

INVESTIGACIONES EN ROYA DEL CAFETO (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) EN COLOMBIA, 1984-1988

JAIRO E. LEGUIZAMON CAYCEDO
Jefe de la Sección de Fitopatología, CENICAFE

INVESTIGACIONES EN AUSENCIA DE LA ENFERMEDAD

Desde 1970 con la detección de la roya del cafeto en Bahía, Brasil y en ausencia de la enfermedad, se dió inicio en CENICAFE a las investigaciones en tecnología y aplicación de fungicidas, con el propósito de desarrollar metodologías de evaluación de cubrimiento, de selección de aspersoras, de producción de prototipos y sistemas y rendimientos de aplicación, para nuestras condiciones especiales de cultivo y pendientes fuertes. Se estudiaron diferentes metodologías de erradicación de cafetos y se diseñó una estrategia de combate, para eliminación de focos de la enfermedad, en el momento de su detección, con el propósito de retardar su diseminación a otras áreas aún indemnes.

Con la detección, por un trabajador, de la enfermedad en la zona de Chinchiná, Caldas, el 27 de septiembre de 1983, se pusieron en marcha todas las medidas que se habían estudiado para su combate. Las medidas tomadas se suspendieron cuando se constató que la enfermedad se había diseminado por toda la geografía cafetera nacional y se dió inicio a la etapa de convivencia activa.

INVESTIGACIONES EN PRESENCIA DE LA ENFERMEDAD

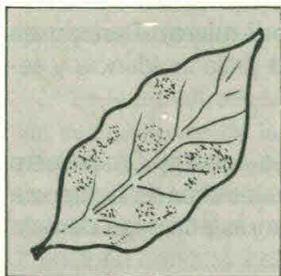
En Colombia, desde 1984, se iniciaron los trabajos en diferentes áreas de la patología y los principales resultados se resumen así:

Investigación de razas de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br.

Las observaciones que se han venido haciendo cada mes, desde 1984, confirman la presencia de árboles afectados por roya en 15 diferenciales en la colección de CENICAFE, que poseen diferentes combinaciones de genes de resistencia SH1 a SH5. La presencia de razas complejas con 3 ó 4 genes de virulencia, indica la posible existencia de una población de razas de roya que incluye numerosas combinaciones de los genes de virulencia v1 a v5. Con el fin de dilucidar este problema, se ha recibido la colección de diferenciales de Oeiras (Portugal) y existe la posibilidad de ir conformando en Colombia nuestras diferenciales, con los diversos genotipos conocidos que vayan siendo afectados por la roya (11, 12).

Conservación de urediniosporas de *Hemileia vastatrix* en nitrógeno líquido

Con el propósito de mantener las urediniosporas de razas de roya viables e infectivas, en espacios reducidos durante largos períodos, se estudió la metodo-



logía de crio-conservación. Los resultados obtenidos indican que después de un año de conservación en nitrógeno líquido, urediniosporas de la raza II, no pierden ni su viabilidad, ni su infectividad (13).

Estudios metodológicos de laboratorio

Concentración de inóculo: En ensayos metodológicos se determinó que las mejores tasas de infección se obtienen con concentraciones de inóculo entre 4 a 8×10^4 urediniosporas por mililitro de agua destilada, siempre y cuando las urediniosporas tengan una viabilidad superior al 40%. Concentraciones mayores, tienen efecto depresivo sobre la germinación y concentraciones menores tienen baja probabilidad de infección (10).

Determinación del porcentaje de germinación de urediniosporas de roya en hojas de café y en papel parafilm

Los promedios por gota de 5 microlitros, fueron menos variables en las hojas de café que en papel parafilm, cuando se empleó la misma concentración de inóculo. Por lo tanto, se considera conveniente emplear para las pruebas de viabilidad hojas de café aunque para trabajos con antanogistas de la roya se tiene el riesgo de contaminación con otros microorganismos (30).

Susceptibilidad de hojas de *Coffea arabica* var. Caturra de diferente edad a *Hemileia vastatrix* Berk. y Br.

En plantas de la var. Caturra el grado de infección fue homogéneo bajo condiciones controladas; los períodos de incubación y latencia fueron más cortos en hojas de 15 y 30 días, donde la enfermedad tuvo una evolución más rápida en comparación con la obtenida en las demás edades evaluadas.

En condiciones de campo y en esta misma variedad, a plena exposición, no se encontró efecto de la orientación de las ramas sobre el grado de infección, ni sobre los períodos de incubación y latencia. La infección fue menor en los primeros pares de hojas y aumentó en los pares siguientes; el período de incubación fluctuó entre 23 y 25 días, con mayor duración en los primeros pares de hojas de la rama. El período de latencia mostró variaciones dentro de la rama, siendo mayor la duración de este período en las hojas más viejas, las cuales están cercanas al punto de inserción de la rama con el tronco. Las menores infecciones presentadas en los primeros pares de hojas de cafetos de la var. Caturra a libre

exposición solar, se deben posiblemente más a un efecto de temperatura que a una interacción hospedante-patógeno. Según trabajos efectuados por Gómez y Jaramillo (4), la temperatura foliar en hojas altas (primeros pares) expuestas, registra valores promedios de 3 a 5°C superiores, siendo estas diferencias hasta de 10°C entre las 10:00 a.m. y 12:00 p.m. Las diferencias de infección se obtuvieron garantizando al hongo condiciones óptimas de germinación y penetración, por tanto, es de esperar que bajo condiciones de infección natural, la frecuencia de infección en los primeros pares, sea aún mucho menor. Con base en este trabajo se debe recomendar, con fungicidas protectores, efectuar un buen cubrimiento en las partes internas de las ramas, en las cuales ocurre mayor infección (10).

