORTEX
Ph.D. Francisco Anzueto	ANACAFE
Ing. Iván Buitrón	AGEXPORT
Ing. Jesús Alvarado	FEDECOCAGUA

RESUMEN EJECUTIVO

Las condiciones ambientales, las variedades plantadas en el país y el manejo agronómico, entre otros factores, han ocasionado un brote epidémico de la Roya del café, afectando significativamente la producción de café tanto en cantidad como en calidad en los últimos años. Ante esta situación y la inminente necesidad de socios implementadores de proyectos de USAID, de plantear un manejo integrado de la enfermedad que incluye la utilización de fungicidas, se requiere de un reporte de evaluación de plaguicidas y plan de uso seguro para garantizar su efectividad en términos biológicos y asegurar la protección del consumidor, aplicador, ambiente y cultivo.

El presente documento es una enmienda (complemento) al Reporte de Evaluación de pesticidas y plan de uso seguro para los proyectos agrícolas de la Oficina de Crecimiento Económico de USAID/Guatemala (EG - PERSUAP por sus siglas en inglés), e incorpora el análisis de fungicidas para el control de la Roya del café.

El enfoque principal de su desarrollo es proporcionar las bases analíticas del manejo integrado de plagas y del manejo integrado del cultivo para el control de la Roya del café. A través de éste documento *guía* se presentan los ingredientes activos, y sus respectivos productos comerciales, como una base para su selección y utilización en el cultivo de café.

En todo momento, la selección se fundamentó en aspectos legales y científicos considerando como primer filtro las restricciones que por ley prohíben el uso de fungicidas en café, para ser exportado a Estados Unidos de Norteamérica y, aún cuando algunos productos cumplen con éstas especificaciones legales y las leyes nacionales¹, algunos fueron excluidos por los autores, en función de las investigaciones más recientes disponibles donde se demuestra su ineficiencia para el control de la enfermedad, dadas las condiciones agro ecológicas de Guatemala.

En el presente documento se acoplan las mejores prácticas agrícolas desarrolladas en el país para el manejo integrado de la Roya del café y los elementos principales para el manejo específico de los fungicidas recomendados, considerando detalles como su formulación, factores ambientales, el equipo necesario para garantizar su eficiencia y mitigar el riesgo asociado a su uso.

En algunos casos, ha implicado la adecuación del formato para presentar un análisis por ingrediente activo y, aparte, presentar un listado con los productos comerciales con registro en el MAGA que están siendo comercializados actualmente. Esto con el fin de facilitar el acceso a diversos fungicidas a los

¹ Consideraciones que deben corroborarse por los socios implementadores al ser dinámicas algunas de ellas como vigencia del registro y recomendaciones de uso específicas en café en Guatemala, contar con etiqueta y panfleto en ley, entre otras.

productores que, en muchos casos, tienen dificultades para implementar buenas prácticas en el manejo de los mismos.

Por ésta última razón, también se han ampliado significativamente los componentes introductorios y el marco conceptual del manejo general de la enfermedad en relación a trabajos equivalentes realizados en otras latitudes. Se omiten listados de productos “*no recomendados*”, para evitar confundir a los productores ya que a juicio de los autores, incluirlos sería el primer paso para conseguir su utilización a nivel de campo.

Se reitera que la intención técnica, inmersa transversalmente a los temas presentados, es orientar al productor al uso seguro, correcto: *legal y técnicamente* y a la producción de café inocuo dentro de los estándares establecidos para su comercio internacional.

En todo momento se orienta al productor, socio implementador, al manejo integrado de cultivo y manejo integrado de plagas. En ningún caso se le orienta al uso de un fungicida y, mucho menos, al uso de pesticidas como la única alternativa para su control.

El análisis de pesticidas presentado tiene como fondo conceptos de articulación que faciliten su implementación, como un programa fitosanitario amigable al lector, de fácil interpretación y una tabla en la que se muestran los productos encontrados a nivel comercial *recomendados* y con especificaciones que facilitan su rotación y uso racional, además de evidenciar la no preferencia de casas comerciales oferentes.

Como comentario para la apreciación de la esencia del documento, las recomendaciones se han estructurado de tal forma que sean relativamente fáciles de implementar, obviando explicaciones que, en muchos casos, puedan llevar a la interpretación de aspectos técnicos en la que los productores puedan equivocarse, resumiéndose el proceso de toma de decisiones, pero manteniendo el objeto de cada práctica.

1. ANTECEDENTES

Aunque aún sin cifras definitivas, representantes de la ICO² han expresado su preocupación por la epidemia de Roya del café³ que actualmente afecta a Centro América, obligando a organizaciones gubernamentales y privadas a reaccionar para combatir la problemática (ICO, 2013). A nivel regional se considera que afectará a los cerca de 351,000 productores y 1,000,000 de personas que se involucran en producción del aromático, representando la pérdida de aproximadamente 437,000 trabajos en el área rural (ICO, 2013).

Según el Ing. Nils Leporowsky, presidente de la Asociación Nacional del Café de Guatemala (ANACAFE), actualmente se cuenta con 90,000 productores de café, distribuidos en 204 de los 334 municipios del país (61%) cubriendo un área aproximada de 276,000 hectáreas.

A su vez, indica que en un muestreo realizado en 1608 sitios del país, se determinó que al menos 193,200 hectáreas se encuentran “infectadas” por la Roya del café pudiendo ocasionar hasta un 15% de reducción de la cosecha 2012/2013 (4.8 millones de quintales de café oro, equivalentes a 4.74 millones de bolsas de 46 kilogramos), esto se calcula que puede llegar a impactar a nivel rural con una reducción de 185,400 empleos, lo que representaría un 42.43% de la estimación realizada a nivel centroamericano.

Las razones del brote epidémico de la Roya del café son un tema de debate diario entre los científicos dedicados al cultivo; sin embargo cobra sentido que los esfuerzos aislados que se han realizado para controlar la enfermedad no han sido útiles, la extensión de su diseminación y el nivel de severidad alcanzado de acuerdo a lo que explica el Agro Climatólogo, Dr. Álvaro Jaramillo, científico del CENICAFÉ⁴, quien indica que, a nivel regional, estaremos experimentando efectos de la oscilación decadal del océano Pacífico, fenómeno climatológico que implica la sucesión de años con altas precipitaciones, bajo brillo solar y bajas temperaturas.

Este hecho se ha analizado ampliamente por la Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de Norteamérica, NOAA, por sus siglas en inglés y, al parecer del Dr. Jaramillo, se marca a partir del año 2006 (Jaramillo, 2012).

² ICO: International Coffee Organization.

³ Roya del café: *Hemileia vastatrix* Berk. & Broome 1869 (Basidiomycete). Código EPPO: HEMIVA

⁴ CENICAFÉ: Centro Nacional de Investigaciones de Café, Colombia.

Cabe mencionar que una razón de fondo, adicional a las citadas anteriormente, que ha permitido que actualmente la Roya del café se encuentre presente en todas las áreas donde está sembrado este cultivo, haya ocasionado pérdidas económicas y daños sociales millonarios en Guatemala, es la dificultad de anticiparse a la variabilidad y el cambio climático y el efecto que puede tener en el cultivo de café.

Actualmente, en Guatemala existen diversas variedades, descendientes del híbrido de Timor que tienen resistencia a la Roya del café, los denominados Catimores (líneas) aunque ocupan un área en proporción, reducida del parque cafetalero (alrededor del 10%), están ampliamente distribuidos a nivel nacional y podrían utilizarse para reducir el riesgo de brotes epidémicos a mediano y largo plazo de ésta enfermedad.

Es necesario destacar una idea que se reitera en el documento: éstas variedades son más susceptibles que el resto de variedades arábicas al hongo *Mycena citricolor*, u Ojo de Gallo, en altitudes superiores a los 1300 metros sobre el nivel del mar o condiciones constantes de alta humedad, además su producción de grano vano y calidad de taza deben ser considerados cuidadosamente, pues varían en ambos casos en relación a las variedades plantadas tradicionalmente.

La falta de previsión contra la Roya del café, sumadas al mal manejo agronómico, fertilización deficiente, lavado de bases del suelo ocasionadas por las excesivas precipitaciones, los cambios bruscos de temperatura y el comportamiento de la humedad relativa ha permitido que el agente etiológico de la Roya encuentre condiciones favorables para su desarrollo.

Según CABI, citado por González, *et al.* (2013), la Roya del café ha implicado un incremento de los costos en países como Brasil (US \$67.00/hectárea), lo que equivale a cerca del 9% del valor de las exportaciones del grano, lo cual hace evidente la importancia económica del efecto de la enfermedad, dado que el costo de su manejo en cultivares susceptibles es relativamente elevado.

En Guatemala, utilizando un promedio del costo de los productos más comúnmente empleados, lo cual es una situación variable, podemos establecer que el costo de la aplicación del programa fitosanitario propuesto en ésta enmienda para el manejo de la Roya del café (sin considerar otras practicas) con dos aspersiones de fungicidas de contacto y dos de fungicidas sistémicos, sería aproximadamente de Q594.95 por hectárea (equivalentes a US \$75.89/hectárea, usando una tasa de cambio de Q7.84/1US \$, sin considerar mano de obra y equipo de aspersión).

Las iniciativas particulares, privadas y la ayuda internacional, serán de vital importancia para que los productores puedan acceder a la tecnología y

recursos necesarios para implementar métodos de manejo integrado de plagas y manejo racional de pesticidas para el manejo de la Roya del café. En caso contrario, el patógeno seguirá expandiendo sus efectos, posiblemente la mayor parte de la caficultura nacional se verá afectada, lo que incidirá directamente en aumentar los problemas de crisis económica que sufre el país.

Para controlar exitosamente ésta enfermedad y producir café inocuo, se necesita de la integración de numerosas prácticas de cultivo, que provean de condiciones favorables a la planta y adversas a la enfermedad, sólo a través de ésta “integración” se puede tratar de garantizar que existirá un nivel de producción que permita alcanzar rentabilidad.

En la actualidad, una de las herramientas que necesitan los productores para controlar la Roya del café, es un programa fitosanitario que considere no solo la protección del consumidor, aplicador, ambiente y cultivo, sino también el manejo del riesgo de desarrollo de resistencia a fungicidas por parte del agente etológico.

Entre el año 2010 y el 2012, la Agencia de Desarrollo Internacional de Estados Unidos (USAID) en Guatemala, realizó un primer reporte de análisis de pesticidas y plan de uso más seguro (PERSUAP) para los mismos en los proyectos agrícolas que cuentan con apoyo de esa Agencia, sin embargo, en este momento la situación de la Roya del café no era parte del panorama agrícola nacional, por lo que no se incluyó esta enfermedad y sus potenciales mecanismos de control en este documento.

Con el carácter de emergencia que adquirió esta enfermedad, se ha requerido enmendar tal documento, con el objetivo de considerar el manejo de la Roya del café, desde una perspectiva integral, dejando como último recurso el uso del control químico por sus implicaciones toxicológicas, ecotoxicológicas y de inocuidad del producto. A la vez, la enmienda al documento permite identificar de forma clara qué fungicidas son los recomendados, cuales cumplen con las regulaciones estadounidenses (USEPA y FDA) y pueden ser empleados racional y efectivamente en el cultivo de café. Vale la pena resaltar el hecho de que esta enmienda consiste en una ampliación al PERSUAP realizado, no limita ni priva la aplicación de los principios generales y buenas prácticas descritas en el documento original, pues su uso en muchos casos es general y el espíritu de la enmienda es proveer claridad en el manejo de una problemática específica, mas no dejar por un lado las bases establecidas.

2. REPORTE DE ANÁLISIS DE LOS PESTICIDAS PARA EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ EN GUATEMALA

Actualmente existen pocos fungicidas⁵ sistémicos cuyos ingredientes activos puedan ser técnicamente rotados⁶ en el control de la Roya del café, todos ellos son de amplia utilización a nivel nacional y están registrados en Guatemala con recomendaciones de uso en el cultivo de café. Los tres grupos químicos que los acoplan (triazoles, estrobirulinas e inorgánicos) cuentan con registro en USEPA y son utilizados ampliamente en diversos cultivos de consumo humano en Estados Unidos y a nivel mundial.

De éstos tres grupos de fungicidas, dos son sistémicos y cuentan con una característica limitante, para su uso a mediano y largo plazo, la cual es que funcionan bioquímicamente en un sitio específico del metabolismo del agente etiológico de la Roya del café y éste cuenta con herramientas genéticas para desarrollar resistencia metabólica por diversas vías a dichos fungicidas. Por lo que, además del uso correcto de pesticidas en general, es de suma importancia que los técnicos y productores beneficiarios de los proyectos de USAID conozcan las medidas de mitigación de riesgo de desarrollo de tal resistencia.

En cuanto a fungicidas de contacto, no todas las alternativas cuentan con un registro para uso como fungicida, ni en el MAGA, ni en USEPA. Es recurrente el caso en el que productos a base de hidróxido de calcio, hidróxido de magnesio, sulfato de cobre, azufre micronizado, sus mezclas u otras fuentes de tales elementos, se encuentren registradas como fertilizantes foliares, y lo son, sin embargo, también se les utiliza para la elaboración de mezclas fungicidas equivalentes al caldo bordelés y caldo *viçosa*, o se utilizan individualmente por su efecto fungicida y de compensación nutricional, a nivel foliar, y por ello son recomendables para ser utilizados, particularmente en el marco de caficultura orgánica.

Dada la necesidad de ampliar el marco del uso de fungicidas de contacto, particularmente aquellos elaborados a partir de sales de cobre y compuestos de calcio, se concurre con la opinión emitida en el EG – PERSUAP (para Guatemala, versión Julio, 2012) sobre la utilización del Caldo Bordelés de acuerdo a lo establecido por la Universidad de California, en Davis⁷, ampliando conceptualmente la elaboración de éstas mezclas para incluir los compuestos citados anteriormente y otros como el sulfato de zinc y ácido bórico por sus propiedades fungistáticas y compensatorias al estado fisiológico de la planta, su asimilación foliar es fundamental para recuperar las plantas de café afectadas y no comprometen la inocuidad del grano.

⁵ Pesticida para el control de hongos.

⁶ Alternados puede ser un sinónimo agronómicamente correcto.

⁷ <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn7481.html>

Como parte del análisis de los fungicidas que se incluyen en esta enmienda para el control de la Roya del café, se consideraron los 12 aspectos requeridos en la Regulación 216 del Código Federal de Regulaciones del Gobierno de Estados Unidos de América (incisos A-L), que incluye los elementos que requieren acciones específicas para ser articulados en la práctica (ver la matriz de análisis). En el Anexo 1 se presentan elementos de juicio sobre el impacto en la salud humana y ambiental derivada del uso de los pesticidas incluidos en el listado propuesto.

2.1. HALLAZGOS PRINCIPALES

Actualmente diversas instituciones a nivel nacional promueven la realización de aspersiones reiteradas de triazoles, que son fungicidas sistémicos para el control de la Roya del café⁸. Es importante aclarar que se necesita establecer una rotación clara entre los fungicidas (según su forma de acción contra el hongo) por lo que no se recomiendan adoptar tales recomendaciones.

A pesar de no contar con una amplia gama de alternativas para el control de la Roya del café, se cuenta con los fungicidas suficientes para elaborar un plan fitosanitario técnicamente correcto, rotando los fungicidas por su mecanismo de acción diferente para los tres grupos principales de fungicidas sistémicos: triazoles y estrobirulinas. De acuerdo a investigaciones recientes, particularmente las de Campos *et al.* (2013) y Navas, (S.F.), se demuestran, no sólo la necesidad de la utilización de fungicidas sistémicos, sino también que no todos ellos son efectivos para el control de la Roya del café y que la rotación de éstos, con fungicidas de contacto es benéfica para el cultivo.

En el Cuadro 1 se presenta un listado de los fungicidas e ingredientes activos (IAs) seleccionados para ser recomendados para el control de la Roya del café a nivel nacional, son relativamente pocos al comparar con los que están registrados en el MAGA.

Se tomaron tres criterios de selección iniciales, para enfocar la investigación en consideraciones específicas: a) que contaran con registro tanto en el MAGA⁹ como en USEPA, y sus respectivas tolerancias, b) estudios de eficiencia y c) disponibilidad en el mercado. También se proporciona tanto para los fungicidas sistémicos como los de contacto (inorgánico) los elementos necesarios para su aplicación segura en el marco de la disponibilidad y riesgo.

Aunque la mayoría los fungicidas de contacto, sales elementales de cobre y compuestos básicos a base de calcio, no se encuentran registrados como fungicidas, se sugiere su utilización como parte del manejo integrado de la Roya del Café, pues al tener un efecto fungicida de contacto y efecto multi sitio, diferente al que poseen los fungicidas sistémicos, son una alternativa ideal para rotar los ingredientes activos y mitigar así el riesgo del apareamiento de resistencia en la Roya del Café; producen además, un efecto de compensación al cultivo, aportándole minerales esenciales..

Se pudo determinar que tanto las formulaciones existentes de los fungicidas sistémicos como de contacto, que se analizaron, requieren de un manejo diferenciado de las mismas para alcanzar la eficiencia suficiente para el control de la enfermedad.

⁸ Se ampliará la importancia de evitar ésta práctica en el análisis de resistencia: triazoles.

⁹ Con recomendaciones de uso en café.

En cuanto a los mecanismos a utilizarse para su aspersión, los fungicidas sistémicos, requieren una menor cobertura y su densidad (granulometría), les permite ser aplicados con boquillas de orificios relativamente reducidos (no las taponan), por lo que aquellas que proporcionan una aspersión en doble abanico son ideales.

Los fungicidas de contacto, por el contrario, necesitan boquillas de orificios grandes (mayor descarga) y mayor número de gotas por centímetro cuadrado de cobertura, lo que se alcanza con abanicos de inducción de aire. Las boquillas de amplio espectro de chorro plano son funcionales, permiten mantener un perfil de mojado apropiado tanto en baja como alta presión, versátiles en el uso de aspersoras manuales y motorizadas o equipos de presión deficiente, caso que aunque no debería encontrarse, frecuentemente es parte de las limitantes en el manejo de plaguicidas a nivel nacional, en términos generales ofrece una buena cobertura en promedio para la aplicación de fungicidas sistémicos y de contacto. Si no se puede adquirir por alguna razón (costo, por ejemplo) una boquilla para la aplicación de cada tipo de producto, el uso de ésta sería una solución técnicamente razonable.

Finalmente, un hallazgo importante del análisis de los pesticidas recomendados es que, para alcanzar el control de la Roya del café, no basta con seleccionar el ingrediente activo ideal, dosificarlo, mezclarlo y asperjarlo apropiadamente, bajo medidas de seguridad. Se necesita aplicar toda una serie de medidas de control integrado para alcanzar el éxito y éstos pesticidas deben formar parte de ese manejo integrado, deben comenzar su aplicación en el “momento oportuno”, empezando cuando la enfermedad inicia su desarrollo, entre abril y mayo, al inicio de la época lluviosa. Adicionalmente, debe considerarse que esto es relativo pues tratamos con un hongo poli cíclico.

Cabe destacar el hecho de que aunque existen relativamente pocas alternativas de fungicidas para el control de la Roya como se muestra en el cuadro 1, su uso e implementación de técnicas de manejo integrado de acuerdo a la biología y epidemiología de la enfermedad, serán en conjunto la recomendación primordial de esta enmienda al PERSUAP y la solución en el corto plazo para controlar la Roya.

2.1.1 CONSIDERACIONES SOBRE AGRICULTURA ORGÁNICA

En función de lo observado, el manejo del actual brote epidémico de la Roya del Café, no puede ser controlado únicamente con fungicidas a base de cobre u otros, compuestos inorgánicos, que cumplen con las normativas de agricultura orgánica; en otras palabras, no puede realizarse una recomendación de uso de éstos fungicidas que garantice el buen desarrollo del cultivo de café en el marco de caficultura orgánica.

Sin embargo, las prácticas recomendadas como manejo integrado de la Roya del café aplican para ésta filosofía de cultivo y a largo plazo, la renovación varietal puede contribuir, en conjunto con las prácticas agronómicas y uso de fungicidas inorgánicos (principalmente a base de cobre); a producir café orgánico.

Cuadro 1. Ingredientes activos recomendados y factores sujetos de análisis según la regulación 216 (A-L), incluyendo registro en Guatemala.