Determinación de plantas segregantes del grupo E, en progenies de la Variedad Colombia

Se han inoculado con la raza II de *H. vastatrix*, 53 progenies de familias F6 de Caturra por Híbrido de Timor. Para estas progenies se determinó un 0.1% en promedio de plantas segregantes del grupo E. Además, se lograron detectar dos progenies con alta susceptibilidad, las cuales se retiraron del programa de producción de semilla. Sobresale de este estudio la baja proporción de plantas susceptibles a la roya, en las progenies que conforman la variedad Colombia. Esta metodología permite además ir retirando de la variedad, las progenies susceptibles a la enfermedad (14).

Estudio de la curva epidemiológica de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en diferentes localidades de la zona cafetera colombiana

Este ensayo se viene adelantando desde 1984 con el apoyo económico de la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC), en tres localidades cercanas entre sí, ubicadas dentro de un mismo sistema montañoso, en la vertiente occidental de la cordillera central andina colombiana, con climas diferentes solamente por su posición dentro de la franja altitudinal. El comportamiento de la enfermedad en las localidades estudiadas y observado a través del año, muestra en general cuatro períodos (15):

Primer período (marzo-abril-mayo): Período de decrecimiento de la enfermedad (baja incidencia y severidad).

Segundo período (junio-julio-agosto): Crecimiento acelerado de la enfermedad y niveles altos de incidencia y severidad, los cuales son mayores en zonas de baja altitud.

Tercer período (septiembre-octubre-noviembre):

De máximos niveles de incidencia y severidad e inicio de defoliación.

Cuarto período (diciembre-enero-febrero):

De máximos niveles de defoliación y como consecuencia, valores mínimos de incidencia. Además, se determinaron en esta investigación, diferencias de epidemias entre años y localidades. La incidencia y severidad fue mayor en el piso térmico inferior (1.010 m.s.n.m.) y fue decreciendo a medida que se ascendió altitudinariamente. En el piso térmico superior (1.600 m.s.n.m.) la enfermedad fue menor que en los otros dos pisos térmicos (15).

Estudio de la curva epidemiológica de la roya del café en plantaciones al sol y a la sombra de las variedades Típica y Caturra

Este proyecto se adelantó desde 1984 en Naranjal, en zocas de las variedades Caturra y Típica, al sol y a la sombra. Los resultados expresados por la evolución de la enfermedad a través de tres años de observaciones, indican que la enfermedad es más prevalente a la sombra que al sol. Las hojas infectadas de los cafetos a la sombra se mantienen más tiempo adheridas a las ramas, produciendo inóculo permanentemente. Al sol, las defoliaciones ocurren más aceleradamente, ocasionando una reducción drástica del inóculo, más rápida que a la sombra (15).

Estudio de los períodos de incubación y de latencia de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en la zona cafetera colombiana

Desde 1984 se ha venido tomando mensualmente la información sobre los períodos de incubación y de latencia de la roya, en las localidades de El Jazmín (1.610 m.s.n.m.), Cenicafé (1.310 m.s.n.m.) y Santágueda (1.010 m.s.n.m.). Con base en esta información, se ha determinado que los períodos de incubación y de latencia son más cortos a medida que se descende altitudinalmente. Igualmente, estos períodos son más cortos a la sombra, lo cual es más evidente en las localidades de CENICAFE y Santágueda (16).

Estudios de la dinámica de la roya del café en cultivo al sol

En Naranjal, en el lote C-27, se iniciaron en mayo/84 las evaluaciones de la enfermedad en 2 focos de roya con 5 y 8 árboles respectivamente. De este estudio se destacan los siguientes resultados: La diferencia de epidemias entre años es evidente. Años de alta producción, coinciden con alta incidencia y severidad y lo contrario

ocurre en años de baja producción. Esto muestra un hábito de comportamiento bienal en café, el cual es acentuado por la roya y ocurre en árboles o brotes en zocas de la misma edad. Existe una alta probabilidad de caída de hojas sanas y enfermas en años con alta incidencia y severidad (17).

Velocidad de dispersión de la roya del café a partir de un foco

En la hacienda Naranjal y en dos plantaciones de café Caturra, una de 10.000 tallos/ha y otra de 20.000 tallos/ha se estudió la velocidad de dispersión de la roya del café en tiempo y espacio. Se evaluaron algunos de los factores naturales que intervienen en la dispersión de esporas. La velocidad de dispersión en el lote es rápida a partir del primer mes de establecido el foco, luego esta velocidad disminuye, ya que los nuevos árboles afectados se convierten en focos secundarios. La velocidad de dispersión posterior en un lote, dependerá del número de nuevos focos que se establezcan. La dispersión de nuevos focos ocurre de una forma discontinua y está directamente relacionada con el estado en que se encuentre el cultivo, siendo más rápida esta velocidad en los lotes con mayor follaje. La dispersión a nivel del árbol nos indica que ésta ocurre de una forma discontinua a nivel de tercios, alcanzando los mayores incrementos en el mes de agosto, al igual que en el lote. En cuanto a los factores que intervienen en la dispersión se encontró lo siguiente: **Lluvia:** La cantidad de urediniosporas captadas diariamente está en función de la cantidad de lluvia ocurrida en los días anteriores y la intensidad de las mismas. **Viento:** Los mayores vientos ocurridos en el mes de agosto, dispersaron la mayor cantidad de urediniosporas, encontrándose en las trampas mayor número en la dirección predominante de los vientos (sureste), (30).