Ingrediente activo en español e inglés	Código EPA (EPA PC CODE)	Registro en Guatemala (ejemplo)	Criterio para su selección	Parte de manejo integrado de plagas	Método de aplicación	Toxicidad crónica en humanos	Eficaz en Guatemala	Compatibilidad Ambiental	Contaminante de agua	Pesticidas alternativos	Habilidad de control gubernamental	Entrenamiento presente	Monitoreo presente
Triazoles													
Tebuconazol (Tebuconazole)	Folicur 3.6 F 264-752 ORIOUS 20 EW 66222-128	898-51	Acción biológica y eficacia	Si	Aspersora de espalda, manual o motorizada (principalmente)	PC	Si	Tóxico para peces y crustáceos	Si	Si	Débil	Si	Débil
Cyproconazol (Cyproconazole)	Alto 100 SL 100-1226	302-157	Acción biológica y eficacia	Si	Aspersora de espalda, manual o motorizada (principalmente)	CC	Si	Tóxico para peces y crustáceos	Si	Si	Débil	Si	Débil
Estrobirulinas													
Trifloxystrobina (Trifloxystrobin)	Flint 264-777	33458	Acción biológica y eficacia	Si	Aspersora de espalda, manual o motorizada (principalmente)	SIC	Si	SIC	SIC	Si	Débil	Si	Débil
Pyraclostrobin (Pyraclostrobin)	Cabrio EG 7969-187	78-110	Acción biológica y eficacia	Si	Aspersora de espalda, manual o motorizada (principalmente)	SIC	Si	SIC	POTENCIAL	Si	Débil	Si	Débil
Inorgánicos (Fungicidas a base de cobre)													
Hidróxido de cobre (Copper hydroxide)	Blue shield 40 df 45002-22	312-47	Acción biológica y eficacia	Si	Aspersora de espalda, manual o motorizada (principalmente)	ENC	Si	Tóxico para peces y crustáceos	Si	Si	Débil	Si	Débil
Oxícloruro de cobre (Copper oxychloride)	Coc wp 45002-17	724-16	Acción biológica y eficacia	Si	Aspersora de espalda, manual o motorizada (principalmente)	ENC	Si	Tóxico para peces y crustáceos	Si	Si	Débil	Si	Débil
Sulfato de cobre penta hidratado (Copper sulfate pentahydrate)	Agro-k copper lite 48222-7	561-7	Acción biológica y eficacia	Si	Aspersora de espalda, manual o motorizada (principalmente)	ENC	Si	Tóxico para peces y crustáceos	Si	Si	Débil	Si	Débil

Clave: ET= Extremadamente tóxico; AT= Altamente tóxico; MT=moderadamente tóxico; LT= Ligeramente tóxico; PNT= Prácticamente no tóxico; NAT= No agudamente tóxico; P= Potencial; SIC= Sin información concluyente

CC = Carcinógeno conocido; PC= Posible Carcinógeno; DE = Disruptor Endócrino; PDR = Potencial desarrollador de toxinas reproductivas; P = Desarrollador de la enfermedad de Parkinson; ENC = Efectos no conocidos

2.2. DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS

Aunque existen en el mercado otros fungicidas que se prescriben para el control de la Roya del café, y cumplen con las regulaciones locales, contando con recomendación de uso en el cultivo de café, no cumplen con las regulaciones recomendadas por USEPA. En algunos casos, las mezclas de ingredientes activos con potencial uso, con otros I.A.s no autorizados, implica su descalificación en razón del objetivo del presente PER.

Se encontrarán casos en los que algunos fungicidas no se recomiendan, a pesar de que teóricamente prescriben y cuentan con los pases de ley correspondientes en Guatemala y cumplen con los requisitos de USEPA, algunos por criterios de toxicidad en humanos y pruebas de eficacia realizadas a nivel local como la de Campos, O.; Gento, J.; Santos, D.; Reyes, J. & Jasinto, R. (2013, ANACAFÉ) posterior al registro.

3. BIOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA DE LA ROYA DEL CAFÉ

3.1. HOSPEDEROS

La Roya del café parasita *Coffea arabica* y *C. canephora*, las dos principales especies cultivadas a nivel mundial, siendo la primera, la más sembrada en Guatemala. *C. canephora* es cultivada para producción de grano y también como patrón para injertar *C. arábica* por su resistencia a nemátodos. Según Arneson, (2000), la Roya también afecta a otras 25 especies del género *Coffea*. La existencia de un hospedero “alterno” ha sido postulada pero hasta la fecha, no se ha determinado. La Roya del café es un parásito obligado.

3.2. SÍNTOMAS Y SIGNOS

En etapas iniciales de la enfermedad, pueden observarse pequeñas manchas cloróticas en el envés de la hoja (2 a 3 milímetros de diámetro), éstas pueden tener forma irregular a medida que se agrandan y se unen, luego, la emergencia de las estructuras reproductivas (uredosporas) puede apreciarse en el envés de la hoja, ver Figura 1.



Figura 1. Síntomas y signos de la Roya del café. Izquierda síntoma; derecha signo. Fotografías originales Arneson (2000).

Paulatinamente, las lesiones pueden cubrir la mayor parte de la hoja, hasta que finalmente se observan áreas necróticas y secas, finalmente caen. No se ha observado daño ocasionado por ésta enfermedad en hojas en sus primeras etapas de desarrollo, cuando aún se encuentran suaves y no han alcanzado su tamaño máximo.

3.3. DIAGNÓSTICO Y CICLO DE VIDA

La Roya del café fue reportada por primera vez por un explorador inglés en especies silvestres de *Coffea* en el lago Victoria, al este de África en 1861. Éste micro organismo permanece celularmente en un estado dicariótico, y aunque alguna recombinación genética puede darse, básicamente se reproduce asexualmente. La producción de esporas “sexuales” se da ocasionalmente aunque su importancia y efecto en la dinámica de la enfermedad no es conocido a fondo. Eventualmente, bajo condiciones de frío, en hojas viejas se producen teliosporas que germinan para producir basidios y generan basidiosporas, sin embargo ésta parte del ciclo de vida se considera sin importancia en el café, pues no se conoce en qué hospedero puedan infectar para continuar así el ciclo de vida, el cual se ilustra a continuación (figura 2 Arneson, 2000).

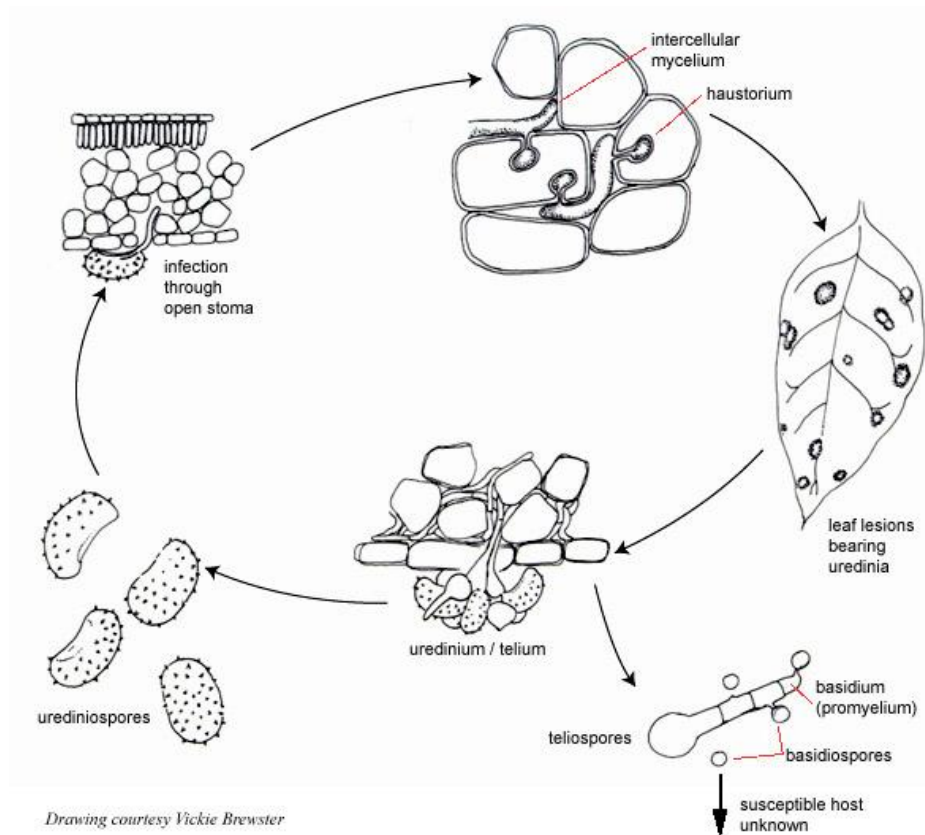


Figura 2. Ciclo de vida de la Roya del café, propuesto por Arneson (2000).

La Roya del café puede diagnosticarse fácilmente por el hospedero, ya que *Hemileia vastatrix* es la única Roya que afecta al cultivo de café. A nivel microscópico, las uredosporas en forma de riñón naranja, con “espinas”, son caracteres de diagnóstico.

3.4. ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR E INCIDENCIA DE LA ROYA

Históricamente, se consideraba que la Roya del café se encontraría en altitudes inferiores a los 1000 msnm, hecho ampliamente aceptado hasta hace unos años, actualmente se sabe que se ha diseminado a todas las regiones productoras de café de Guatemala, inclusive observándose a 1700 metros sobre el nivel del mar en Quetzaltenango.

3.5. CONDICIONES IDEALES PARA EL DESARROLLO DE LA ROYA DEL CAFÉ

A continuación se presenta un listado de condiciones favorables para el desarrollo de la Roya del café.

1. Hospedero susceptible
2. Alta carga fructífera
3. Alta carga de inóculo
4. Alta precipitación (> 700 mm/anuales)
5. Temperaturas entre 18°C y 26°C
6. Alta humedad relativa (>80%)
7. Mojado foliar
8. Mala fertilización, suelos sin ser enmendados, suelos de baja fertilidad
9. Altas densidades de siembra o alto número de ejes, producto de falta de deshije
10. Sin aplicación de fungicidas o mal uso de los mismos

Aunque pueden existir otros factores, se considera que éstos son básicos para que la enfermedad pueda alcanzar alta incidencia y severidad.

3.6. SOBREVIVENCIA

Aunque diversos autores concuerdan en que principalmente sobrevive en tejidos del hospedante, debe considerarse y cuantificarse el inóculo que permanece en el aire y sobre la superficie de hojas presentes en el agro ecosistema productivo.

Se ha considerado que un hiperparásito, *Verticillium hemileiae*, puede tener algún efecto sobre el inóculo residual. Sin embargo, en áreas “inundadas” con éste hongo en las que se encontraba presente la enfermedad, sólo se consiguió reducir el nivel de severidad de 90 a 70%, sin diferencia en la incidencia (100% en tratamiento y testigo) lo que en términos prácticos no mostró diferencias en la producción (Anzueto, *et al.* 2010).

3.7. DISPERSIÓN

Existen dos factores que dispersan principalmente la Roya del café, el viento y la lluvia; también al momento de la cosecha, principalmente, la dispersión ocasionada por la gente podría ser importante. En diversos estudios realizados, particularmente por ANACAFE, sobre la epidemiología de la enfermedad se evidencia la dispersión e incremento de incidencia y severidad de la enfermedad, en parcelas cultivadas con café, luego del inicio de la cosecha. Pueden existir otros medios de dispersión, menores, tales como a través de insectos, como moscas, por ejemplo, cuando los niveles de severidad son elevados, se han observado en varias localidades larvas de dípteros alimentándose de las uredosporas.

Según Arneson (2000) la esporulación ocurre entre 10 y 14 días luego de la infección, produciendo entre cuatro y seis veces esporas, para un total aproximado de 300,000 en 3 a 5 meses, de tal forma, la Roya del café es poli cíclica.

3.7.1. DISPERSIÓN EN GUATEMALA

A continuación se presenta un mapa de dispersión y estimación de daños ocasionados por la Roya del café en Guatemala. Los puntos blancos son la escala uno, que representa áreas sanas; los verdes son la escala dos, que representan áreas con baja incidencia y severidad; los puntos amarillos, escala tres, representan áreas con incidencia y severidad moderada; y los puntos rojos son la escala cuatro y representan una alta incidencia y severidad. Puede apreciarse que la Roya está presente en todas las regiones productoras de café del país.