Épocas y frecuencias de control de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en Colombia

La investigación para determinar épocas y frecuencias de aspersión con fungicidas protectores a base de cobre, para el control de la roya del café en las zonas productoras de café en Colombia, se inició en 1984, teniendo en cuenta el posible comportamiento de la enfermedad, la fisiología del crecimiento del café y la información bibliográfica mundial sobre la roya en los aspectos de biología, epidemiología, control químico y técnicas de aspersión. Con base en los resultados obtenidos se ha seleccionado el tratamiento de aplicaciones cada 30 y cada 45 días, con 3 kg de Oxidocloruro de Cobre 50% P.M. por hectárea de cafetal en producción.

Estas aspersiones complementadas con las labores agronómicas correctas y oportunas, especialmente en lo que respecta a desyerbas y fertilización, deben iniciar en la primera quincena de mayo, a fin de proteger el follaje y reducir la población del hongo, y finalizar en septiembre. En el tratamiento sin control químico, la enfermedad alcanza su mayor tasa de crecimiento en los meses de junio y julio. Durante los meses de agosto a noviembre, y en ausencia de control, se observan el mayor número de lesiones esporuladas, como consecuencia de las infecciones ocurridas en los meses de mayor tasa de desarrollo de la enfermedad y por la diseminación del hongo, en este mismo período, durante las labores de fertilización y cosecha. Esto hace necesario el estricto cumplimiento de los intervalos de aspersión, especialmente en estos períodos, a fin de evitar defoliación prematura causada por el hongo y las consecuentes pérdidas en la producción. Igualmente, se observó alta correlación entre los niveles de infección y severidad de la enfermedad entre sí y con la producción (20, 23).

Frecuencia de aspersión y dosis de fungicidas cúpricos en el control de la roya del caféto

Desde mayo de 1986 se lleva a cabo este proyecto (Hacienda Tolú, Palestina) en zocas de café var. Caturra de quinta cosecha, sembradas a una distancia de 2.0 x 1.0 m (dos tallos/zoca). Las tendencias que se observan en las parcelas tratadas, indican que no existe diferencia en el porcentaje de hojas con roya cuando se aplican 3 y 6 kg/ha de Oxícloruro de Cobre y Oxido Cuproso 50% P.M., apreciándose solamente cuando se comparan con el testigo. La defoliación ha sido progresiva y similar en todos los tratamientos, siendo octubre el mes de los valores más altos en el testigo y diciembre en los tratamientos. Todas las frecuencias de aspersión muestran efecto favorable en el porcentaje de control cuando se comparan con el testigo, siendo la frecuencia de aspersión mensual (5 aplicaciones de mayo a septiembre) y la frecuencia de cada 45 días (con inicio en la segunda quincena de mayo y finalización en la primera quincena de octubre), las que registraron los más bajos índices de incidencia y severidad de la roya. Registradas las producciones de los años 1986 y 1987 no se aprecian diferencias con esta variable en ninguno de los tratamientos incluyendo el testigo (20).

Evaluación de diferentes dosis y sistemas de aspersión de fungicidas cúpricos para el control de la roya del caféto

Este trabajo se adelanta desde noviembre de 1985 (Hacienda La Mesa, Palestina) en zocas de café var.

Caturra de quinta cosecha, sembradas a una distancia de 1.5 x 1.5 (dos tallos/zoca). Las tendencias de este trabajo, indican que al aplicar 3 y 6 kg/ha de Oxícloruro de Cobre 50% P.M., los porcentajes de roya en las parcelas tratadas son similares y más bajos que en el testigo. Al comparar los sistemas de aspersión por la haz y el envés de las hojas se aprecia -en ambos casos- que el desarrollo de la enfermedad y los niveles de roya son semejantes. Las producciones en los años de 1986 y 1987 han sido similares en todos los tratamientos (21).

Evaluación de dosis de fungicidas cúpricos en el control de la roya del caféto

Proyecto iniciado en marzo de 1987 (Hacienda El Rodeo, Palestina) en zocas de café var. Caturra de tercera cosecha sembradas a una distancia de 1.5 x 1.5 m (dos tallos/zoca). Hasta el presente (año y medio de ejecución) se observa la misma tendencia en el porcentaje de hojas con roya cuando se aplica Oxícloruro de Cobre y Oxido Cuproso 50% P.M. En el año de 1987, en las parcelas experimentales, se registró el mayor nivel de roya en el mes de septiembre, con tendencia a ser menores estos porcentajes en las parcelas tratadas, siendo la dosis de 3 kg/ha la que presentó los niveles más bajos de enfermedad. Las dosis inferiores a ésta (2.5 - 1.5 kg/ha), tuvieron valores más altos de roya y son similares entre sí (22).

Control de la roya del caféto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) con dosis de Oxícloruro de Cobre, aplicadas en bajo volumen con un prototipo de Ulvafan modificado

Se vienen investigando tratamientos con 5 aplicaciones con frecuencia bimestral de 3.0, 2.5, 2.0, 1.5, 1.0 y 0.5 kg de Oxícloruro de Cobre, aplicados en 30 litros de emulsión, con 10% de aceite agrícola. Después de dos años de observaciones no se han encontrado diferencias entre tratamientos ni en producción ni en enfermedad (7).

Persistencia de fungicidas cúpricos con y sin adherente en condiciones de campo

En plantaciones de café var. Caturra a libre exposición, se estudió el efecto de la lluvia sobre los depósitos de Oxícloruro de Cobre 50% P.M. con y sin adherente, su persistencia y comportamiento en un ciclo de aspersión.

Por espectrofotometría de absorción atómica se determinó la cantidad de cobre natural, aplicado y persistente. La efectividad biológica de los depósitos fungicidas se midió mediante inoculaciones con una suspen-

sión de 75×10^3 urediniosporas de *H. vastatrix* por mililitro de agua destilada, en hojas de la variedad Caturra.