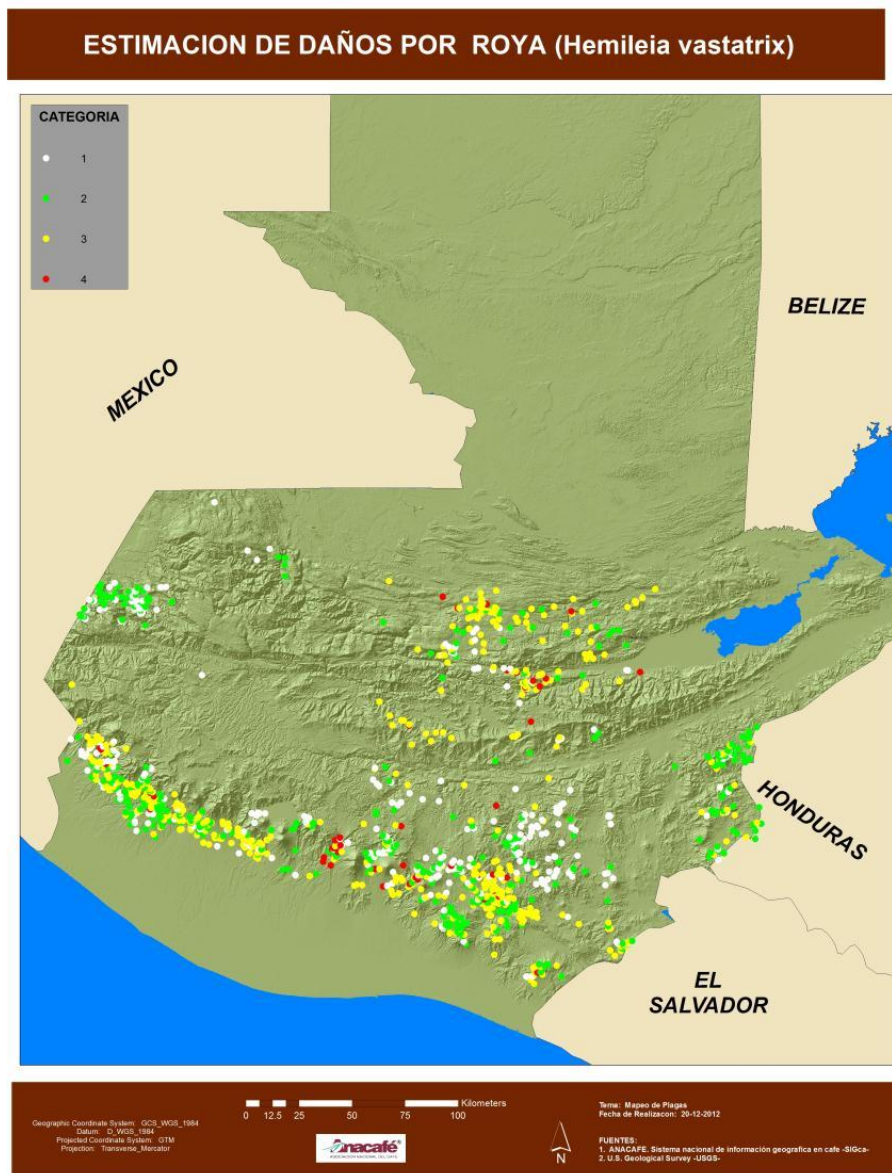


Figura 3. Mapa de distribución y estimación de daños ocasionados por la Roya del café en Guatemala (ANACAFE, 2012).

4. PRÁCTICAS QUE SE DESARROLLAN ACTUALMENTE PARA EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ EN GUATEMALA Y ALGUNAS PROPUESTAS COMPLEMENTARIAS

Como marco para el manejo integrado de la enfermedad, se recomienda considerar genéricamente lo indicado en el anexo 2 a del EG – PERSUAP (2012, p. 105 – 108).

Actualmente se recomiendan diversas técnicas de cultivo que, integradas, conforman el manejo de la Roya del café en Guatemala. Las más comunes y efectivas son las siguientes:

4.1. CONTROL GENÉTICO

Consiste en la utilización de variedades resistentes genéticamente a la Roya del café. Básicamente, deben contar con genes del denominado “Híbrido de Timor”, considerado un híbrido natural entre *C. canephora* y *C. arábica*. Los grupos fisiológicos con factores de resistencia derivan directamente de *C. canephora* (Anzueto, S. F. & Anzueto, 2013) (Figura 4).

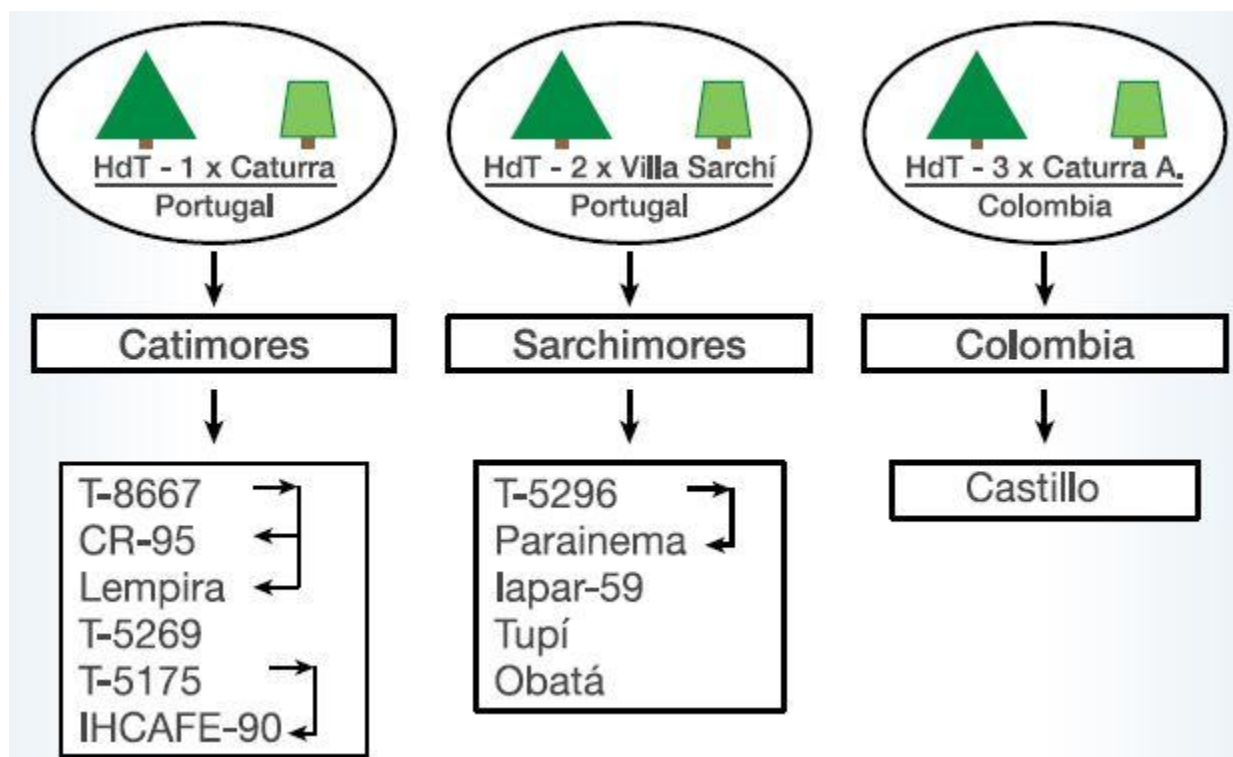


Figura 4. Variedades de café recomendadas actualmente para la siembra en Guatemala. Las flechas indican similitud, HdT: Híbrido de Timor. Fuente: Anzueto, 2013.

4.2. VIGORIZACIÓN

Toda aquella práctica de cultivo que contribuya a mejorar la condición de sanidad, crecimiento y productividad de la planta se considera vigorizante. Las principales son las siguientes:

4.2.1. SISTEMAS DE PODA

Consisten en el ordenamiento sistemático en el tiempo y espacio del tejido productivo, implican la selección de distanciamientos de siembra y podas consuetudinarias, idealmente anuales.

4.2.2. PODAS DE RECUPERACIÓN

Aunque el concepto de poda de saneamiento no aplica para el manejo de la Roya del café; eventualmente será necesario realizar podas ya sea por surcos o en bloque (áreas parciales o totales de unidades productivas) puesto que el nivel de defoliación puede ser elevado, consecuentemente la proporción de tejido productivo en la planta es mínimo.

Cuando esto ocurre y se tiene hojas y tejido productivo en el último tercio de altura de una planta en edad productiva (5 años en adelante) puede requerirse su poda parcial o su recepa (poda baja) para regresar la productividad a la plantación. Debe tomarse en cuenta que para producir se necesita crecimiento foliar constante para ganar “nudos productivos”.

4.2.3. FERTILIZACIÓN AL SUELO, FOLIAR Y ENMIENDAS

El manejo de la fertilización y enmiendas al suelo es fundamental para vigorizar la plantación, esto permitirá un desarrollo rápido en plantaciones nuevas, que las lleve de forma precoz a producción. Además, dará el soporte necesario para el llenado del fruto y para el correcto funcionamiento fisiológico de la planta, ya que las deficiencias de calcio y potasio, contribuyen al desarrollo de enfermedades fungosas en el café.

De igual forma, el pH es fundamental en la asimilación de minerales del suelo por la planta, cuando éste es muy alto, o bajo, la mayoría de micro elementos no es asimilable para el café. Esto afecta en que se tienen deficiencias que comprometen la producción, por tal razón se recomienda la aplicación de boro, zinc, calcio y potasio a nivel foliar, además de la enmienda de los suelos para corregir su pH.

4.3. MANEJO DE ÁRBOLES DE SOMBRA

Es conocido el efecto que tiene realizar podas severas a los árboles de sombra de café, ya que, fisiológicamente, se hace trabajar más al cultivo, para elevar la producción. Éste desgaste permite que la carga fructífera aumente y de acuerdo a diversas investigaciones, particularmente las presentadas por Avelino (S.F.) establecen la relación directa que existe entre el incremento en cosecha y severidad por Roya del café. Es necesario podar los árboles de sombra para favorecer la ventilación en el cafetal, sin embargo la eliminación total de la sombra resulta contraproducente en plantaciones en las que la enfermedad se encuentra presente.