La alta variabilidad de los depósitos de cobre, impidió realizar análisis cuantitativos de pérdidas entre muestreos. Sin embargo, las tendencias de los resultados obtenidos muestran que las pérdidas ocasionadas por efecto de la primera lluvia son aproximadamente del 50% del cobre aplicado y que la permanencia del fungicida no es mejorada con la adición de adherentes. La metodología empleada no permite realizar estudios de seguimiento de los depósitos fungicidas a nivel de campo. Se continuará con los estudios de persistencia en condiciones controladas para correlacionarlos con observaciones de campo (8).

Estudio de la actividad biológica de depósitos de fungicidas cúpricos en plantaciones de café

En cultivos de café variedad Caturra a libre exposición, se estudió el efecto de la lluvia sobre los depósitos de Oxidocloruro de Cobre 50% P.M. y Oxido Cuproso 50% P.M. Pruebas biológicas efectuadas en hojas asperjadas con Oxido Cuproso y Oxidocloruro de Cobre y con depósitos evidentes, indican que la germinación es afectada por el cobre existente en la superficie foliar, transcurridos 111, 142 y 172 días después de la aspersión, con lluvias acumuladas de 174, 408 y 701 milímetros respectivamente (8).

Efecto de fungicidas sistémicos en el ciclo de reproducción de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br.

Bajo condiciones de laboratorio y vivero se estudió el efecto de los fungicidas sistémicos propiconazol (0.3%) y triadimefon (0.4%) en el ciclo de reproducción de *H. vastatrix*. El efecto del fungicida se evaluó con base en la acción protectora, curativa y erradicadora en tres etapas. El propiconazol afectó el porcentaje de germinación de las urediniosporas cuando se aplicó antes de la inoculación al envés, pero no afectó la longitud del tubo germinativo de aquellas que ya habían iniciado el proceso. El triadimefon afectó el porcentaje de germinación y la longitud del tubo germinativo cuando la inoculación se hizo por la haz después de la aplicación de los productos. En la etapa curativa el triadimefon se comportó como el mejor fungicida, presentando los menores valores para las tres variables. Ambos fungicidas tuvieron efecto erradicador, pero el propiconazol se comportó mejor que el triadimefon. El propiconazol tuvo efecto marcado sobre la esporulación; sin embargo, aquellas esporas que lograron formarse no fueron viables ni infectivas. El triadimefon por su

parte, afectó en forma drástica la viabilidad de las urediniosporas (1).

Evaluación de fungicidas para el control de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en condiciones de vivero y laboratorio

En plántulas de café de 6 meses de edad se evaluó el desarrollo de la lesión (índice de infección) al aplicarse como curativos con la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad (período de incubación) los fungicidas experimentales RH-3866 (miclobutanil) y RH-7592 (codificado) en dosis de 0.5, 0.75 y 1 gramo por planta. El fungicida RH-3866 detuvo el desarrollo de las lesiones tratadas entre 15 y 22 días después de la aplicación, pero continuó la esporulación de las mismas; el RH-7592 permitió el desarrollo de las lesiones de forma similar al testigo. Los fungicidas sistémicos del grupo de los triazoles, Punch (flusilazol): 4 cc/l, PP523 (hexaconazol): 4 cc/l y San 619 F (cyproconazol): 2 cc/l, aplicados al follaje como curativos, controlaron eficientemente el desarrollo de la lesión e impidieron su esporulación. En las aplicaciones como erradicativas, al iniciarse la esporulación (período de latencia), se destacaron los fungicidas San 619 F y PP-523, los cuales detuvieron el desarrollo de la lesión y la formación de esporas; con el fungicida Punch las lesiones continuaron con su desarrollo de forma comparable con el testigo (9).

Control de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) con fungicidas sistémicos aplicados en dos épocas, durante el período de crecimiento de la epidemia

En zocas de la var. Caturra, con dos tallos por sitio, sembradas a 1.5 x 1.5 m, se están ensayando los fungicidas triadimefon (Bayleton 1 l/ha), propiconazol (Tilt 0.75 l/ha), hexaconazol (PP-523 1 l/ha) y yodo libre (Q-2000 10 l/ha), con tres aplicaciones de cada uno y Oxidocloruro de Cobre 3 (kg/ha) cinco aplicaciones cada 60 días a partir de marzo. El análisis de la información en 1987 indica que todos los fungicidas sistémicos se comportaron igualmente y tampoco fueron diferentes del Oxidocloruro de Cobre. El testigo alcanzó en noviembre la máxima infección (37%) y los fungicidas, en diciembre, con un promedio del 25% (6).

Control de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) con tres dosis de los fungicidas sistémicos triadimefon y hexaconazol, aplicados al suelo

En zocas de la var. Caturra, con dos tallos por sitio, sembradas a 1.5 x 1.5 m, se están ensayando: 25, 20 y 15 g/árbol de Bayleton y 4, 2 y 1.2 cc/árbol de PP-523,

aplicados al suelo en suspensión acuosa. En 1987 los mejores tratamientos fueron 20 y 25 g de Bayleton y Oxiclورو de Cobre, cinco aplicaciones. El fungicida PP-523 no fue diferente del testigo a ninguna dosis. El nivel de máxima infección en el testigo fue de 40% en noviembre-diciembre y en los mejores tratamientos 18% en el mismo período (6).

Epocas de control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) con mezclas y asociaciones de Oxiclورو de Cobre y triadimefon

Se están ensayando en var. Caturra programas con una y dos aplicaciones de la mezcla Bayleton 1 l/ha y Oxiclورو de Cobre 3 kg/ha, complementadas con aplicaciones mensuales de oxiclورو en el período abril-septiembre. En 1986 hubo diferencias entre octubre y diciembre. Los mejores fueron: cinco aplicaciones de Oxiclورو (marzo-abril-mayo-agosto y septiembre) cinco aspersiones con los dos fungicidas y dos de mezcla Bayleton-Oxiclورو de Cobre más tres de Oxiclورو (6).

Control biológico de la roya del cafeto

En la búsqueda de microorganismos antagonistas de la roya del cafeto, se han aislado aproximadamente 20 hongos y 2 levaduras, en 3 muestreos realizados en el campo. Se observa una tendencia de repetición de algunos de ellos, independientemente del tipo de muestreo: hojas enfermas, parte sana y enferma (pústulas), y hojas sanas. En pruebas para evaluar el porcentaje de germinación de urediniosporas de roya en diferentes concentraciones del extracto obtenido del hongo *Verticillium lecanii* se encontró: a mayor concentración del extracto, menor porcentaje de germinación de urediniosporas de roya. Así mismo, el extracto de *V. lecanii* prolongó el período de incubación y de latencia, y disminuyó la tasa de infección de *H. vastatrix* en plantas de 6 meses de la var. Caturra. Como un indicador de la presencia de metabolitos o sustancias activas en los extractos de *V. lecanii*, responsables de los efectos anteriormente citados, se emplearon "chapolas" de la var. Caturra, las cuales desarrollaron en un término de 20 a 30 horas de contacto con el extracto, síntomas de marchitamiento con disminución del peso de las chapolas (41% de su peso, con relación al peso inicial de la chapola no sometida al extracto). Aplicaciones del cultivo licuado del hongo *V. lecanii* en condiciones de invernadero a plantas de 8 meses de la var. Caturra con un número considerable de pústulas de roya, mostraron al cabo de 15 días, completa invasión de las pústulas con predominio de micelio blanco característico del hongo, el cual se localizaba inicialmente

en el centro de la pústula con progreso hacia la periferia (18, 29).

INVESTIGACIONES EN BAJOS VOLUMENES DE APLICACION POR HECTAREA DE CAFETAL

Evaluación del equipo Ulvafan modificado para aplicación de fungicidas a bajo volumen en cafetales tecnificados

A partir de una aspersora Ulvafan de bajo volumen en el Centro Nacional de Investigaciones de Café, se desarrolló un equipo para aplicaciones en café tecnificado; el equipo permite mover horizontalmente el disco productor de gotas para aplicar simultáneamente a dos medios surcos; pesa 9 kg vacío y permite una mano libre al operario. Ensayos para estudios físicos de aplicación se realizaron en plantación de café var. Caturra de 1.7 - 1.8 m de altura, sembrada a 2 x 1.5 m aplicando suspensión de Oxiclورو de Cobre 50% P.M. (30.0 g/l + 1 cc Agral) con un flujo de 70 cc/min. Se encontraron altos valores de cubrimiento en la parte externa del follaje: 147-240 gotas/cm² y en la parte interna entre 40 - 50% menos. La mayor concentración de gotas se obtuvo en la posición media (200 - 300 gotas/cm²) y la menor en la alta (96-140 gotas/cm²). El tamaño de las gotas estimado por el v.m.d. con Oxiclورو P.M. a 9.000 r.p.m. varió de 98 - 170 micras. Se encontró alta homogeneidad en la aspersión en cubrimiento y tamaño de gotas (c.v. menor del 30%). En cafetales de 4.400 árboles/ha con pendientes de 5 - 10% aplicando en las condiciones descritas se obtuvieron rendimientos de 0.5 - 0.6 ha/día consumiendo 30 - 35 l/ha. La principal limitación es el bajo rendimiento de las baterías disponibles en el país. Sin embargo, en cafetales bien trazados, no mayores de 1.8 m de altura, la calidad de la aspersión es superior a la de los equipos convencionales, con un 70 - 80% menos de mezcla aplicada/ha (7).

Aspersión de cafetales con termonebulizadores

Entre 1984 y 1985 se ensayaron los equipos portátiles Swing Fog SN-11 Pulsfog K-10G, para aplicación de fungicidas en cafetales densos. En laboratorio se estudiaron aceites y dosis para obtener emulsiones nebulizables y en campo, las características físicas de los depósitos: cubrimiento, penetración y distribución en los árboles, mediante colectores de vidrio y determinación de cobre recuperado, por espectrofotometría de absorción atómica. La mejor emulsión se obtuvo con aceite Agridex al 20% y cobre en suspensión concentrada al 40%. La niebla se difunde en forma turbulenta y alcanza 7 a 8 metros, elevándose rápidamente a la atmósfera por las calles o claros del lote.

Los depósitos presentaron alta variabilidad (> del 100%, entre árboles, partes del árbol y ensayos). Al aumentar la turbulencia del aire, aumentó la variabilidad y disminuyeron los depósitos. Pruebas biológicas inoculando ramas con urediniosporas de roya, después de aplicado el oxiclورو de Cobre, demostraron que la termonebulización no es eficaz para el control de la roya en las condiciones de la caficultura colombiana (5).