4.4. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS ORIENTADAS A REDUCIR EL IMPACTO DE LA ROYA DEL CAFÉ

Para tomar en cuenta los elementos esenciales de las buenas prácticas agrícolas se identificaron 12 que hay que tomar en cuenta para reducir el impacto de la Roya en el cultivo de café (siguientes 3 páginas), los cuales se enlistan a continuación:

1. Selección de semilla.
2. Injertación.
3. Manejo de almácigo.
4. Conservación de suelos.
5. Aplicación de fertilización y enmiendas.
6. Sistema con gramíneas y aplicación de yeso (dependiendo del estado del sistema y su aplicabilidad).
7. Poda de árboles de sombra.
8. Poda de cafetales.
9. Poda al momento de la siembra.
10. Diversificación de sombra.
11. Producción de vermicompost.
12. Uso racional de fungicidas.

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS ORIENTADAS A REDUCIR EL IMPACTO DE LA ROYA DEL CAFÉ



Fotografía: Abraham Jarquim



Fotografía: Josué Girón



Fotografía: Josué Girón



Fotografía: Mario Chocoj

SELECCIÓN DE SEMILLA

De acuerdo a la zona en la que nos encontremos, podemos seleccionar semilla resistente a Roya del café como primer paso para su manejo integrado.

INJERTACIÓN

Con el objeto de reducir la necesidad de pesticidas, especialmente para el manejo de plagas del suelo, que reducen la vitalidad, productividad y tolerancia del café a condiciones adversas de clima, la injertación es una práctica recomendable, especialmente para áreas bajo los 1300 metros sobre el nivel del mar, es acá, donde también, tenemos los mayores problemas con la Roya del Café.

MANEJO DE ALMÁCIGO

Reducir el paso de personal en el almacigo, así como evitar establecerlo cerca de plantaciones enfermas, mucho menos, entre plantas adultas para utilizarlas como sombra, es una práctica que retrasará el apareamiento de la Roya del café en el cultivo, el uso de fungicidas preventivos es recomendable, sin embargo, no más de 4 aplicaciones en el ciclo de desarrollo antes de trasladar las plantas a campo.

CONSERVACIÓN DE SUELOS

Parecerá fuera de lugar, sin embargo, la conservación de suelos al mantener el suelo fértil, favorece el desarrollo vigoroso del café y forma parte también del manejo integrado de plagas en el cultivo, al momento de establecer cafetales, debe ser tomado en cuenta realizar ésta práctica.

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS ORIENTADAS A REDUCIR EL IMPACTO DE LA ROYA DEL CAFÉ

			
<p>Fotografía: Humberto Jiménez</p>	<p>Fotografía: Joao Romero</p>	<p>Fotografía: Mario Cardona</p>	<p>Fotografía: Darío Samayoa</p>
<p>APLICACIÓN DE FERTILIZACIÓN Y ENMIENDAS</p> <p>Deben realizarse muestreos de suelo idealmente antes del establecimiento de las lluvias para con éstas, iniciar la fertilización y enmienda del suelo, vale la pena considerar enmendar el suelo al momento de la siembra que será el único en el cual podremos favorecer el desarrollo del cuerpo radicular en estratos profundos del suelo, con poco esfuerzo.</p>	<p>SISTEMA CON GRAMÍNEAS Y APLICACIÓN DE YESO</p> <p>En los lugares donde la topografía lo permite, así como la condición de luminosidad favorece el crecimiento de gramíneas, puede utilizarse el sistema de cultivo con Brachiaria entre surcos y aplicación de yeso al cultivo, para favorecer la producción de materia orgánica y desarrollo del café, a su vez, consiste en una forma de eliminación de malezas y conservación efectiva del suelo.</p>	<p>PODA DE ÁRBOLES DE SOMBRA</p> <p>Debe considerarse la relación existente entre la poda de sombra y producción, uno de los principales factores que induce el apareamiento de Roya del café es la estimulación a producción alta, de la que la poda excesiva de árboles de sombra es parte, reducirla racionalmente es una forma de ventilar el cafetal y crear un ambiente favorable al cultivo.</p>	<p>PODA DE CAFETALES</p> <p>Cuándo éstos han sido defoliados, debemos realizar las podas, se acostumbra llevarla a cabo al finalizar la cosecha, con variaciones por cada región, debe considerarse que al momento de realizarla, podemos cambiar la densidad de plantas por unidad de área para desfavorecer el apareamiento de enfermedades fungosas.</p>

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS ORIENTADAS A REDUCIR EL IMPACTO DE LA ROYA DEL CAFÉ



Fotografía: Josué Girón



Fotografía: Josué Girón



Fotografía: Abraham Jarquim



Fotografía: ANACAFE

PODA AL MOMENTO DE LA SIEMBRA

Con ésta práctica nos garantizamos el correcto crecimiento del cuerpo radicular del café. Un cuerpo radicular sano permitirá que la planta pueda compensar, con el aporte de minerales y agua, el efecto de diversos patógenos, a su vez, será menos susceptible de deficiencias de minerales, si éstos se encuentran presentes en el suelo, favorece la absorción de la fertilización y enmiendas y el desarrollo correcto de procesos fisiológicos críticos como la respiración.

DIVERSIFICACIÓN DE SOMBRA

Se recomienda por diversas razones, entre ellas, la provisión de cubierta en épocas críticas donde algunas especies pierden naturalmente sus hojas. Además, la diversidad en el material que se incorpora en el suelo favorece la nutrición balanceada del cultivo, la retención de humedad y minerales en suelos arenosos y el crecimiento de raíces sanas y vigorosas.

PRODUCCIÓN DE VERMI COMPOST

Con la pulpa, subproducto del beneficiado del café, elaborar vermi compost para su adición, tanto en almácigos como en planta adulta, es fundamental para la producción de plantas vigorosas y mantener el equilibrio biológico en el agro eco sistema de producción de café. Además, se reduce la contaminación de fuentes de agua con el beneficio de aporte de minerales y materia orgánica al cafetal.

USO RACIONAL DE FUNGICIDAS

Se recomienda dentro de un plan de manejo integrado de cultivo que considere las buenas prácticas anteriormente citadas y otras mas, como el manejo de malezas, fertilización foliar, uso de lixiviados de lombricultura, etc.; que por fines prácticos no se pueden listar y dependen del conocimiento particular del productor, sin embargo, como práctica aislada, no serán la solución para controlar la Roya del café. Deben seguirse las recomendaciones puntuales contenidas en éste documento.

4.5. MUESTREO DE ROYA DEL CAFÉ Y CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS

En el contexto del trabajo que ha realizado la Asociación Nacional del Café de Guatemala, el esquema de utilización de fungicidas en el cultivo de café, corresponde a la aplicación calendarizada o en función de eventos fenológicos del cultivo (floración, principalmente), éstos y otros esquemas son ampliamente descritos por Rivillas, *et al* (2011) en: http://www.federaciondecafeteros.org/static/files/roya/boletin_roya/BoletinRoya1Definitivo.pdf .

Esto con base en diversos estudios epidemiológicos, particularmente el realizado por Calderón (2012). La Asociación, líder en investigación en el cultivo de café en el país, cuenta con un sistema de monitoreo a nivel nacional de la enfermedad que, a pesar de no ser público en esencia, fundamenta las recomendaciones que actualizan con relativa frecuencia a través de su portal en internet: www.anacafe.org y a través de su revista (digital e impresa) “*elcafetal*”.

Existen otras iniciativas con el mismo fin dentro del MAGA, en su Dirección de Sanidad Vegetal y Departamento de Vigilancia Epidemiológica, que ofrecen criterios para el manejo de la enfermedad y mapas de su distribución a nivel nacional en su sitio web: <http://visar.maga.gob.gt/visar/manfroya.pdf>.

Con el objeto de proporcionar una alternativa para el manejo de la enfermedad, de acuerdo a los principios básicos del manejo integrado de plagas, considerando un nivel de incidencia foliar de 5 % como umbral de acción, según Rivillas, *et al*. (2011), López, (2010) entre otros, se propone el siguiente sistema de muestreo, según Campos *et. al*. (2013).

El método que se describe a continuación, según su autor, es una herramienta útil para evaluar la efectividad de las aspersiones fungicidas y en general para “medir el nivel de infección” de las plantas.

Procedimiento:

- 1.- Se distribuyen 20 sitios de muestreo en un área de 5 manzanas¹⁰ de extensión (o menos).
- 2.- En cada sitio, se seleccionan 14 cafetos, siguiendo una trayectoria de zig – zag.
- 3.- De cada cafeto, se deberán tomar 10 hojas, aleatoriamente de sus tres estratos, bajo, medio y alto.

¹⁰ Con fines prácticos, 1 manzana = 7,000 metros cuadrados (metrológicamente es menos).

4.- Se deberán contar de las 140 plantas, cuántas están infectadas con Roya del Café y empleando la siguiente fórmula, se calcula el porcentaje de infección de Roya o %IR:

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

5.- Se calcula el promedio de tal índice para los 20 sitios, sumando los valores obtenidos en cada uno y dividiendo dentro de 20 para tener el indicador del área total (5 manzanas o menos).

Interpretación:

Si el valor es superior a 5% se debe realizar una aplicación de fungicida, si se tiene un valor base inicial y realizamos un muestreo posteriormente, la diferencia entre ambos corresponde al incremento de la enfermedad.

Dado que los vegetales no sanan, difícilmente podrán obtenerse valores consistentes inferiores, la diferencia se debería a la distribución de la enfermedad, pero si disminuye, en general, indicaría un efecto positivo de la medida de control tomada y el no requerimiento inmediato de realizar una aspersión de fungicida.

4.6. USO DE FUNGICIDAS

El uso de productos químicos para el manejo de la Roya del café se considera como uno de varios componentes técnicos que deben implementarse y nunca como la única solución al problema.

Como práctica aislada para el manejo de la enfermedad, resulta ineficiente en la mayoría de los casos. A continuación se hacen acotaciones sobre los fungicidas recomendados por su modo de acción, sin embargo, lo más importante es el ingrediente activo. En el cuadro 2 se presenta un listado de productos fitosanitarios en función de los ingredientes activos analizados (y recomendados) en el cuadro 1.

4.6.1. FUNGICIDAS SISTÉMICOS¹¹

Los más utilizados actualmente en Guatemala son los triazoles y estrobirulinas. Se emplean dos criterios para determinar la época de aplicación, a través de la floración y por calendario. Ambos casos son efectivos, se fundamentan en la fenología de cultivo y análisis de curvas epidemiológicas.

4.6.2. FUNGICIDAS DE CONTACTO¹²

El uso de fungicidas de contacto para el control de la Roya del café ha sido una medida ampliamente utilizada en Guatemala, su costo relativamente bajo, permite realizar varias aplicaciones de éste tipo de fungicida.

Los fungicidas de contacto mas recomendables actualmente son: el caldo bordelés (4-5 libras por manzana o 2.6 – 3.25 kilogramos por hectárea), hidróxido de cobre u óxido de cobre (4 libras por manzana respectivamente o 2.6 kilogramos por hectárea) y oxicloruro de cobre (5 libras por manzana o 3.25 kilogramos por hectárea).

¹¹ Hacemos referencia al modo de acción del fungicida, en términos generales: sistémico hace referencia que el ingrediente activo del fungicida es absorbido (al menos en parte) del que se deposita inicialmente sobre el tejido vegetal y puede tener alguna movilidad, dentro de los tejidos vegetales, luego de haber sido absorbido.