Proyecto de aspersión a bajo volumen

Desde noviembre de 1984 se viene adelantando un proyecto sobre aspersiones a bajo volumen en café, entre la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y la firma inglesa T.L. Wiles y Asociados, con el soporte económico del Gobierno Británico, por intermedio de la ODA (Overseas Development Administration). Hasta el momento se han realizado evaluaciones físicas en términos de número de gotas/cm², distribución y penetración, utilizando diferentes sistemas de aplicación y prototipos de aspersoras. De los sistemas evaluados, se seleccionó el sistema "T", el cual se fundamenta en un equipo motorizado de espalda, que funciona con un motor de 2 tiempos y éste acciona un ventilador que produce una corriente fuerte de aire que dispersa las gotas, que se producen en un disco rotativo y asperjando dos medios surcos por pasada. Este sistema se está evaluando desde marzo de 1988, en la hacienda El Paraíso, municipio de Chinchiná, en un lote de café var. Caturra a libre exposición, de 4 años de edad, sembrado a 1.5 x 1.5 m en triángulo. Las aspersiones se realizan con óxicloruro de Cobre (coloidal) en dosis de 2 kg de Cu++ por hectárea, siguiendo el calendario recomendado por la F.N.C.C. para el control de la roya del cafeto durante 1988. Con este sistema de aplicación, el mejor cubrimiento se obtiene en la parte media de los árboles (4 años), siendo deficiente en las posiciones alta y baja. Durante el período febrero/87 a septiembre de 1988, se han realizado 18 ensayos de laboratorio y campo, aplicando diferentes concentraciones de cobre, trazadores fluorescentes y emulsiones agua-aceite con aspersoras de bajo, ultrabajo volumen y aspersoras experimentales, con el fin de evaluar el efecto biológico de estas aplicaciones en el control de la roya del cafeto, la persistencia y redistribución del cobre aplicado. Por la alta variabilidad obtenida en el cubrimiento, los valores de persistencia y redistribución y las correlaciones entre el número de gotas, contenido de cobre y su eficiencia biológica, no se han definido con exactitud en estos ensayos (2, 3, 31).

INVESTIGACIONES EN ALTOS VOLUMENES DE APLICACION

Análisis técnico y económico de las aspersiones realizadas por las empresas de aspersión en el departamento de Risaralda

Durante el período comprendido del 14 de mayo al 14 de agosto de 1984, se realizaron observaciones de campo y se llevaron registros de aspersión en cafetales situados en fincas del municipio de Santa Rosa de Cabal, asperjadas por dos empresas que contrataron la realización de este trabajo con la Federación Nacional de Cafeteros. Durante este tiempo, se asperjaron alrededor de 2.570 hectáreas de cafetal, en su mayoría variedad Caturra, situadas en variadas condiciones de edad, densidad de siembra y pendiente del terreno. El 91% de estas aspersiones fueron realizadas con equipos de presión permanente retenida "PPR" (Calimax Leo Cafetera y Triunfo E.N. 40-100-10) utilizando el 9% restante equipos de espalda motorizados (Holder Neu 40, Kawasaki CSP-20 y Arimitsu GP-25) y Kawasaki GP-25 en minitractor. La Federación realizó interventoría en el desarrollo de las aspersiones con el fin de garantizar un adecuado cubrimiento y penetración del producto (cubrimiento exigido mayor de 50 gotas/cm²). Los productos utilizados fueron Oxiclورو de Cobre 50% P.M. y Bayleton C.E. 25%. El 60% de las hectáreas asperjadas tuvieron una densidad de siembra de 5.000 cafetos por hectárea, situadas en pendientes mayores del 60% y con edad de la plantación original mayor de dos años. Los volúmenes de mezcla fungicida en tres rangos de edad (zoca menor de 1 año, original de 1-2 años y original mayor de 2 años) estuvieron en los niveles recomendados en las aspersiones con los equipos de PPR, observándose la tendencia a incrementarse en las plantaciones mayores de 2 años y en pendientes menores del 20%. En este último caso por asperjar los cafetos por un tiempo mayor del requerido. Con los demás equipos utilizados, estos consumos por cafeto asperjado, fueron excesivos en cafetales con densidades menores de 2.500 cafetos/ha y en pendientes menores del 30%, en los cuales fue más fácil el uso de los equipos motorizados. Se determinaron los requerimientos de mano de obra con los diferentes equipos empleados para los promedios ponderados por rangos de edad del cultivo, determinándose la necesidad de disminuir la mano de obra con los equipos de presión permanente retenida en condiciones de cafetales adultos y en pendientes superiores al 60%, para lo cual las empresas les acondicionaron boquillas múltiples en diferente disposición y mejoraron el llenado de los equipos con inyectores de mayor potencia y motobombas para el llenado automático (19).

Estudio de aspersión de fungicidas con helicópteros en la zona cafetera colombiana

Entre 1983 y 1984 con la presencia de la roya del cafeto, se realizaron estudios sobre las aplicaciones aéreas con helicópteros, en cafetales de ladera, con alta densidad de siembra y a libre exposición. Se utilizó un helicóptero de gran potencia Lama SA 315B con equipo de boquillas Simplex 4206, con el cual se realizaron pruebas físicas: cubrimiento, penetración, distribución y tamaño de gotas, sobre colectores de papel regopot y kromacote, aplicando soluciones acuosas de fungicida cúprico. Se determinaron las variables adecuadas para la aplicación, en velocidad de vuelo, altura, ancho de faja, volúmenes de aplicación y se registraron las variables de temperatura y humedad relativa con un volumen entre 40-50 l/ha; se obtuvieron depósitos entre 87 a 120 gotas/cm², en la mitad superior de los árboles y entre 25-30 gotas/cm², en la inferior. Las gotas se depositaron en el follaje exterior con baja penetración. Por la limitación en mantener altura y velocidad de vuelo, se encontró alta variabilidad en los depósitos de fungicida. La humedad relativa por debajo del 70%, afectó notablemente el cubrimiento y la penetración. En general la presencia de obstáculos (árboles, redes eléctricas y la topografía) en nuestra caficultura, hace que las aplicaciones sólo sean técnicamente posibles en algunos lotes o fincas con bajos rendimientos y altos costos (27).

Aspectos técnicos de las aplicaciones en café con equipos semiestacionarios motorizados:

En zocas de café de la variedad Caturra de segunda cosecha sembradas a una distancia de 1.5 x 1.5 m (5.000 árboles/ha) y situadas en una pendiente del 50% se efectuaron aplicaciones con Oxícloruro de Cobre 50% P.M., con el objeto de evaluar la calidad y eficiencia de éstas, asperjando con el equipo semiestacionario motorizado MIO STANDAR OSIJEK PRT-2. El equipo se utilizó empleando una llave de paso con manguera de aspersión de 1/4 de pulgada y 100 metros de longitud. El flujo de salida en la lanza fue de 2.2 l/min a una presión de trabajo de 200 P.S.I. (14 kg/cm²). Se observó con este equipo que el sistema de aspersión por encima de la copa de los árboles cubriendo un ancho de la faja de 2 surcos, es el mejor para obtener una adecuada distribución y penetración del fungicida en el follaje. En los cafetos del primer surco, se obtuvo un cubrimiento promedio mayor en el lado opuesto (219 gotas/cm²) comparado con el de recepción directa (153 gotas/cm²), en tanto que en los árboles del segundo surco el cubrimiento promedio fue mayor en los lados de recepción directa, de 98 gotas/cm² mientras en los lados opuestos fue de 75 gotas/cm². Los cubrimientos obtenidos, permitieron dar una adecuada protección al follaje con fungicidas cúpricos al tener deposiciones superiores a 50 gotas/cm². Los volúmenes de aplicación en las condiciones del trabajo, fueron de 288 litros (56

cc/cafeto), con rendimientos de aplicación de 1.40 ha/día de trabajo con 4 trabajadores. Evaluaciones posteriores con otros equipos semiestacionarios (Ari-mitsu CS-26KB, IHN WL25 y Maruyama MS253), empleados con 200 metros de manguera, y una lanza de aspersión con flujo de 2.3 litros por minuto a 200 P.S.I., en cafetales con pendiente promedio del 60%, dieron rendimientos de aplicación de 2 ha/día con 4 trabajadores (23, 28), superando ampliamente la meta de 1 ha/día.

Evaluación del equipo de aspersión semiestacionario motorizado Acme Motori S-15/N:

Este equipo compuesto por un motor de 2 tiempos (Acme Motori AST-1), una bomba de diafragma (Favaro S-15/N), y mangueras de succión, retorno y salida (50 metros de longitud), en ensayos de laboratorio, presentó limitaciones en su fabricación y funcionamiento cuando se usa con Oxícloruro de Cobre. Por tal razón, no se puede recomendar como alternativa de uso para aspersiones con Oxícloruro de Cobre en café mientras no se efectúen las modificaciones sugeridas en esta evaluación (28).

Evaluación de las aspersoras de palanca: Calimax Lider, Royal Condor y PTP-16:

En pruebas de laboratorio y ensayos de campo, asperjando Oxícloruro de Cobre, estos equipos presentaron buenas características de fabricación, funcionamiento, fácil manejo y mantenimiento. Por consiguiente, se pueden recomendar para utilizar en programas de control de malezas, plagas y enfermedades del café (28).

BIBLIOGRAFIA

1. ALVAREZ G., I.; SIERRA S., C.A.; BAEZA A., C.A. Efecto de fungicidas sistémicos en el ciclo de reproducción de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. In: CONGRESO Ascolfi, 7. Paipa (Boyacá). Junio 10-13 de 1986. Resúmenes. Bogotá (Colombia), Ascolfi, 1986. p. 18
2. COOKMAN, G.P.; SHARP, D.G.; VILLALBA G., D.A. Field studies for the control of coffee leaf rust. In: INTERNATIONAL Congress of plant pathology, 5. Kyoto (Japan) 20-27 August 1988. 318 p.
3. FERNANDEZ B., O.; WALLER, J.M.; COOKMAN, G.P. An integrated approach to the development of machinery for the application of fungicides for the control of coffee-leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk.

- y Br.) in Colombia. In: COLLOQUE Scientifique International sur le cafe. 12. Montreux (Suiza), 29 Juin - 3 Julliet, 1987. Paris (Francia), ASIC, 1988. p. 669.
4. GOMEZ G., L.; JARAMILLO R., A. Temperatura de árboles de café al sol. CENICAFE (Colombia) 25(2):61-62. 1974.
 5. GRISALES L., F. Estudios preliminares sobre la aplicación de fungicidas en café con equipos termonebulizadores. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe de la Sección de Fitopatología 1984-1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1987. p. 297.
 6. GRISALES L., F. Control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) con fungicidas sistémicos aplicados al suelo y al follaje. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe de la Sección de Fitopatología 1984-1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1987. p. 176-214.
 7. GRISALES L., F.; LEGUIZAMON C., J.E. Evaluación del equipo Ulvafan Modificado para aplicación de fungicidas a bajo volumen en cafetales tecnificados. In: CONGRESO Ascolfi, 8. Manizales (Colombia), mayo 26-29 de 1987. Memorias: Conferencias y Resúmenes. Manizales (Colombia), Universidad de Caldas, 1987. p. 84.
 8. GIL V., L.F.; SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A. Persistencia de fungicidas cúpricos en plantaciones de café. In: CONGRESO Ascolfi, 8. Manizales (Colombia), Mayo 26-29 de 1987. Memorias: Conferencias y Resúmenes. Manizales (Colombia), Universidad de Caldas, 1987. p. 84.
 9. GIL V., L.F. Evaluación de fungicidas para el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en condiciones de vivero y laboratorio. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Plan quinquenal de la Sección de Fitopatología 1988-1993. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1988. 144 p.
 10. JARAMILLO R., A.; LEGUIZAMON C., J.E. Susceptibilidad de hojas de *Coffea arabica* L. variedad Ca-
turra, de diferente edad a *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. In: CONGRESO Ascolfi, 7. Paipa (Boyacá) Junio 10-13 de 1986. Resúmenes. Bogotá (Colombia), Ascolfi, 1986. p. 16-17.
 11. LEGUIZAMON C., J.E.; BAEZA A., C.A.; FERNANDEZ B., O.; CASTILLO Z., J.; OROZCO C., F.J. Identificación de la raza II de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en Colombia. CENICAFE (Colombia) 35(1):26-28. 1984. 6 Refs. (Nota Técnica).
 12. LEGUIZAMON C., J.E. Identificación de nuevas razas de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en Colombia. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe de la Sección de Fitopatología 1984-1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1987. p. 1-5.
 13. LEGUIZAMON C., J.E. Conservación de urediniosporas de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en nitrógeno líquido. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe de la Sección de Fitopatología 1984-1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1987. p. 11-14.
 14. LEGUIZAMON C., J.E. Determinación de plantas segregantes del grupo E, en progenies de la variedad Colombia. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe de la Sección de Fitopatología 1984-1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1987. p. 15-21.
 15. LEGUIZAMON C., J.E.; OROZCO G., L.; GOMEZ G., L. Estudio epidemiológico de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en cafetales al sol y a la sombra en Colombia. In: CONGRESO Ascolfi, 7. Paipa (Boyacá). Junio 10-13 de 1986. Resúmenes. Bogotá (Colombia). Ascolfi, 1986. p.17.
 16. LEGUIZAMON C., J.E.; OROZCO G., L.; GOMEZ G., L. Estudio de los períodos de incubación y de latencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en tres localidades de la zona cafetera. In: CONGRESO Ascolfi, 7. Paipa (Boyacá). Junio 10-13 de 1986. Resúmenes. Bogotá (Colombia). Ascolfi, 1986. p.16.