¹² Modo de acción del fungicida, implica que su acción biológica (fungicida) es ejercida por contacto directo con las estructuras reproductivas o de crecimiento del hongo. Se asume que aunque pueda darse alguna absorción por el tejido vegetal, dentro de éste, no tendría acción biológica (sobre el patógeno).

Cuadro 2. Fungicidas recomendados para el control de la Roya del café.

Ingrediente activo	Producto	Grupo químico	Grupos con los que rota	Modo de acción
Tebuconazol	Atlas 25 EW	Triazol	Estrobirulina Inorgánico	Sistémicos
	Folicur 25 EW			
	Orius 25 EW			
	Silvacur 30 EC			
Cyproconazol	Alto 10 SL			
Trifloxystrobina	Flint 50 WG	Estrobirulina	Triazol Inorgánico	Sistémicos
	Tega 25 SC			
	Tega 7.5 EC			
Pyraclostrobin	Regnum 25 EC			
Hidróxido de cobre	Champion 50 WP	Inorgánico	Triazol Estrobirulina	Sistémicos
	Cupravit azul 35 WP			
	Cupravit azul 60 WP			
	Kocide 53.8 WG			
	Kocide 77 WP			
Oxicloruro de cobre	Cobre azul 20 WP	Inorgánico	Triazol Estrobirulina	Contacto
	Cupravit verde 85 WP			
	Cuprocaffaro 50 WP			
	Cuproflow caffaro 25 SC			
	Fungicup 50 WP			
	Kop oxi 50 WP			
	Kop oxi 85 WP			
	Oxicloruro de cobre 50 WP			
	Sulcox 50 WP			
Sulfato de cobre penta hidratado	Phyton 6.6 SL*			

*Se encuentra a nivel comercial como sulfato de cobre pentahidratado-sal.

4.6.3. PROGRAMA FITOSANITARIO

Existen varias propuestas para el manejo de la enfermedad que consideran la fenología del cultivo, la floración y la fecha. A continuación se presenta un programa fitosanitario que integra la rotación de fungicidas por mecanismo de acción, independientemente de su ingrediente activo (que debe ser correctamente seleccionado), el primero para una condición ideal para el desarrollo de la enfermedad y otro, para localidades donde dichas condiciones no son las mejores para el patógeno, puede iniciar con una o dos aplicaciones de fungicida de contacto (Figura 5).









Fungicida/Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Programa 1												
Sistémico												
Contacto												
Programa 2												
Sistémico												
Contacto												
Evento fenológico												

Figura 5. Programa fitosanitario para el manejo de la Roya del café según “evento fenológico”.

4.6.4. MANEJO DEL DESARROLLO DE RESISTENCIA A LOS FUNGICIDAS

TRIAZOLES

Los principales fungicidas que se utilizan en Guatemala actualmente para el control de la Roya del café son triazoles, los cuáles actúan específicamente inhibiendo una enzima en los hongos, la C14-demethylasa, que juega un papel importante en la producción de esteroides como el ergosterol. Éste es fundamental para el desarrollo de las paredes celulares de los hongos, al no ser producido en cantidades suficientes, los hongos son malformados y, eventualmente, mueren.

Según Mueller (2006) éstos fungicidas no tienen efecto sobre la germinación de esporas, pues éstas contienen, en la mayoría de los casos, suficiente esteroide para producir sus tubos germinativos y estructuras infectivas (ampliando: apresorios), por lo que en algunos casos no son efectivos para evitar la infección de tejidos. Indica a su vez que éstos deberían ser empleados en etapas iniciales de desarrollo de la enfermedad, pues algunos triazoles tienen la capacidad de reducir la producción de esporas, sin embargo, un indicador de que serán poco efectivos es la presencia de esporulación en los organismos afectados.

El citado autor menciona que la sistemicidad de los triazoles se limita a las hojas en las que caen, no bajan por el floema ni pueden ir de una hoja a otra, su efectividad en cultivos de ciclo corto, vale acotar, puede ser de 14 días. El hace énfasis en que *“el uso repetido de triazoles solos debe ser evitado, especialmente bajo alta presión de enfermedad o en contra de enfermedades de ciclos de vida corto como Royas”*.

Según Ma & Michailides (2005) los hongos tienen al menos tres mecanismos para desarrollar resistencia a los fungicidas triazoles y éstos un único sitio de acción bioquímica para controlarlos, esto claramente indica un alto riesgo de desarrollo de resistencia.

Un principio general para reducir el riesgo de desarrollo de resistencia por las plagas a los pesticidas, es alternarlos por su mecanismo de acción. En otras palabras, aunque apliquemos triazoles diferentes, su especificidad en el mecanismo de acción (sitio de acción) permitirá la generación de resistencia cruzada por la Roya del café, de un triazol a otro, por lo que no deben aplicarse reiteradamente, sin alternar con otro fungicida de diferente mecanismo de acción.

ESTROBIRULINAS

Actualmente, este tipo de fungicida está cobrando auge para el control de la Roya del café en Guatemala. Las estrobirulinas tienen un único sitio de acción bioquímica para el control de hongos, fue dilucidado en 1981 por Becker, et al. Su mecanismo de acción consiste en inhibir la respiración mitocondrial uniendo el sitio de oxidación de quinol externo del citocromo *bc₁* del complejo de enzimas III, ésta inhibición bloquea la transferencia de electrones entre el citocromo *b* y *c₁*, llevando a una deficiencia energética en las células del hongo por la interrupción de producción de Adenosina Tri Fosfato (ATP) (básicamente, el hongo muere por inanición) (Fernández, *et al.* 2010).

Las estrobirulinas son efectivas para controlar a los hongos, especialmente en etapas de su desarrollo en las que requieren energía, tales como la germinación de esporas y colonización, para capitalizar sus propiedades, idealmente deben ser aplicados en etapas iniciales o ante el riesgo de incidencia de una enfermedad (Fernández, *et al.* 2010).

Algunos de los fungicidas formulados con estrobirulinas en Guatemala son suspensiones concentradas (SC, por sus siglas), tienen acción sistémica y movimiento en hojas cerosas (ampliando: como las del café), tienen actividad trans-laminar y redistribución molecular por aire (“activo en la prevención de la germinación de esporas” (EDIFARM)).

Los hongos en general tienen al menos dos mecanismos para desarrollar resistencia a las estrobirulinas (*Qo inhibitors*) y éstas, un solo sitio de acción para controlar los hongos, indicando un riesgo alto para el desarrollo de resistencia por el hongo (Ma & Michailides, 2005).

Para prolongar la vida útil de éste tipo de fungicidas, se recomienda la implementación estricta de medidas de mitigación de riesgo al desarrollo de resistencia, entre ellas, la rotación con fungicidas de diferente sitio de acción y su uso no reiterado, a su vez se recomienda no utilizarlo en mezcla con otros fungicidas.

5. GUIA PARA EL MANEJO SEGURO DE PESTICIDAS EN EL CULTIVO DE CAFÉ

Recomendaciones generales adicionales pueden ser revisadas en el título 3.8 del EG – PERSUAP (2010, p. 69 y 70).

5.1. CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS FORMULACIONES DE PESTICIDAS

Se describen a continuación estas características de estos pesticidas, para tomarlas en cuenta al momento de necesitar efectuar su manejo.

5.1.1. PESTICIDAS LÍQUIDOS

Líquido soluble (SL): Son disoluciones concentradas de ingredientes activos o sus sales, en agua o de disolventes miscibles con agua. Son relativamente pocos los ingredientes activos con ésta propiedad como el cyproconazole, fungicida triazol de amplio espectro. Por su solubilidad no requieren de cuidados mayores de homogenización ni representan problemas al momento de asperjar, sin embargo la lluvia podría fácilmente retirarlos de la planta, el uso de coadyuvantes adherentes sería recomendable, según compatibilidad.

Concentrado emulsionable (EC): Ésta formulación puede adherirse por más tiempo que los polvos mojables a los cultivos, consta de un ingrediente activo, un solvente y un emulsificante. El ingrediente activo no es soluble en agua y la suspensión formada con agua tiene un color blanco, característico. Su manejo incluye la agitación constante y el lavado con abundante agua del equipo de aspersión puesto que los solventes lo pueden deteriorar (Klass, C. & Jensen-Tracy, S. 2009-2010).

Emulsión, aceite en agua (EW): Pueden elaborarse con un ingrediente activo líquido o disuelto en un solvente. En comparación con las formulaciones *EC*, el disolvente ha sido sustituido total o parcialmente con agua.

En cuanto a su comportamiento al aplicarlas, las formulaciones *EW* son semejantes a las del tipo *EC*, sin embargo el tebuconazole formulado de ésta forma puede presentar fitotoxicidad en diversos cultivos, incluyendo el café, si es aplicado en horas de alta luminosidad 10:00 a 14:00 horas.

Suspensión concentrada (SC): denominada también fluidificada o “*flowable*” son suspensiones estables, en agua, de materias activas sólidas. El tamaño medio de las partículas es de 1 a 4 micras mantenidas establemente en suspensión en el medio acuoso gracias a la acción de los dispersantes. La suspensión de las partículas depende de fuerzas de repelencia que existen entre ellas, esto previene la sedimentación y favorece la homogenización al momento de dosificar.

Son formulaciones fáciles de dosificar y asperjar, no contienen disolventes, ni desprenden polvo, lo que reduce el riesgo de intoxicación durante su

manipulación. Como desventajas podemos mencionar que se descomponen con relativa facilidad durante su almacenamiento (que debe ser corto, atendiendo la fecha de vencimiento), se supone que serán cada vez más predominantes en el mercado, a pesar de su relativo mayor costo de producción.

5.1.2. PESTICIDAS SÓLIDOS

Gránulos dispersables en agua (WG): Los gránulos dispersables están sustituyendo paulatinamente los polvos mojables, consisten en una aglomeración de éstos. Dicha aglomeración los hace menos susceptibles de ser arrastrados por viento, por tal razón el riesgo de intoxicación por parte de quien dosifica es menor, se utilizan especialmente cuando se emplean dosis elevadas de ingrediente activo por unidad de área.

Los gránulos dispersables tienen fluidez y su densidad aparente es constante, de modo que se pueden medir fácilmente con un vaso graduado. Por otro lado, el envase se puede vaciar sin que queden residuos. Aunque su costo es superior a los polvos, los sustituirá en el futuro por razones de seguridad.

Polvo mojable (WP): Diversos ingredientes activos difíciles de suspender y de baja solubilidad han sido lanzados al mercado como polvos mojables, dicho polvo contiene coadyuvantes sólidos tales como dispersantes y humectantes.

Algunos de ellos llegan a contar con un 80% de ingrediente activo. A pesar de esto, su granulometría, superior al resto de formulaciones limita su efectividad y aunque son más fito compatibles (difícilmente causan fitotoxicidad), no son tan efectivos según su acción biológica¹³.

Con el desarrollo de materiales, se ha conseguido reducir el riesgo de intoxicación asociado a los polvos a través de una alternativa, el uso de bolsas plásticas solubles de PVAL¹⁴, sin embargo a pesar de sus ventajas, no es una alternativa actualmente muy difundida en Guatemala. Éste material no es tóxico y se degrada biológicamente, facilita la dosificación y reduce la producción de envase vacío y los problemas concomitantes de disposición final de los mismos.

5.2. MANEJO DE PESTICIDAS SEGÚN SU FORMULACIÓN

Es importante enfatizar la importancia de manejar apropiadamente los pesticidas, tanto por su costo como por lo que su buen manejo implica a nivel ambiental, de inocuidad de alimentos y sanidad vegetal.

¹³ Ejemplos de acciones biológicas: Fungicida, herbicida, nematocida, insecticida.

¹⁴ PVAL: Poli vinil alcohol.

A continuación se presentan consejos que se consideran fundamentales para el aprovechamiento de la acción biológica de los pesticidas.

5.2.1. POLVOS Y GRANULADOS

Debe asegurarse de:

1. Usar equipo de protección personal.
2. Revisar que la pulverizadora tenga agitador, de utilizar otro mecanismo, verificar que éste funcione. Dicha verificación no debe hacerse con el equipo cargado con pesticida. De no contarse con tal mecanismo, no utilizar el equipo de aspersión.
3. Hacer una premezcla de agua y la dosis del producto formulado en un recipiente de uso exclusivamente agrícola, evitar la formación de grumos¹⁵, preparada la mezcla, se vierte y filtra en el colador del tanque de la pulverizadora.
4. Completar el llenado del tanque de la pulverizadora y se inicia la actividad de pulverización.
5. Realizar agitación horizontal de mezcla, si ésta se prepara por toneles.

5.2.2. SUSPENSIONES, EMULSIONES Y DISPERSIONES

Debe asegurarse de:

1. Usar equipo de protección personal.
2. Revisar que la pulverizadora tenga agitador, de utilizar otro mecanismo, verificar que éste funcione. Dicha verificación no debe hacerse con el equipo cargado con pesticida. De no contarse con tal mecanismo, no utilizar el equipo de aspersión.
3. Revisar que el envase del pesticida esté perfectamente cerrado, agitar vigorosamente durante un tiempo de 30 segundos antes de proceder a destapar y dosificar.
4. Completar el llenado del tanque de la pulverizadora e iniciar el trabajo de pulverización.

¹⁵ Sinónimo de aglomeración (aglomeraciones).

5.3. RECOMENDACIONES DE USO SEGURO

Lo primero que se debe enfatizar asociado al uso seguro de pesticidas, luego de informarse sobre su toxicidad, especificaciones de uso y acción biológica, es usar el equipo de protección personal.

5.3.1. USO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Tal y como se recomienda en el EG – PERSUAP, (2012, p 60 y 61), el equipo de protección personal debe ser recomendado y utilizado por los socios implementadores de proyectos asociados a USAID.

Los E.P.P. empleados para la aplicación de pesticidas en agricultura deben constar como mínimo de:

- Gorra tipo árabe (toca árabe).
- Visera facial.
- Respirador (mascarilla).
- Pantalón hidro repelente.
- Chaqueta hidro repelente (camisa).
- Delantal impermeable.
- Botas impermeables.
- Guantes impermeables.

De acuerdo a especificaciones de equipo motorizado, puede necesitarse adicionalmente de protección auditiva. En caso de realizarse aplicaciones con tractor, se puede omitir el delantal impermeable (Figura 6).



Figura 6. Detalle de E.P.P. nótese el uso de todo el equipo de protección personal, detalle de guantes de caucho nitrílico (sinónimo: nitrilo).

Debe tenerse el cuidado, al final de cada jornada, de lavar con jabón neutro el E.P.P., las partes que no son de plástico, deben ser planchadas para mantenerlo en buen estado. Pueden emplearse impermeabilizantes de cuero doméstico luego de 7 lavados, para mantener la condición impermeable del algodón de la camisa y pantalón.

Un cuidado muy importante es evitar la colocación de bolsas en los E.P.P. pues conllevan el desarrollo de malas prácticas como llevar comida, celulares, cigarros, y otros artículos personales de uso constante a las labores.

5.3.2. CARGA DE TRABAJO

Debe considerarse que el horario de trabajo de aplicadores de pesticidas no puede ser igual a quienes realicen otras labores. Se debe estipular una jornada cercana a 6 horas de trabajo. Luego de éste tiempo los trabajadores acusarán cansancio y deshidratación (recordemos que no pueden comer ni beber mientras aplican), una persona deshidratada es más susceptible de intoxicarse que una persona que se encuentre hidratada normalmente. Además, la pérdida de peso a medida que el tiempo pasa implica pérdidas en aplicación fuera de objetivo.

5.3.3. TECNOLOGÍA DE ASPERSIÓN

AREA DE MEZCLAS

En el Anexo 1 se muestra cómo elaborar una cama biológica (Biodep), según AGREQUIMA, Guatemala. Las áreas para preparación de mezclas de productos fitosanitarios deben diseñarse de tal forma que permitan con facilidad, tener acceso a agua (mas no estar cerca de fuentes de agua) y tener capacidad suficiente para depositar en ellas los residuos de lavado de equipo y prevenir derrames en áreas no apropiadas.

BOQUILLAS

Las boquillas son las principales herramientas con las que contamos para alcanzar una buena cobertura¹⁶, aun cuando otras partes del equipo no funcionen perfectamente (que no debería suceder), con la correcta selección de boquillas, podemos incrementar sensiblemente la eficiencia en una aspersión, las principales, utilitarias para diversos cultivos y productos fitosanitarios son las siguientes (de marca Tee Jet):

- XR o de Amplio espectro de chorro plano, funciona manteniendo su perfil de mojado tanto a baja presión como alta presión, es ideal para ser recomendada a pequeños productores que no pueden utilizar una boquilla para cada labor que realicen (control de malezas, fertilización foliar, aplicación de fungicidas).
- AI o Abanico de Inducción de Aire, funciona insertando un “chorro de aire” junto con la solución acuosa, produciendo gotas huecas que al depositarse sobre tejido vegetal se rompen formando más gotas, son eficaces para productos de contacto y formulaciones “espesas”, reduciendo considerablemente la deriva.

¹⁶ Entiéndase por cobertura al número de gotas por centímetro cuadrado que se depositan sobre el tejido vegetal a tratar.

- TJ o *Twin Jet*¹⁷ funciona bien en la aplicación de productos sistémicos, es la que mayor cobertura ofrece de las tres citadas, tiene la limitante de dividir su caudal en dos, por lo que con productos gruesos tiende a taponarse.

¹⁷ Twin Jet: Doble abanico.

6. PLAN DE USO SEGURO DE PESTICIDAS PARA CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ

A continuación se presenta la matriz de planificación en la cual se hace un listado con los requisitos mínimos y complementarios, que el plan de uso seguro de pesticidas (SUAP, por sus siglas en inglés) para el control de la Roya del café debe tener por parte de los socios implementadores de proyectos de USAID. Lo propuesto en éste plan no es contradictorio a las medidas generales de seguridad indicadas en el análisis teórico, ni con los aspectos biológicos, epidemiológicos, ambientales y de mitigación de desarrollo de resistencia a fungicidas por parte del patógeno, como se indicó anteriormente.

6.1. MATRÍZ DE PLANEACIÓN (SUAP)

ACCIÓN / REQUERIMIENTO	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN	RESPONSABLE	PRESUPUESTO
Asegurarse de que los socios cuentan con un registro de los fungicidas utilizados para el control de la Roya del café que cuente con su nombre comercial, ingrediente activo, dosis, fecha de aplicación y área tratada.				
Asegurarse de que los socios no utilicen fungicidas que no están recomendados para el control de Roya del café en la enmienda específica al EG PERSUAP.				
Asegurarse que los socios cuentan con un área apropiada para el almacenamiento transitorio de pesticidas, antes de su adquisición				
Asegurarse de que los socios han calculado apropiadamente sus necesidades de pesticidas para evitar compras excesivas.				

ACCIÓN / REQUERIMIENTO	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN	RESPONSABLE	PRESUPUESTO
Revisar que los socios cuenten con EPP suficientes para el personal que realizará las aplicaciones de pesticidas.				
Orientar a los productores a realizar aplicaciones temprano en la mañana o por la tarde, especialmente cuando utilicen formulaciones <i>EW</i> .				
Asegurarse de que los socios realicen una revisión y calibración de sus aspersoras antes del inicio de la época de control de la Roya del café.				
Orientar a los socios a la utilización de accesorios de aspersión ideales, dadas las formulaciones de pesticidas que aplicarán.				
Promover el uso de letreros para identificar áreas tratadas.				
Asegurarse de que los productores cuenten con un área de mezcla apropiada, dado que todos los pesticidas a emplearse contaminan el agua.				
Recomendar el uso de accesorios de aspersión de baja descarga relativa (0.15, 0.2 GPM) para contaminar poca agua.				
Que cada socio y/o grupo de socios elabore un registro con los panfletos de todos los pesticidas utilizados, incluyendo los que emplearán para control de Roya del café.				
Que los socios establezcan comunicación con centros de salud y bomberos de sus localidades, advirtiéndoles de la toxicidad de los productos que emplean.				
Asegurarse de que en cada capacitación, que implique el uso de pesticidas, sea enfatizado el concepto de manejo integrado de Roya del café.				

ACCIÓN/REQUERIMIENTO	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN	RESPONSABLE	PRESUPUESTO
Promover la socialización entre socios implementadores con otros productores para extender el conocimiento sobre mitigación de impactos ambientales y uso seguro de pesticidas asociados al manejo de Roya del café.				
Colocar en lugares visibles posters con el programa fitosanitario que tiene tanto fechas, como eventos fenológicos, para el control de la Roya del café.				
Asegurarse de no aplicar reiteradamente Triazoles para el control de la Roya del café.				
Atender las buenas prácticas agrícolas recomendadas por las certificaciones.				
Involucrar a los socios en el desarrollo de estrategias de mitigación de impacto ambiental y uso seguro de pesticidas.				

7. REFERENCIAS

7.1. CITADAS

ANACAFE. (2012). Recomendaciones para el manejo de la Roya del Café en la Región VI. Guatemala. 4 pp.

ANACAFE. (2013 abril). Circular informativa. 19 abr. 2013, disponible en: <http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=13NOT:Acceso-a-fungicidas>

Anzueto, F. (S. F.). Variedades de café resistentes a la Roya. Guatemala, Asociación Nacional del Café. Consultado el 19.abr.2013, disponible en: http://www.anacafe.org/glifos/index.php/Variedades_resistentes_a_Roya

_____. (2013). Variedades de café resistentes a la Roya. Guatemala, Asociación Nacional del café, Revista El Cafetal Abril – Junio. pp. 3 – 5.