17. LEGUIZAMON C., J.E.; HUNT, P.F. An epidemiological study of coffee leaf rust in Colombia. In: INTERNATIONAL Congress of Plant Pathology, 5. Kyoto (Japan). Agosto 20-27. 1988. Abstracts of paper. p. 310.
18. LEGUIZAMON C., J.E.; VELEZ A., P.; GONZALEZ S., A. Efecto de extractos de *Verticillium lecanii* sobre la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.). CONGRESO de Ascolfi, 9. Pasto (Nariño). Junio 22-24 de 1988. Resúmenes. Pasto (Colombia), Ascolfi, 1988. p. 68
19. RIVILLAS O., C.A.; CHAMORRO T., G. Análisis técnico y económico de las aspersiones realizadas por las empresas de aspersión en el departamento de Risaralda. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1984. 48 p. (Mimeografiado).
20. RIVILLAS O., C.A. Frecuencia de aspersión y dosis de fungicidas cúpricos en el control de la roya del cafeto. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe de la Sección de Fitopatología 1985-1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1987. p. 117-143.
21. RIVILLAS O., C.A. Evaluación de diferentes dosis y sistemas de aspersión de fungicidas cúpricos para el control de la roya del cafeto. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe de la Sección de Fitopatología 1985-1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1987. p. 144-158.
22. RIVILLAS O., C.A. Evaluación de dosis de fungicidas cúpricos para el control de la roya del cafeto. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe de la Sección de Fitopatología 1985-1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1987. p. 159-161.
23. RIVILLAS O., C.A.; VILLALBA, G., D.A. Aspectos técnicos de las aplicaciones en café con equipo semiestacionario motorizado. In: CONGRESO Ascolfi, 8. Manizales (Colombia), mayo 26-29 de 1987. Memorias: Conferencias y Resúmenes. Manizales (Colombia). Universidad de Caldas, 1987. p. 83.
24. SIERRA S., C.A.; GIL V., L.F.; GRISALES L., F. Epocas de control de la roya del cafeto en Colombia. In: CONGRESO Ascolfi, 7. Paipa (Boyacá), junio 10-13 de 1986. Resúmenes. Bogotá (Colombia), Ascolfi, 1986. p. 19.
25. SIERRA S., C.A.; GIL V., L.F.; GRISALES L., F. Epocas de control de la roya del cafeto en Colombia. In: CONGRESO Ascolfi, 8. Manizales (Colombia), mayo 26-29 de 1987. Memorias: Conferencias y Resúmenes. Manizales (Colombia). Universidad de Caldas, 1987. p. 82.
26. SIERRA S., C.A. Epocas de control químico de la roya del cafeto en Colombia. In: CONGRESO Ascolfi, 9. San Juan de Pasto, junio 22-24 e 1988. Resúmenes. Pasto (Colombia), ASCOLFI, 1988. p. 68.
27. VILLALBA G., D.A.; GRISALES L., F.; TELLO D., R. Estudios físicos básicos sobre la aplicación de fungicidas en cafetales con helicóptero, para el control de la roya del cafeto en Colombia. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1984. p. 1-19. (Mimeografiado).
28. VILLALBA G., D.A.; RIVILLAS O., C.A. Evaluación de equipos. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe de la Sección de Fitopatología 1984-1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1987. p. 218-268.
29. VELEZ A., P.E. Proyecto de investigación en control biológico de la roya del cafeto. In: FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe de la Sección de Fitopatología 1984-1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1987. p. 114-119.
30. VILLEGAS G., C.; BAEZA A., C.A. Velocidad de dispersión de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. a partir de un foco. In: CONGRESO Ascolfi, 7. Paipa (Boyacá), Junio 10-13 de 1986. Resúmenes. Bogotá (Colombia), Ascolfi, 1986. p. 16.
31. WALLER, J.M.; GLASS, C.R.; GIL V., L.F. Laboratory studies on control of coffee leaf rust. In: INTERNATIONAL Congress of Plant Pathology, 5. Kyoto (Japan). 20-27 August 1988. p. 318.