Anzueto, F., Figueroa, P., Peñate, L, Orozco, E., y A. Hernández. (2010). Memoria de labores. Guatemala, Asociación Nacional Del Café. 271 pp.

Arneson, P.A. (2000). *Coffee rust, The Plant Health Instructor. Updated in* (2011). [doi: 10.1094/PHI-I-2000-0718-02]. Consultado el 05.abr.2013, en: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/CoffeeRust.aspx>

Avelino, J. (S. F.). La Roya del Cafeto: razas y dinámica de la enfermedad. Documento en formato Power Point. Guatemala, Asociación Nacional Del Café, Congreso de la Caficultura, 2012. 32 pp.

Calderón, G. (2012). Epidemiología de la Roya del Café. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Tesis. 102 pp.

Campos, O.; Gento, J.; Santos, D.; Reyes, J. & Jasinto, R. (2013). Análisis sobre la eficiencia de fungicidas contra la Roya del cafeto. Guatemala, Asociación Nacional del Café, Revista El Cafetal Enero - Marzo. pp. 3-5.

- Campos, O.; Gento, J.; Monterroso, N.; Santos, D.; Reyes, J. & Jasinto, R.. (2013). Método de muestreo de la Roya del cafeto. Guatemala, Asociación Nacional del Café, Revista El Cafetal. Pp. 6-8.
- Cristancho, M. A., Rozo, Y., Escobar, C., Rivillas, C.A., y A. L. Gaitán. (2012). *Outbreak of coffee leaf rust (Hemileia vastatrix) in Colombia*. New Disease Reports, (2012) 25, 19. [doi:10.5197/j.2044-0588.2012.025.019]
- Damicone, J. y D. Smith. (S. F.). *Fungicide Resistance Management*. Hoja técnica de extensión de *Oklahoma State University*. Consultada 28 de abril 2013 disponible en: <http://osufacts.okstate.edu>
- EDIFARM. (2011). *VADEAGRO*. Guatemala, EDIFARM Internacional Centroamérica. 860 pp.
- Fernández, D.; Torés, J.; de Vicente, A. & Pérez, A. (2010). *The QoI Fungicides, the Rise and Fall of a Successful Class of Agricultural Fungicides*. Odile Carisse, España. p 203 – 220.
- FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) (2005). *BENZIMIDAZOLES*. Publicación virtual consultada 1 de abril 2013. disponible en http://www.frac.info/work/work_benz.html
- Klass, C. & Jensen-Tracy, S. (2009 – 2010). *Pest Management Guidelines. Part 2: 2009-2010 Pesticide Guidelines, 2. Types of Pesticides, Kinds of formulations. United States of America, Cornell University*. Consultado el 21 de agosto de 2013, disponible en: <http://ipmguidelines.org/home/content/book2/ch02/default.asp>
- SINAVEF (Sistema nacional de vigilancia epidemiológica fitosanitaria). (2013). Ficha Técnica, Roya del Cafeto *Hemileia vastatrix*. México, SAGARPA. 28 pp.
- ICO. (International Coffee Organization). (2013). *Decisions and resolutions adopted at the 10th session of the International Coffee Council*. Londres. 25 pp.
- Jaramillo, A. (2012). Variabilidad climática y su influencia en caficultura – Caficultura en Centroamérica – Documento Congreso de Caficultura. Guatemala, ANACAFE. 73 pp.
- Leporowski, N. (2013). Pérdidas ocasionadas por la Roya del Café en Guatemala. Documento en formato Power Point. Guatemala, ANACAFE. 14 pp.

- López, D. (2010). Efecto de la carga fructífera sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) del café, bajo condiciones microclimáticas de sol y sombra, en Turrialba, Costa Rica. Costa Rica, CATIE, Tesis de Maestría, 117pp.
- Ma, Z. y T. J. Michailides. (2005). *Advances in understanding molecular mechanisms of fungicide resistance and molecular detection of resistant genotypes in phytopathogenic fungi*. *Crop Protection* 24:853-863.
- McCook, S. (2009). La Roya del Café en Costa Rica: Epidemias, Innovación y Medio Ambiente, 1950 – 1995. Costa Rica, Revista Historia No. 59-60. Pp. 99–117.
- Mueller, D. (2006). *Fungicides. United States of North America, Penn State University, Department of Plant Pathology, Integrated Crop Management*. Consultado 20 de abril 2013 en <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2006/5-30/fungicides.html>.
- Navas, I. (S.F.) Evaluación de programas fitosanitarios para el control de la Roya del café. Guatemala, Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, pendiente de publicación.
- Rivillas, C.; Serna, C.; Cristancho, M. & Gaitán, A. (2011). La Roya del Cafeto en Colombia, Impacto, manejo y costos de control. Colombia, CENICAFE, Consultado 08 de septiembre de 2013 en: http://www.federaciondecafeteros.org/static/files/roya/boletin_roya/BoletinRoya1Definitivo.pdf

7.2. CONSULTADAS

- Girón, J. (S.F.). Fertilización y Enmiendas. Documento en formato Power Point. Guatemala, Asociación Nacional del Café, Encuentro Técnico 2012, 27 pp.
- Gouge, T. (S.F.). *Understanding Pesticide Formulations*. Bayer Crop Science. Consultado el 21 de agosto de 2013, disponible en: http://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/surfwtr/presentations/gouge_formulation_050510.pdf
- Peñate, L.; Navas, I.(S.F.). Manejo Integrado de Roya del Café. Documento en formato Power Point. Guatemala, Asociación Nacional del Café, Encuentro Técnico 2012. 51 pp.
- _____. (S.F.). Manejo Racional de Plaguicidas en el cultivo de café. Documento en formato Power Point. Guatemala, Asociación Nacional del Café. 19 pp.
- _____. (S.P.). Guía para el manejo integrado de plagas en el cultivo de café. Guatemala, Asociación Nacional del Café. 62 pp.
- _____. (S.P.). Guía para el manejo racional de plaguicidas en el cultivo de café. Guatemala, Asociación Nacional del Café. 78 pp.
- Ramírez, E.; Álvarez, J. & Fajardo, O. (2013). Manejo Fitosanitario de la Roya del Café. Guatemala, MAGA, VISAR. Consultado el 08 de septiembre de 2013 en: <http://visar.maga.gob.gt/visar/manfroya.pdf>
- Rasero, F. (S.F.). Características de los formulados comerciales de plaguicidas. Influencia sobre los residuos encontrados en alimentos. Consultado el 21 de agosto de 2013 disponible en: [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-RP96-c7/\\$File/RP96-c7.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-RP96-c7/$File/RP96-c7.pdf)
- Rivillas, C. (2012). Roya del Café. Entrevista realizada en “El Cafetal Radio” registro de audio. Guatemala, ANACAFE.
- USAID (2010/2012). Pesticide Evaluation Report and Safe Use Action Plan. Guatemala, USAID - ECONOMIC GROWTH OFFICE.

ANEXO 1. ANÁLISIS TOXICOLÓGICO Y ECO TOXICOLÓGICO

Ingrediente activo en español e inglés	Clase	Registro EPA (Código EPA-PC)	Pesticida de uso restringido	Clase Toxicológica según la OMS	Clase Toxicológica según EPA	Toxicidad Crónica	Contaminante de agua subterránea	Peces	Abejas	Aves	Anfibios	Lombrices	Moluscos	Crustáceos	Insectos acuáticos	Plancton
Tebuconazol (<i>Tebuconazole</i>)	Triazol	128997 (264-752)	Sí	III	III	PC, ED	P	MT	SIC	SIC	SIC	SIC	AT	AT	SIC	AT
Cyproconazol (<i>Cyproconazole</i>)	Triazol	128993 (100-1226)	No	III	III	CC	P	LT	NAT - LT	SIC	SIC	SIC	AT	AT	SIC	MT
Trifloxystrobin (<i>Trifloxystrobin</i>)	Estrobirulina	129112 (264-777)	No	III	III	ENC	SIC	LT - AT	NAT - LT	SIC	SIC	SIC	AT	AT	SIC	AT
Pyraclostrobin (<i>Pyraclostrobin</i>)	Estrobirulina	099100 (7969-187)	No	II	II	ENC	P	SIC	LT	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC
Hidróxido de cobre (<i>Copper hydroxide</i>)	Inorgánico	023401 (45002-22)	No	II	II, III	ENC	P	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC
Oxicloruro de cobre (<i>Copper oxychloride</i>)	Inorgánico	023501 (45002-17)	No	III	III	ENC	P	NAT	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC
Sulfato de cobre penta hidratado (<i>Copper sulfate pentahydrate</i>)	Inorgánico	024401 (48222-7)	No	III	I	ENC	P	SIC	SIC	SIC	SIC	SIC	AT*	AT*	SIC	AT*

Clave: ET= Extremadamente tóxico; AT= Altamente tóxico; MT=moderadamente tóxico; LT= Ligeramente tóxico; PNT= Prácticamente no tóxico; NAT= No agudamente tóxico; P= Potencial; SIC= Sin información concluyente


CC = Carcinógeno conocido; PC= Posible Carcinógeno; DE = Disruptor Endocrino; PDR = Potencial desarrollador de toxinas reproductivas; P = Desarrollador de la enfermedad de Parkinson; ENC = Efectos no conocidos


ANEXO 2. BIO DEP (CAMA BIOLÓGICA SEGÚN AGREQUIMA)

¿Cómo construir una biodep?


- 1 Excavar un hoyo de 60 cm de profundidad. En el fondo colocar una capa de 5 cm de arcilla.



- 2 Debe tener un bordillo de 10 cm de altura para evitar la penetración de agua durante la lluvia.


- 3 Picar la paja de trigo, arroz o el rastrojo de maíz al tamaño que se muestra.


- 4 Hacer la mezcla de sustrato de paja de trigo, arroz o rastrojo de maíz con broza y suelo.


- 5 Colocar la mezcla en el hoyo.



- 6 Cubrir con grama. Debe tener una cubierta.




Ya está lista la cama biológica para ser utilizada.

La biodep puede ser de tipo cama cuando está a nivel del suelo o tipo mesa cuando se hace dentro de un tonel de 54 galones.

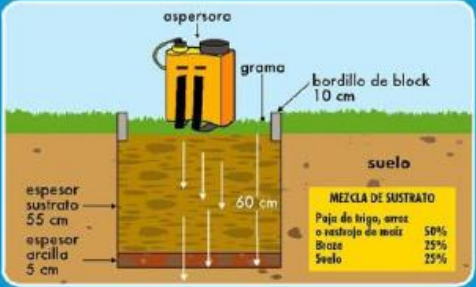
tipo cama biológica



tipo mesa biológica



La dimensión deberá ser 1.5 a 2 veces el volumen del efluente vertido en una temporada de aplicación.



MEZCLA DE SUSTRATO

Paja de trigo, arroz o rastrojo de maíz	50%
Broza	25%
Suelo	25%